

AIST

平成25年度

産業技術総合研究所年報



独立行政法人

産業技術総合研究所

<http://www.aist.go.jp>

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	4
3. 幹部名簿	15
4. 組 織 図	16
5. 組織編成	17
II. 業 務	21
1. 研 究	21
(1) 研究推進組織	23
1) 環境・エネルギー分野	25
①研究統括・副研究統括・研究企画室	25
②新燃料自動車技術研究センター	25
③メタンハイドレート研究センター	30
④コンパクト化学システム研究センター	34
⑤先進パワーエレクトロニクス研究センター	39
⑥太陽光発電工学研究センター	43
⑦バイオマスリファイナリー研究センター	48
⑧触媒化学融合研究センター	54
⑨再生可能エネルギー研究センター	59
⑩ユビキタスエネルギー研究部門	64
⑪環境管理技術研究部門	70
⑫環境化学技術研究部門	81
⑬エネルギー技術研究部門	87
⑭安全科学研究部門	104
2) ライフサイエンス分野	113
①研究統括・副研究統括・研究企画室	113
②糖鎖医工学研究センター	113
③生命情報工学研究センター	122
④幹細胞工学研究センター	129
⑤創薬分子プロファイリング研究センター	139
⑥健康工学研究部門	147
⑦生物プロセス研究部門	157
⑧バイオメディカル研究部門	165
⑨ヒューマンライフテクノロジー研究部門	186
3) 情報通信・エレクトロニクス分野	199
①研究統括・副研究統括・研究企画室	199
②ネットワークフォトンクス研究センター	199
③デジタルヒューマン工学研究センター	202
④ナノスピントロニクス研究センター	209
⑤サービス工学研究センター	211
⑥フレキシブルエレクトロニクス研究センター	217
⑦知能システム研究部門	222
⑧情報技術研究部門	230
⑨ナノエレクトロニクス研究部門	235
⑩電子光技術研究部門	249

⑪セキュアシステム研究部門	256
⑫強相関電子科学技術研究コア	262
4) ナノテクノロジー・材料・製造分野	263
①研究統括・副研究統括・研究企画室	263
②ナノチューブ応用研究センター	263
③集積マイクロシステム研究センター	267
④先進製造プロセス研究部門	277
⑤サステナブルマテリアル研究部門	300
⑥ナノシステム研究部門	307
5) 計測・計量標準分野	319
①研究統括・副研究統括・研究企画室	319
②生産計測技術研究センター	319
③計測標準研究部門	326
④計測フロンティア研究部門	349
⑤計量標準管理センター	358
⑥計量標準総合センター	359
6) 地質分野	379
①研究統括・副研究統括・研究企画室	379
②活断層・地震研究センター	379
③地圏資源環境研究部門	393
④地質情報研究部門	400
⑤地質調査情報センター	425
⑥地質標本館	429
⑦深部地質環境研究コア	432
⑧地質調査総合センター	432
7) フェロー	434
(2) 内部資金	435
(3) 外部資金	479
1) 国からの外部資金	482
①経済産業省	482
②文部科学省	515
③環境省	520
④その他省庁	522
2) 国以外からの外部資金	527
①新エネルギー・産業技術総合開発機構	527
②その他公益法人	537
3) その他の収入	654
2. 事業組織・本部組織業務	921
(1) 事業組織	921
1) 東京本部	922
2) 北海道センター	922
3) 東北センター	923
4) つくばセンター	924
5) 臨海副都心センター	926
6) 中部センター	926
7) 関西センター	927

8) 中国センター	928
9) 四国センター	929
10) 九州センター	930
11) 福島再生可能エネルギー研究所	931
(2) 本部組織	933
1) 企画本部	934
2) コンプライアンス推進本部	934
3) イノベーション推進本部	935
①イノベーション推進企画部	936
②知的財産部	937
③産学官連携推進部	940
④国際部	955
⑤ベンチャー開発部	969
⑥国際標準推進部	970
⑦イノベーションスクール	972
4) つくばイノベーションアリーナ推進本部	973
5) 研究環境安全本部	974
①研究環境安全企画部	974
②環境安全管理部	978
③研究環境整備部	979
④情報環境基盤部	980
⑤情報化統括責任者	981
6) 総務本部	981
①業務推進支援部	981
②人事部	981
③財務部	982
④ダイバーシティ推進室	984
7) 評価部	984
8) 広報部	985
9) 監査室	1006
III. 資料	1007
1. 研究発表	1008
2. 兼業	1010
3. 中期目標	1011
4. 中期目標	1020
5. 職員	1209

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月の発足以来、旧工業技術院時代の研究所単位の研究活動を統合して、今後の産業技術シーズとなる大学等の基礎的研究の成果を民間企業が行う製品化につなぐために出口を見据え基礎から製品化に至る連続的な研究（「本格研究」）を一貫して推進し、我が国のイノベーション創出に大きく貢献をしてきた。また、同時に、研究所内の資源配分を旧工業技術院の枠組みにとらわれずに最適化し、社会的、政策的な研究ニーズに応じて機動的かつ柔軟に研究組織の廃止又は新設を行う等の適時、かつ、適確な見直しを行い、イノベーション創出と業務の効率化を両立させるよう努めてきた。

このような取組により、これまでに管理費を削減するなどの効率化を図る一方で、第1期、第2期中期目標期間における特許や計量標準等の目標を達成するとともに、国際的な研究開発能力の指標である論文被引用件数についても高い成果を挙げてきた。

第3期は、近年の技術の高度化、複雑化により基礎的研究と製品化研究の間に存在する技術課題が増大し、基礎的研究の成果を製品化につなぐという産総研の機能がこれまで以上に重要とされる中、政府として実現を目指している「課題解決型国家」に貢献するため、「21世紀型課題の解決」「オープンイノベーションハブ機能の強化」を大きな柱に位置づけて、重点的に研究開発等に取り組む。

「21世紀型課題の解決」への取組として、経済と環境を両立する「グリーン・イノベーション」の推進のため、太陽光発電等の低炭素社会実現に貢献する技術等を開発するとともに、国民生活向上のための「ライフ・イノベーション」の推進のために、創薬、医療、介護を支援する技術等の開発を行う。また、産総研の優位性を活かし情報通信技術、材料、部材技術等の革新的な技術開発を行う他、地域においても、地域ニーズを踏まえた国内最高水準の研究開発を行う。さらに、計量標準の充実及び高度化、地質情報の整備等とともに、新規技術の性能及び安全性評価、国際標準化等により、産業や社会の「安全・安心」を支える新時代の産業基盤の整備を行う。

「オープンイノベーションハブ機能の強化」として、産学官が一体となって研究開発や実用化、標準化等を推進するための「場」を産総研が提供する。産総研施設の外部利用、地域の中小企業等やアジア等との連携を含め、オープンイノベーションのハブとなるための新たなイノベーションシステムを構築する。また、我が国の産業技術の向上に資することができる人材を社会に輩出するため、ポストドク等の若手研究者の育成や中小企業等の企業研究者の受入れ等によりイノベティブな人材養成を推進する。

産総研は、上記の取組を実施するにあたり、例えば「グリーン・イノベーション」分野での太陽光発電技術等や「ライフ・イノベーション」分野での生活支援ロボット等、産総研が第1期、第2期中期目標期間を通じて蓄積してきた実績を更に発展させる形で、取り組む。また、産総研が果たすべき社会における役割を強く認識し、我が国社会の一員として、また各研究拠点が設置されている地域社会の一員として、社会に開かれ、社会で活用され、社会とともに歩むことを通じて、世界をリードする研究成果等を創出することにより、人類の持続的成長に大きく貢献する。

組 織：

産業技術総合研究所は、平成17年度に非公務員型の独立行政法人へ移行したことに伴い、柔軟な人材交流制度を構築するなど、そのメリットを最大限活用することにより組織のパフォーマンス向上を図っているところである。平成22年10月には組織及び業務体制の見直しを行い、研究開発の中核をなす研究推進組織と、研究開発の運營業務に携わる事業組織・本部組織で構成する新しい体制へと移行した。

現在、研究推進組織としては、「研究ユニット」、「研究企画室」、「地質調査情報センター」、「地質標本館」、「計量標準管理センター」を設置している。このうち、「研究ユニット」には、時限的・集中的に重要テーマに取り組む「研究センター」、中長期戦略に基づき継続的テーマに取り組む「研究部門」、研究センター化を目指して分野融合性の高いテーマ等に機動的・時限的に取り組む「研究ラボ」の3つの形態がある。事業組織としては、「東京本部」、「北海道センター」、「東北センター」、「つくばセンター」、「臨海副都心センター」、「中部センター」、「関西センター」、「中国センター」、「四国センター」、「九州センター」を設置しており、平成25年10月に、東日本大震災復興基本法第3条等に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」及び「福島復興再生基本方針」（閣議決定）等を踏まえ、福島で「再生可能エネルギー」の技術開発から実証までを行う拠点として、「福島再生可能エネルギー研究所」

総 説

を新設した。本部組織としては、「企画本部」、「コンプライアンス推進本部」、「イノベーション推進本部」、「研究環境安全本部」、「総務本部」、「評価部」、「広報部」を設置しており、平成25年4月につくばイノベーションアリーナ推進関連の業務に係る意思決定の効率化等のため、「つくばイノベーションアリーナ推進本部」を設置した。更に、平成25年10月に内部監査体制の見直しを行い、「監査室」を「コンプライアンス推進本部」から理事長直下の組織として再配置した。

なお、平成24年4月に寄託生物の管理に係わる業務を独立行政法人製品評価技術基盤機構に承継したことに伴い、「特許生物寄託センター」（平成22年10月に研究推進組織として設置）を廃止し、平成25年4月につくばイノベーションアリーナ推進関連の業務の一元化に伴い、「ナノデバイスセンター」（平成23年4月に研究推進組織として設置）を廃止した。

平成26年3月31日現在、常勤役員13名、研究職員2,262名、事務職員664名の合計2,939名である。

沿 革：

① 平成13年1月

中央省庁等改革に伴い、「通商産業省」が「経済産業省」に改組。これにより工業技術院の本院各課は産業技術環境局の一部として、また工業技術院の各研究所は産業技術総合研究所内の各研究所として再編された。

② 平成13年4月

一部の政府組織の独立行政法人化に伴い、旧工業技術院15研究所と計量教習所が統合され、独立行政法人産業技術総合研究所となった。

③ 平成17年4月

効率的・効果的な業務運営を目的とし、特定独立行政法人から非公務員型の非特定独立行政法人へと移行した。

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法 (平成11年7月16日法律第103号)
(最終改正：平成25年11月22日 (平成25年法律第82号))
- ② 独立行政法人産業技術総合研究所法 (平成11年12月22日法律第203号)
(最終改正：平成25年12月13日 (平成25年法律第99号))
- ③ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令 (平成12年6月7日政令第326号)
- ④ 独立行政法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令 (平成13年3月29日経済産業省令第108号)
(最終改正：平成26年3月10日経済産業省令第10号)

主務大臣：

経済産業大臣

主管課：

経済産業省産業技術環境局技術振興課

産業技術総合研究所の事業所の所在地（平成26年3月31日現在）：

- ① 東京本部 〒100-8921 東京都千代田区霞ヶ関1-3-1
- ② 北海道センター 〒062-8517 北海道札幌市豊平区月寒東2条17-2-1
- ③ 東北センター 〒983-8551 宮城県仙台市宮城野区苦竹4-2-1
- ④ つくばセンター 〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1 (代表)
- ⑤ 臨海副都心センター 〒135-0064 東京都江東区青海2-3-26
- ⑥ 中部センター 〒463-8560 愛知県名古屋市守山区下志段味穴ヶ洞2266-98
- ⑦ 関西センター 〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31
- ⑧ 中国センター 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
- ⑨ 四国センター 〒761-0395 香川県高松市林町2217-14
- ⑩ 九州センター 〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1

① 福島再生可能エネルギー研究所 〒963-0298 福島県郡山市待池台2-2-9

2. 動 向

産総研の分野別年間研究動向の要約

I. 環境・エネルギー分野

1. 分野の目標

産総研で重点的に取り組んでいる「グリーン・イノベーションの推進」において、環境・エネルギー分野（以下、「環エネ分野」）は大きな役割を担っている。環エネ分野では「グリーン・イノベーションの推進」に向けて、(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発、(2) 省エネルギーのための技術開発、(3) 資源の確保と有効利用技術の開発、(4) 産業の環境負荷低減技術の開発、(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発、の5項目の重点戦略を策定し、これに沿った研究開発を実施している。

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

低炭素社会の構築に向けて、枯渇の心配がない再生可能エネルギーの導入拡大が必須とされている。環エネ分野では、再生可能エネルギーを最大限に有効利用するために、太陽光発電や風力発電の高性能化・高信頼性化やバイオマスからの液体燃料製造などに関する技術開発を進めている。

(2) 省エネルギーのための技術開発

省エネルギーは、温室効果ガス削減に直接的かつ早期の効果が期待されている。環エネ分野では、エネルギーを高効率で利用するための高性能蓄電デバイスや燃料電池などの技術開発、省エネルギーのためのエネルギーマネジメントシステムなどに関する技術開発を進めている。

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

物質循環型社会を実現するためには、バイオマス資源や鉱物資源など、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。環エネ分野では、バイオマスなどの再生可能資源を原料とする化学品や燃料を製造するプロセスの構築と高度化を進めている。また、枯渇性資源である石炭やメタンハイドレートなどの化石資源、レアメタルなどの鉱物資源を有効利用する技術やリサイクル技術などの開発を進めている。

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

産業分野での省エネルギー、低環境負荷を実現するためには、各産業の製造プロセスの革新が必要である。環エネ分野では、化学品等の製造プロセスにおける環境負荷物質排出の極小化や、分離プロセスの省エネルギー化を目指す、グリーン・サステイナブルケミストリー技術の開発を進めている。また、様々な産業活動に伴い発生した環境負荷物質の低減と、環境修復に関する技術開発を進めている。

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

持続可能社会を構築するためには、新しいエネルギー技術や先端材料の開発とともに、それらを正しく評価、管理する必要がある。環エネ分野では、新しいエネルギー技術の導入シナリオを分析・評価するとともに、二酸化炭素削減に関する各種取り組みに対する評価を行う。また、産業活動における化学物質によるリスクや環境負荷物質による環境影響を正しく評価するための技術開発を進めている。

2. 分野の組織構成

環エネ分野では、8つの研究センター（新燃料自動車技術研究センター、メタンハイドレート研究センター、コンパクト化学システム研究センター、先進パワーエレクトロニクス研究センター、太陽光発電工学研究センター、バイオマスリファイナリー研究センター、触媒化学融合研究センター、再生可能エネルギー研究センター）、5つの研究部門（ユビキタスエネルギー研究部門、環境管理技術研究部門、環境化学技術研究部門、エネルギー技術研究部門、安全科学研究部門）を中心に研究開発を行っている。なお、環エネ分野以外の5研究分野とも強く連携を取りつつ、上記重点戦略達成に向け、研究開発を進めている。

3. 主な研究動向

平成25年度の主な研究動向は以下のとおりである。

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

- ・太陽光発電の長寿命化及び高信頼性化において、長年の懸案である加速試験と屋外曝露の相関を明確化できる可能性のある指標を得るとともに、太陽電池モジュール部材の改良により、極めて高い長期信頼性を有する薄膜太陽電池の開発に成功した。また、市場で喫緊の問題となっている電圧誘起劣化の主要因がナトリウムの拡散であることを明らかにし、カバーガラス、封止材、反射防止膜の工夫によりこれを抑制することに成功した。
- ・薄膜太陽電池の高効率化において、これまでに蓄積したカルコゲナイド系薄膜太陽電池のプロセス技術を結集し、CIGS サブモジュールで変換効率18.3%を達成した。また、格子整合しない材料系どうしの積層を可能にするス

マートスタック技術を使った革新的太陽電池で変換効率27%を達成した。

- ・次世代型太陽光エネルギー利用技術において、産総研独自の新規なルテニウム錯体色素と有機色素の混合吸着により、世界最高レベルである11%以上のエネルギー変換効率を実現した。
- ・電力変換エレクトロニクス技術の開発において、各種の高性能、高信頼性 SiC 素子の量産技術を確立し、実装試作ラインの立ち上げ、パッケージ、モジュールの応用側への供給を開始した。また、超高耐圧の応用に適したバイポーラ素子として、16.5 kV-30 A のフリップタイプ n-ch IGBT を世界に先駆けて開発した。
- ・再生可能エネルギー貯蔵・流通に関するトータルシステムシナリオ検討のプロジェクトを開始し、各種エネルギーキャリアに関する実用化に向けた標準化課題の調査を開始した。

(2) 省エネルギーのための技術開発

- ・次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発において、リチウムイオン電池用の高容量正極材料として期待されている Li_2MnO_3 で、マンガンの一部を鉄で置換するなどにより放電容量250 mAh/g を達成した。さらに、共同研究先において8 Ah 級の実用セルで271 Wh/kg の高エネルギー密度を実証した。また、リチウム-空気電池については、空気極中の炭素表面に RuO_2 触媒をコーティングすることにより、充電過電圧を大幅に低減させ、エネルギー効率を向上させた。
- ・高密度化、耐高温化のための新材料を含む電力変換デバイスの開発において、ダイヤモンドの負性電子親和力を利用し、世界で初めて10 kV 超高耐圧固体素子真空パワースイッチの原理実証を行った。

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

- ・バイオマスを利用する材料及びプロセス技術において、リグノセルロースからのセルロースナノファイバー製造条件を明らかにした。種々のナノファイバーを固定化した水晶振動子センサーを製造し、水熱処理条件によるナノファイバー表面の特性変化を生化学的に明らかにした。また、わが国におけるセルロースナノファイバーの研究開発、事業化、標準化を加速するために「ナノセルロースフォーラム」を産総研コンソーシアムとして設立することが認められた。
- ・タンタルコンデンサ回収リサイクル技術の実証導入において、携帯電話などの廃小型電気製品を対象にタンタルコンデンサ数の違いによる自動選別（精度90%以上）を実現し、制御系や供給系の改良によりトータルシステムとしての実用性を向上させた。また、茨城モデルの都市鉱山リサイクルプラントにて複管式気流選別機の商業稼働を果たすと同時に、電子素子選別シミュレーションソフトを試験公開した。
- ・メタンハイドレートからの天然ガス生産技術の開発において、世界初となる海洋メタンハイドレート資源からの天然ガス産出試験に、産総研が開発した「減圧法」が生産手法として採用され、日量2万立方メートルの天然ガスが連続的に生産されることを実証した。

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

- ・環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術において、過酸化水素による高難度酸化技術を開発することでエポキシ化合物の高純度化を図り、銀のマイグレーションを抑制できる高機能導電性接着剤の開発に繋げた。
- ・コンパクトな化学プロセスを実現する技術において、環境負荷を低減する特異的反応場利用技術として、有機溶媒の代わりに水と二酸化炭素を溶媒として利用した高性能の触媒反応系を構築した。実例として、フラン類の1種であるフルフラールの水素化触媒反応プロセスを開発し、従来法に比較して160%の水素化反応速度を達成するとともに、樹脂原料や香料原料等に利用されるテトラヒドロフルフリルアルコールを選択的に合成することに成功した。

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

- ・先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法において、カーボンナノチューブを取り扱う事業者などが自主安全管理のために行う安全性試験や作業環境計測を支援するために、「カーボンナノチューブの安全性試験のための試料調製と計測、および細胞を用いたインビトロ試験の手順」と「カーボンナノチューブの作業環境計測の手引き」を公開した。
- ・環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発において、水質汚染物質分析の基盤となる生物発光酵素として、従来の発光酵素の約100倍の明るさと優れた発光持続性（半減期20分）を示す世界最高性能の酵素を人為的に合成することに成功し、高感度化を達成した。

II. ライフサイエンス分野

1. 分野の目標

ライフサイエンス分野では、健康で安心して暮らすことができる健康長寿社会の実現および環境負荷を抑えた持続可能な社会の実現を目指し、新たな健康評価技術や創薬支援技術の開発あるいは個人の状態に合わせて健康維

持・増進・回復を支援する技術の開発により、ライフ・イノベーションに貢献する。また、バイオプロセスを用いた環境負荷低減技術の開発によりグリーン・イノベーションに貢献する。

2. 分野の組織構成

当分野は4つの研究センター（糖鎖医工学研究センター、生命情報工学研究センター、創薬分子プロファイリング研究センター、幹細胞工学研究センター）、4つの研究部門（健康工学研究部門、バイオメディカル研究部門、生物プロセス研究部門、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）から構成され、バイオテクノロジーから医工学・人間工学までの幅広い研究分野の研究開発等を実施している。また、分野を跨る融合研究を推進することにより、新領域の技術開発にも積極的に取り組んでいる。

3. 主な研究動向

以下に平成25年度の主な研究動向を示す。

(1) 健康を守るための先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

疾病の予防や早期診断、早期治療、個の医療の充実などの課題を解決するため、細胞操作及び生体材料技術を応用した再生医療技術や先端医療支援技術の開発、医療機器の開発基盤の整備を行う。また、有用な新規バイオマーカーを利用して疾病の予防や早期診断を行うために、生体分子の機能分析及び解析技術の開発を行う。さらに情報処理と生物解析の連携、融合により、安全性を保ちつつ開発コストを低減する高効率創薬技術の開発を行う。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・ 超高効率の細胞リプログラミングに対応可能なステルス型 RNA ベクターを開発し、6個の初期化因子を同時に発現させることで、ヒト皮膚線維芽細胞からの iPS 細胞の樹立効率を10%超に高めることに成功した。さらに、iPS 細胞が出現するまでの時間も従来の半分以下の10日間に短縮した。
- ・ 移植用細胞に残存し腫瘍化する危険性があるヒト iPS/ES 細胞を、通常は廃棄する細胞培養液を用いて簡便に検出する技術を開発した。貴重な移植用細胞の一部を無駄にすることなく調べることで、ヒト iPS/ES 細胞の安全性を事前に把握することができ、ヒト iPS/ES 細胞を用いた再生医療の安全性向上への貢献が期待される。
- ・ 国内最大級のアカデミア創薬支援事業である創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業に参画し、アカデミア中心に9件の支援研究を実施した。さらに民間企業5社との資金提供型共同研究課題を通じて、創薬支援を行った。創薬に関する技術者養成コースを6コース主催し、人材養成活動にも取り組んだ。また、分子モデリング技術による高度創薬支援研究および高度化研究を実施した。
- ・ 抗がん剤が効かない前立腺がんを抗がん剤が効くように細胞状態を初期化する既知薬剤、リバビリンを発見した。
- ・ 肝炎感染者では肝炎ウイルスの持続感染に伴い、数年単位で変化してゆく肝臓の線維化が生じる。この病態変化を血液検査によって測定できる迅速自動化システムを構築してきており、技術移転先企業からの薬事法に基づく製造販売申請が承認された。
- ・ 糖転移酵素様 Galnt15遺伝子を改変したマウスがヒト精子無力症モデルマウスに成り得ること、また実際にヒト Galnt15遺伝子の欠損変異によって精子無力症を発症している患者を同定することに成功した。この成果は、男性不妊症の原因を的確に判別する手法の開発に貢献するものである。
- ・ 4種類以上のがん分子標的を対象に、世界最大級の天然物ライブラリー（30万以上）を用いて、スクリーニングを行い nM オーダーで細胞毒性を示す新規化合物を複数発見した。
- ・ 光学顕微鏡の分解能を超える超解像レベルの顕微鏡イメージング技術を向上させ、細胞内の微細構造を鮮明に解析することを可能にした。これらの技術とともに、細胞移動や神経軸索伸長を制御する新規分子による細胞骨格の新たな制御メカニズムを明らかにした。
- ・ ゲノム塩基配列と遺伝子の発現情報から、新規低分子化合物の生合成遺伝子を迅速・正確に予測する技術を開発した。医薬リード等の生理活性物質の探索と生産に関して、新規生合成メカニズムを持つ遺伝子の迅速な探索に道を開いた。
- ・ これまでよりも格段に正確な補正 P 値を計算できるアルゴリズム LAMP (Limitless-Arity Multiple testing Procedure、無限次数多重検定法)を開発した。超高速アルゴリズムを用いて無為な出現頻度の低い組み合わせを特定し取り除くことによって、補正係数を大幅に削減した。

(2) 健康な生き方を実現する技術の開発

心身ともに健康な社会生活を実現するために、高齢者のケア、健康の維持増進、社会不安による心の問題の解決が社会の重要課題になっている。そこで、健康な生き方を実現する技術の開発を目指して、ストレス等を含む心身の健康状態を定量的に計測する技術や、個人に適した治療やリハビリテーションによる健康の回復、維持増進を支

援する技術の開発を行う。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・漢方薬紫紺の成分であるシコニンに生体リズム短縮作用があることを見出すとともに、エビジェネティック調節機構を介した生体リズム調整作用を見出すためのスクリーニング方法を新たに開発した。また生体リズムマーカーとなる物質をヒト唾液中において見出した。
- ・ウガンダの倫理委員会の承認を得て、マラリア診断用細胞チップの現地でのフィールド試験を実施した。95例の患者血液を用いて産総研チップによるマラリア原虫の検出を行い、低感染領域では既存診断法と同等以上の検出感度であることを実証した。
- ・10万回駆動しても変位量が10%しか減らない繰り返し耐久性、3時間にわたって変位状態をほぼ一定に保てる変位保持性をもつ高性能なナノカーボン高分子アクチュエーターを開発した。
- ・産業的生産に使用可能な硬質樹脂を素材とした射出成形チップの開発に成功し、免疫測定が可能であることを実証した。従来の免疫化学測定は材料の影響が大きいいため、硬質樹脂でのバイオマーカー計測の実証は実用化へ向けた大きな進歩である。
- ・過去10年以上にわたり、国内外の延べ3,000名を超える高齢者・障害者を対象に行ってきた感覚特性の計測結果を広く産業界等で活用してもらうために、「高齢者・障害者の感覚特性データベース」を構築し、インターネット上で一般に公開した。
- ・2010年の試作機第1号完成以来、高度化開発を進めてきたニューロコミュニケーターにおいて、臨床現場に存在する電氣的ノイズへの対策となる新技術が開発され、実用化に向けた課題が一つ克服された。
- ・知覚意識を支える上で不可欠な「確信度」という信号が、視床枕という脳領域で、計算されていることを見出した。本知見は、あるタイプの意識障害の病態メカニズム解明や、人工知能への応用に役立つことが期待される。

(3) 産業の環境負荷低減に役立つバイオプロセス活用による高品質物質の高効率な生産技術の開発

化学プロセスに比べて反応の選択性が極めて高く、高付加価値化合物の効率的な生産が可能なバイオプロセス（微生物や酵素を利用した物質生産）の活用範囲の拡大を目指して、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子の高機能化とバイオプロセスの高度化技術・設計技術、遺伝子組換え植物の作出技術及び密閉型遺伝子組換え植物生産システムの実用化のための技術開発を進め、高効率なバイオものづくり技術を開発する。

以下に代表的研究成果を示す。

- ・ダイズの害虫として知られるホソヘリカメムシの腸内共生細菌が、共生時にポリヒドロキシアルカン酸（PHA）を細胞内に蓄積すること、その蓄積が共生の維持に必須であることを発見した。PHAはバイオプラスチックとして注目されており、害虫と微生物との共生における予想外の役割が解明された。
- ・シロイヌナズナの転写因子のうち約15%を占めるブレーキ型の転写因子（転写抑制因子）ほぼ全てに対して、アクトセルに転換する植物を網羅的に作成し、全系統の表現型を解析し、データベース化した。この成果により、各転写抑制因子の機能解明や、実用化につながる有用植物の開発が期待される。

III. 情報通信・エレクトロニクス分野

1. 分野の目標

情報通信・エレクトロニクス分野においては、持続的発展可能な社会の実現に向けて分野の担うべきミッションを「新しいデバイスの開発とIT（情報技術）の有効活用によって省エネを進め、安全やサービスへの応用によって、健全な社会の発展に寄与すること」と定めて研究開発を行っている。このミッションを実現するために以下の3つを分野の戦略目標として定めている。

- (1) 高速光スイッチ、不揮発メモリ、フレキシブルディスプレイなどの新しい機能を低エネルギーで発揮するデバイスを開発する。
- (2) IT（情報技術）活用による安全・安心な社会生活を実現するために、ディペンダブルITシステムの研究開発を推進する。
- (3) サービスを科学し、機械化することにより、GDPの7割を占めるサービス産業の効率化と新サービス産業を創出する。

2. 分野の組織構成

当分野の研究組織は、5つの研究センター（ネットワークフォトニクス研究センター、ナノスピントロニクス研究センター、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、サービス工学研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター）、5つの研究部門（知能システム研究部門、ナノエレクトロニクス研究部門、電子光技術研究部門、

情報技術研究部門、セキュアシステム研究部門) で構成されている。

3. 主な研究動向

- (1) 高速光スイッチ、不揮発メモリ、フレキシブルディスプレイなどの新しい機能を低エネルギーで発揮するデバイスの開発
 - ・ネットワークフォトニクス研究センターでは、超低エネルギーで動作可能なダイナミック光パスネットワーク技術の開発を行っている。ダイナミック光パスネットワークに用いる、シリコンフォトニクスによる世界最小の高効率8x8光スイッチを開発した。独自の波長変換装置のプロトタイプ化を進め、世界初となる実用レベルの特性を確認した。
 - ・ナノスピントロニクス研究センターでは、大容量不揮発性メモリ「スピン RAM」に関する基盤技術の開発を行っている。垂直磁化型磁気抵抗素子において、これまで技術的に困難であった超低抵抗領域で100%を越える磁気抵抗比を初めて実現し、150mV以下の超低電圧書き込みに成功した。
 - ・フレキシブルエレクトロニクス研究センターでは、フレキシブルディスプレイなどのフレキシブル情報端末デバイスの開発を行っている。低消費電力大面積フレキシブル入力素子の普及に重要である、高感度な透明フレキシブル圧力センサの印刷形成を実現した。また、印刷法によりバルク金属並みの低い抵抗率を示す銅の配線を高精細に形成する技術の開発に成功した。
 - ・電子光技術研究部門では、高機能光インターコネクションに向けた光電子集積デバイス、ハイブリッド回路基板の開発を行っている。シリコンフォトニクス技術では集積プロセス技術の開発により世界トップとなる30Tbps/cm²の伝送密度を実現するとともに、多層光配線に向けた層間信号伝送デバイスの開発に成功した。また、1300nm波長帯域の光信号伝送に対応した光電子ハイブリッド回路基板技術を確立した。
 - ・ナノエレクトロニクス研究部門では、半導体等の集積回路に関して、微細化に頼らずに低消費電力化する技術と多様な用途への対応を可能にする技術の研究開発を行っている。トンネリング現象を利用して低電圧で動作するトランジスタの高速化やシリコンよりもキャリア移動度の高い半導体を集積した CMOS 回路の動作を実現するとともに、多品種少量生産に適したミニマルファブ装置群の開発に成功した。
 - ・情報技術研究部門では、IT 基盤の消費電力削減のための研究開発を行っている。昨年度構築した省エネ技術を結集した次世代モジュール型データセンタに、日本各地の外気環境を擬似的に設定できる環境シミュレータを附設し、様々な環境での消費電力削減効果を実証した。
- (2) IT (情報技術) 活用による安全・安心な社会生活を実現するために、ディペンダブル IT システムの研究開発の推進
 - ・知能システム研究部門では、生活支援ロボットの実用化に必要な安全性を考慮したロボットの設計、評価、認証を行うための技術の開発と国際標準化を推進した。これらの成果に基づいて、生活支援ロボットの国際安全規格である ISO 13482が正式発行 (2014/2/1) され、これに基づく世界初の製品認証が実現した。また、高所調査用ロボットを共同開発し、東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業に貢献した。
 - ・セキュアシステム研究部門では、情報システムのセキュリティと、安全性、信頼性の研究を行っている。ネットワークの情報や IC チップの真正性を保証する技術、インターネット上のサーバーに格納されたデータベースを暗号化された状態で検索する技術、制御システムで用いられるサーバーが侵入を受けていないかを検査し、防護する技術、複雑なシステムの機能を漏れなく検査するテスト項目を生成する技術などを開発し、標準化を推進し、技術移転を行った。
 - ・電子光技術研究部門では、生活安全に向けた実用的な光センサーシステム及び生体組織中の機能や形態の高精度イメージング技術の確立を行っている。携帯型センサによるウイルスの迅速高感度測定、光メモリ技術と画像処理技術を用いた菌類迅速検出、近赤外分光を用いた中性脂肪検出法などを開発した。
 - ・情報技術研究部門では、地質分野と協力し、減災・環境・産業応用のための地球観測データの利活用基盤の研究開発を行っている。人工衛星ランドサット8号の日本付近の観測データを即時公開するシステムを開発し (2013/11/22研究成果発表)、利用制限のない最新の地球観測画像をわかりやすいインターフェースで一般に公開した。時系列画像を提供することにより、防災・環境監視・農林水産業などの分野に貢献することが期待される。
- (3) サービスを科学し機械化することによる GDP の7割を占めるサービス産業の効率化と新サービス産業の創出
 - ・情報技術研究部門では、ウェブ上の音楽コンテンツの関係性を可視化する音楽視聴支援システムを開発し、誰でも利用できるサービス「Songrium」として一般公開した (2013/8/27プレス発表)。
 - ・デジタルヒューマン工学研究センターでは、ユーザと製品の相互作用をコンピュータ上で仮想評価するデジタル

ヒューマンモデルのソフトウェアプラットフォーム「DhaibaWorks」を整備し、自動車、情報端末、パッケージ、自転車などの製造業への技術移転を進めた。

- ・サービス工学研究センターでは、介護サービス現場での従業員の情報記録、共有を支援する情報端末システムを開発した。現場従業員とともにシステム仕様とサービスプロセスを設計する現場参加型デザイン手法を適用した。このシステムは、連携先の介護施設に2014年度より全面導入されることとなった。

IV. ナノテクノロジー・材料・製造分野

1. 分野の目標

ナノテクノロジー・材料・製造分野では、ナノテクノロジーをキー技術としてグリーンイノベーションの核となる材料やデバイスの創成、ならびに製造プロセスの革新を進めることにより、わが国の国際競争力を強化し、持続的発展可能な社会の実現を目指したグリーンイノベーションへの貢献を目標としている。

2. 分野の組織構成

当該分野は平成25年度末において2つの研究センター（ナノチューブ応用研究センター、集積マイクロシステム研究センター）、3つの研究部門（先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門、ナノシステム研究部門）の計5研究ユニットで構成されている。

3. 主な研究動向

当該分野の先端研究事業の代表例を以下に示す。

当該分野では、積極的に産業界や大学と連携して研究開発を実施している。その代表的なものとして経済産業省の「未来開拓研究プロジェクト」では次世代自動車向け高効率モーター用磁性材料技術開発、革新的構造材料等技術開発、未利用熱エネルギー革新的活用技術開発、同じく経済産業省所管の「三次元造形技術を核としたものづくり革命プログラム」では次世代型産業用3D プリンタ技術開発及び超精密三次元造形システム技術開発を実施している。また NEDO プロジェクトとして、低炭素社会を実現する革新的カーボンナノチューブ複合材料開発プロジェクト、高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発、革新的省エネセラミックス製造技術開発、希少金属代替材料開発プロジェクト、グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクトを実施している。さらに、内閣府の最先端研究開発支援プログラム（FIRST）では、グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発、マイクロシステム融合研究開発を実施している。

平成25年度の主な研究成果は、以下の通りである。

(1) 持続的社會構築に資するナノカーボン材料、ナノ粒子など革新的ナノテク材料、およびデバイスの基盤技術開発

- ・カーボンナノチューブ（CNT）の産業応用を実現するため、スーパーグロース法の実証プラントを運営し、用途開発企業等へ、単層 CNT 試料をのべ140件提供した。電気めっき法により、銅と同程度の導電率で、銅の100倍高性能な耐電流密度を有する単層 CNT 銅複合材料の開発に成功した。また、eDIPS 法単層 CNT 分散液インクを用いた印刷技術により、移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比 10^6 以上の性能を誇る薄膜トランジスタの開発に成功した。
- ・マイクロ波プラズマ CVD の条件最適化、基板表面処理技術、ドーピング技術、転写技術の高度化により、結晶サイズを従来の10nm から100nm に向上させるだけでなく、電気伝導度も従来の $100\text{cm}^2/\text{Vs}$ から $1000\text{cm}^2/\text{Vs}$ に向上させたグラフェンの開発に成功した。
- ・新たに開発した収差補正装置を搭載した低加速高分解能電子顕微鏡を用いて、加速電圧15kV で0.17nm の空間分解能を達成した。また、二硫化モリブデン単原子層中のドーパントや不純物を単原子レベルで検出する技術を確認した。さらに、二硫化モリブデンと二硫化タングステンを原子レベルで混合することで、従来不可能であった単原子層デバイスのバンドギャップ変調を制御できることを実証した。
- ・単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、分離時の pH や溶質濃度を制御することにより、スループットを向上させることに成功し、分離純度95%、収率80%を達成した。その分離原理に関し、単層 CNT 表面の分散剤（界面活性剤）の密度変化が分離媒体（ゲル）への吸着力に影響する事を見出した。また、温度制御による高純度かつ単一構造の半導体型単層 CNT の分離法を確認した。
- ・樹木の幹や枝などの植物系放射性セシウム汚染物の焼却灰からプルシアンブルーナノ粒子吸着剤により放射性セシウムを抽出・回収する技術を開発し、その有効性を福島県双葉郡川内村に設置した実証試験プラントを用いて検証した。焼却灰中の放射性セシウムを水に抽出し、その灰中の放射性セシウムの60～90%を除去することに成功した。抽出された放射性セシウムは、灰の約1/500～1/3,000の重量のナノ粒子吸着剤によって回収できた。

- ・幾何学的考察と第一原理分子動力学シミュレーションにより、トランジスタやメモリーなどの絶縁膜や太陽電池の透明電極の材料として注目されているアモルファス金属酸化物の構造には、金属の種類や金属と酸素の比率によらない構造普遍性があることを予測した。アモルファス金属酸化物の原子構造を包括的かつ大局的に捉えた“球のランダム充填構造の重ね合わせ”という新概念を提唱し、電子デバイス材料の設計に大きな指針を与えた。
 - ・無機太陽電池に対する理論を拡張することにより、従来指針が無かった有機太陽電池の光電変換効率の理論的限界値（＝約21%、現状の変換効率は10～12%）を算出することに成功した。また、有機太陽電池が最も高い変換効率を示す光の波長も理論計算により見積もることができた。
- (2) 資源の有効活用・代替と省エネルギーのための技術開発
- ・実用金属材料の中で最も軽量のマグネシウムの輸送機器部材への実用化を目的に、制振性に優れる希薄合金（Mg-0.2wt%Ce 合金）の室温下での新圧延法を開発し、アルミニウム合金並みの成形性付与に成功した。また、汎用マグネシウム合金の鍛造技術においても組織微細化技術を組み入れることで、200℃以下の低温でも複雑形状の構造部材を鍛造成形できることを見出した。さらに、汎用アルミニウム合金についても凝固過程で振動を付与することで組織を微細化できる高度溶解・ casting 技術を開発した。
 - ・耐久性と光学特性を付与した調光ミラー薄膜を蒸着した透明シートを単板ガラスに貼付け、その際に生じる微小なすきま内でガス交換を行う新方式のガスクロミック調光ミラーの開発に成功した。これにより、ペアガラスの使用が必須となっていた従来型のガスクロミック方式の制約を解消するとともに、微小なすきま内に導入する水素が瞬時に調光ミラー薄膜に吸収されるため、安全性も飛躍的に高めることができた。
 - ・レアメタルである白金の使用量を低減し、高温耐久性にも優れた Pt-Pd ナノ粒子からなるディーゼル車用の高性能排ガス浄化触媒の開発に成功した。プロセス等を最適化することで、1度に500g の触媒を調製できる量産化技術を確認した。また、レアメタルであり特定化学物質に指定されているコバルトを使用しない硬質材料として、産総研が開発した WC-FeAl 合金を押出成形で長尺化する技術を開発し、これにより無垢のドリル素材の製造が可能となった。さらに、タングステンをチタンに置き換えたレアメタルフリー耐熱性硬質材料 TiC-FeAl の開発に成功した。
- (3) 産業の環境負荷低減や省エネに資する MEMS、エネルギー部材などの製造技術開発
- ・ファイバー型 MEMS コンポーネント製造技術に関して、異種材料電極によるセンサ作成技術および従来比で約10倍スループットを向上させた低コスト露光プロセスを開発した。低消費電力多値化技術により、微弱電波通信距離を2.7倍にし得る通信 LSI と、MEMS 技術を用いたフレキシブル電力センサ、及び3.9mm 角の通信機能付き温湿度センサチップを実現した。環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを“機能/電力”の観点より判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作し、社会実験によりその有用性を実証した。
 - ・オンデマンド・リペア、オンデマンド・アップグレードシステムの構築を目的に、産総研独自のコーティング技術である塗布光照射法（光 MOD 法）を用いて、蛍光体膜製造プロセスの開発に取り組んだ。その結果、フレキシブル基板上に、従来の1/3の膜厚で1.5倍の発光強度を示す高輝度大面積蛍光体膜の作製に成功した。
 - ・これまで研究を進めてきたマイクロ SOFC 材料・製造技術をベースとし、マイクロ燃料電池の実用化を目指した。マイクロ燃料電池等の接続技術として、ガスシール性を有し接続抵抗値を0.5Ω以下に抑えるセラミック集電シール接続技術を開発し、従来の金属集電に代わるモジュール化技術を見出した。
 - ・産総研独自のコーティング技術であるエアロゾルデポジション法（AD 法）により、樹脂フィルム状に二酸化チタン多孔質光電極構造を形成し、世界トップクラスの変換効率8.0%を示すフレキシブル色素増感太陽電池の開発に成功した。企業連携により、ロール・ツー・ロール化を達成するなど、量産化の目処も得た。

V. 計測・計量標準分野

計量標準と計測技術及びその標準化は、あらゆる科学技術活動、財・サービスの生産等の経済活動、さらには社会生活全般において最も基本となる基盤技術である。私たちが客観的・科学的な根拠に基づいて適正な試験データを取得できるように、計測・計量標準分野では、国が一元的に提供することを要請されている計量標準と標準物質の整備、および我が国の産業技術競争力の向上に必要な計測技術とその標準化の研究を行っている。特に、計量標準の整備に関しては、以下のわが国の三つの指針の実現を支えることを目的に開発を進めている。①各種エネルギー貯蔵技術・利用技術の推進や省エネルギー・エネルギー利用効率化技術の開発を支援し、グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備。②先進医療機器の開発・臨床検査の信頼性や食品の安全性などの生活環境の健全性の確保に資する、ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備。③わが国の産業の国際通商を円滑に実施するために必要な国際規格や法規制に対応する計量標準およびナノデバイスやロボットなどのわが国の先端産業の国際競争力を支援し、産業の国際展開を支える計量標準の整備。

当分野の研究組織は、2つの研究部門（計測標準研究部門、計測フロンティア研究部門）、1つの研究センター（生産計測技術研究センター）の計3つの研究ユニットと計量標準管理センターで構成されている。平成25年度の主な研究動向は以下の通りである。

1. 計量標準

計量標準整備については、計測標準研究部門がわが国の中核としてそれを担い開発・供給を行っている。第3期中期計画の5年間では、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション、産業の国際展開を柱として整理した62種類の新規標準の開発、省エネルギー技術の利用や生産現場計測器の信頼性確保、中小企業の技術開発力向上、トレーサビリティ体系の合理化などを目指した71種類の標準の高度化を予定している。平成25年度の実績としては、24種類の新規標準の開発（第3期累計で45種類）を実施し、18種類の標準の高度化（第3期累計で49種類）を実現した。サービスの実施件数としては、特定二次標準器の校正459件、特定副標準器の校正は17件、依頼試験は3,805件であった。標準物質の頒布数は1,394件であった。特定計量器の型式承認試験は107件、基準器検査は2,732件、比較検査7件、検定0件、各種計量教習は延べ606人を行った。国家計量標準の相互承認を目的とし、計量標準の国際比較および他国の専門家による技術審査（Peer review）受入等を行った。また、国際基準に準拠した品質システムを運用することにより ISO/IEC 17025および ISO ガイド34認定（ASNITE・NMI）を取得・維持している。国際関係ではメートル条約と国際法定計量条約における調整活動への参加を通して我が国の計量技術を代表した責務を果たすと同時に、アジア太平洋地域では計量組織における調整活動や各国の計量技術者に対する研修等を通して計量先進国としてのプレゼンスを発揮した。

(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

・利用が進む紫外域での LED の光出力の高強度化に対応可能な LED 全光束標準を開発するため、光源及び測定光学系の評価を完了させ、分光全放射束標準の供給を開始した。

(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

・放射線がん治療の安全と治療効率の向上に貢献するため、治療で最もよく使用されている医療用リニアック装置を用いて発生させる高エネルギー線量を精密に測定することを可能とする水吸収線量標準を開発し、供給を開始した。

(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

・ナノ材料に関する試験方法の国際標準化の実現に不可欠なチタニアナノ粒子標準物質を開発した。また、規制等の対応に必要なだが課題が残る技術要素を企業と連携して解決するために、ナノ材料の産業利用を支える計測ソリューション開発コンソーシアムを立ち上げた。

(4) 国家計量標準の高度化・合理化

・企業との連携により、温度依存性・経時安定性に優れ、取り扱いが容易な標準抵抗器を開発した。
・産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、NMIJ にトレーサブルな標準物質の供給に関しては、定量 NMR 法を中心とした依頼試験による純度校正サービスの範囲を医療・健康分野に展開し、新たに18物質の純度校正を可能にして、校正サービスの対象物質を約170物質に拡充した。

(5) 国際計量標準への貢献

・タイ国内ならびに ASEAN 地域全体の計量標準ネットワーク構築を促進する新たな支援プログラム「メトロロジー・ハブ in ASEAN」を立ち上げ、現地セミナーによる技術支援・普及啓発や招聘事業による人材育成に取り組んだ。平成25年度中の実績としては、国際セミナーを計3回開催し、ASEAN 8 か国から延べ22名を招聘した。また、計測標準研究部門への技術研究生として、タイを中心に合計6名を招聘した。

2. 計測技術

計測技術に関しては、計測フロンティア研究部門と生産計測技術研究センターを中心に研究開発を行っている。前者は、独創性が高く、従来技術の質的転換を図る計測機器の開発と、計測結果から情報を取り出し、意味ある形に仕上げる解析・評価技術の開発を目的としている。また、開発した計測機器、解析技術を駆使した社会の発展に寄与する新しい情報（知識）の獲得と体系化や、標準化による開発技術の普及を進めている。後者は、品質・生産性の向上、製品不具合対処、安全確保、環境保全などに資する新たな計測技術を生産現場へ提供することや企業の生産現場に精通した技術統括者であるマイスターとの連携によって産業界の計測ニーズに沿った研究開発を推進することを目的としている。

平成25年度の2ユニットにおける計測・評価技術の主な研究成果は以下のとおりである。

(1) 産業界や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術の開発

- ・超伝導体を用いた質量分析用イオン検出器として世界最大の検出面積と最高分解能を実現するとともに、カウントロス問題を克服した。また、高温超伝導体である MgB_2 を用いたイオン検出器、および超伝導検出器と超伝導エレクトロニクスを組み合わせた超電導検出信号処理系を世界で初めて開発した。
- ・被検体に貼り付けた縞模様をデジタルカメラで撮影し、画像処理によりモアレを作成することで微小変形を高精度に解析できるサンプリングモアレ法の開発を進め、JAXA が開発するイプシロンロケットのモータケース（燃料容器）などの変形分布評価に適用した。従来、変形計測に利用されてきた変位計では点計測に留まるが、本手法により分布計測が可能となり、宇宙構造物などの設計検証試験に非常に有効であることが実証された。
- ・2種の異なる電気測定 AFM（走査型拡がり抵抗顕微鏡（SSRM）及び走査型キャパシタンス顕微鏡（SCM））において、サブミクロンからナノスケールの領域でのデバイス材料中のキャリア濃度の測定方法と標準試料の構成要件の最適化を行った。この結果、異なる機関で計測した値がよく一致し、本手法による国際標準制定に向けて VAMAS-TWA2 で国際 RRT を行うことが ISO/TC201 にて議決された。

(2) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

- ・FPC（フレキシブルプリント回路）外観検査装置の光学系と画像解析処理システムを最適化してプリント基板の金メッキ色むらの自動評価技術を確立、実用化の目途を得るとともに、業界団体を組織して本評価方法の国際標準化に着手した。
- ・半導体計測機器メーカーと稼働中の量産プラズマ装置へ装着が容易なプラズマインピーダンス計測装置を共同で製品化し、上市した。
- ・応力発光材料の計測デバイス化を目指すベンチャーへのソリューション提供、及びナノ材料開発全般に関するソリューション提供を大手企業に対して進めた。

VI. 地質分野

1. 分野の目標

地質分野では、知的基盤整備の一環として陸域及び海域における「地質の調査」を行い、様々な地質情報の計画的・継続的な整備を進める。そしてそれらを基盤に、安全・安心で持続的発展可能な社会の実現に向けた地震・火山災害等の国土の安全に係る研究、高レベル放射性廃棄物地層処分、地圏・水圏等における環境保全に係る研究、エネルギー・資源の安定供給に係る研究等を実施する。また、地質の調査に関連した、海外地質調査所や地球科学研究機関等との国際研究連携を推進する。

2. 分野の組織構成

地質分野では、「地質の調査」を確実に実施するため、地質調査総合センター（Geological Survey of Japan, AIST）として、1つの研究センター（活断層・地震研究センター）、2つの研究部門（地圏資源環境研究部門、地質情報研究部門）、1つの研究コア（深部地質環境研究コア）、関連部署（地質調査情報センター、地質標本館）等から構成される連携体制を構築している。また、国際的にもこの体制の下で、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）等の国際機関や世界地質調査所会議（ICOGS）、世界地質図委員会（CGMW）等に対して、我が国の地質調査機関の代表として対応している。

3. 主な研究動向

平成25年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 地質情報の統合化と共有化・国土及び周辺域の高度利活用

- ・最新の地球科学的知識に基づき、5万分の1地質図幅（陸域）、20万分の1地質図（陸域・海域）、地球物理図、地球化学図、火山関連図、地震関連図など各種地球科学基本図、地球科学主題図等の網羅的・系統的な整備を行い、知的基盤として整備・公表している。本年度は、整備計画に従って、5万分の1及び20万分の1地質図幅の調査を実施した。次世代20万分の1日本シームレス地質図では、新たに作成した凡例を用いて近畿、中部、関東、東北地方南部の地質図編集を行った。現行のシームレス地質図はデータの更新を行った。また、5万分の1地質図幅3区画、海洋地質図2面、火山地質図2面を整備した。
- ・政策課題「沿岸海域の地質・活断層調査」では、地質図や地下構造図が未整備である沿岸域において、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報の整備を地質調査総合センターのユニットが連携協力して行っている。本年度は、駿河湾沿岸域において地質、活断層調査を実施した。ボーリングと反射法探査データから富士川河口付近での活断層による変形構造を推定した。また、平成24年度に実施した沿岸域調査研究の成果を地質調査総合センター速報として出版した。さらに、平成23年度から平成24年度に実施した石狩低地沿岸域の調査結果を海陸

シームレス地質情報集として取りまとめた。

- ・海洋地質図作成のための海底地質情報を取得するため、徳之島周辺海域の海洋地質調査を実施し、海底地形、反射法音波探査、全磁力及び重力測定、岩石や堆積物の採取を行った。また、既存資資料の解析を進め、2区画の地質図を出版するとともに、海底堆積物データの整理を行い、データベースの改善に着手した。
 - ・地質図情報を閲覧する統合ポータルである地質図 Navi を正式公開し、他機関のデータを含めた地図データの高度な表示・利用を可能とした。地理空間情報の重ね合わせの利用を容易にしていることが評価され、電子国土賞 2013 特定テーマ賞を受賞した。
- (2) 地圏循環システムの解明と解析技術の開発による地球と人間との共生社会の実現
- ・地質分野では、地質学、地球化学、地球物理学等の地球科学的手法を駆使し、地圏・水圏循環システムの理解に基づく国土有効利用実現のため、1) 水資源等の環境保全及び地熱や鉱物資源探査、2) 土壌汚染リスク評価、3) 地層処分環境評価、4) メタンハイドレート等天然ガス資源の調査、5) CO₂ 地中貯留に関する技術、6) 地圏・水圏環境にかかわる知的基盤情報の整備・提供等の研究を実施している。
 - ・水資源の保全に資する研究としては、駿河湾沿岸海域に関する既存資料の収集と分析を行った。そのうえで、海域微地形や断層位置調査等を実施して地質構造等を把握し、地下水流動を捉えるため掘削地点の適地選定、海上での海水分離型の掘削工法を決定した。また、調査で得られたデータ等を用いて、海水準や気候変動に対応した地下水流動解析を実施し、数十万年規模の超長期に及ぶ地下水安定領域を判定した。
 - ・地熱資源ポテンシャル評価の研究では、改良した容積法により未利用地熱資源を含む全国の熱水系資源を再評価した。地熱利用と温泉保全の両立の研究では、国内外動向調査、新潟県での温泉発電試験に伴う温泉モニタリング等により資源量を再評価した。また、温泉共生型地熱貯留層管理システム開発で得た成果の他地域への展開用ツールとして、温泉モニタリングデータを評価する地熱-温泉共生アドバンスソフトを作成した。
 - ・地中熱利用に関する研究としては、山形盆地及び秋田平野で、帯水層蓄熱冷暖房システムの適地指標定量化を行い、地下水流速等を指標とした適地マップを取りまとめた。また、クローズド型地中熱システムのポテンシャル評価について、その手法が多くの学協会で認められ、平成25年度日本地下水学会研究奨励賞を受賞した。
 - ・鉱物資源探査では、モンゴルで企業と重希土鉱床の評価を、南アフリカで同国公的研究機関と共同で重希土類鉱床の探鉱試験、選鉱試験を実施し、開発可能性評価を行った。ブラジル鉱産局と共同で希土類鉱床評価のための現地調査・鉱石分析を実施した。ベントナイトの標準試験法開発のために、国内資料を収集し、MB 吸着量測定法の改良を進めた。韓国および国内の珪石資源の調査を実施した。また、アジア鉱物資源図の編纂を進めると共に、アジア鉱物資源 DB の拡充を行った。
 - ・土壌汚染リスク評価の研究においては、環境及び生態リスクの評価モデルを作成・統合した。茨城県の表層土壌基本図の整備を完了、出版準備を行った。原位置計測と物理探査の併用により、重金属類や油等の汚染物質の浸透経路の調査法を見出した。また、動電学的手法や微生物を利活用した原位置浄化技術の体系的な研究開発を行い、現場実証試験に至った。放射性物質汚染については、高い遮蔽能力を持つ高鉛含有率の新素材を試作し、また粘土鉱物の吸着特性を考慮した汚染物質の動態把握に基づくリスク予測システムを構築した。
 - ・地層処分環境評価では、化学成分が異なる地下水を対象とした実験手法を確立するとともに、既往の多成分地下流体流動解析ソフトウェアへの化学浸透圧の組み込みと異常間隙水圧持続時間の比較による重要度の抽出を行った。地下実験施設の硝酸塩イオンの経時的な分析から、硝酸還元菌の原位置での還元速度の評価手法を確立し、微生物の影響を含む将来予測モデルに組み込んだ。水理-力学-熱-化学反応の連成効果による亀裂の水理-力学特性変化の実験手法と数学モデルを提示した。
 - ・CO₂ 地中貯留に関する技術では、米国サイトで CO₂ 圧入時モニタリングを開始し、解析法改良を検討した。物理量変換プログラムを多様な地域特性に対応させるため、電気・電磁気ポストプロセッサを改良した。また、室内実験等により砂泥互層のシール圧と浸透率の関係を明らかにした。軟岩・断層の力学・水理学的特性等ならびに地化学プロセスのデータ蓄積を継続し、高精度化モデルを用いたナチュラル・アナログ・モデル地域シミュレーションを実施した。さらに、CCS リスク評価ツールを用いて漏えい等のリスクシナリオに基づく地中・海底等での物質拡散を評価した。
- (3) 地質現象の将来予測と評価技術の開発による災害リスクの最小化と安全・安心な社会の構築
- ・国土の安全を目指した自然災害に関する研究では、地震及び火山に関する研究を重点的に実施している。日本の地震・火山に関する研究については、災害軽減のための国の各施策（地震に関する観測・測量・調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画）に基づいて、関連機関が相互に連携を取りつつ分担・実施する体制が取られている。地質分野では主要活断層調査、地震短期予測のための地下水等の観測、活断層データベース、平野地下構造データベースの整備、短期的・長期的火山噴

火推移予測の研究のほか、地震発生及び火山噴火メカニズム等にかかわる基礎的研究を実施している。

- ・活断層の活動性評価としては、北アナトリア断層系の1地点にて、最近4回分と5回分の累積地震時変位量を復元し、地震時変位量を指標とした連動性評価手法を構築した。糸魚川―静岡構造線活断層系の諏訪湖断層群にて、最近1～2回分の地震時変位量を復元した。作並―屋敷平断層等の短い活断層では、空中写真判読のクロスチェックにて活断層の長さを精査し、地震規模等の算出のためのデータを整備した。断層破碎物質を用いた断層活動性評価手法の一般化に向け、湯ノ岳断層、警固断層帯等の断層岩の鉱物化学分析を実施した。塩ノ平断層の断層岩試料を採取した。
- ・下北半島、仙台周辺、房総半島、静岡県、紀伊半島、四国の沿岸にて、地形、地質学的手法による調査研究を行い、各地で新たに津波堆積物を検出するとともに地殻変動の履歴解明に資する試料を得た。採取した地層のコアの年代測定や微化石分析等を行った結果、下北半島では過去約6千年間の地層中に5層のイベント砂層を検出し、最新のものは17世紀頃の巨大津波の痕跡である可能性が高いことを示した。津波シミュレーションのために、房総半島、紀伊半島を含む太平洋沿岸の地形情報を整備し、紀伊半島では津波石に基づく計算を行った。
- ・国の東海地震予知事業の一環として、前兆の地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析を継続し、短期的 SSE と微動の解析結果を各種委員会や地震に関する地下水観測データベースで公開した。地下水位・水圧変化にて、短期的 SSE が検出できることを世界で初めて示した。短期的 SSE の自動検出手法を開発し、システム実装の仕様を決定した。紀伊半島での微動臨時観測により、短期的 SSE のモニタリングに資する微動の移動パターン推定を行った。1946年南海地震前の目撃証言の収集を継続し、上下変動推定の成果をまとめた。
- ・高レベル放射性廃棄物地層処分の安全規制の技術的支援となる調査研究を深部地質環境研究コアにおいて引き続き実施した。火山 DB を更新し、断層 DB に主要地質断層情報を追加・拡充した。長期的な気候・地質変動事象のうち隆起・沈降・侵食・堆積・断層・マグマ活動の時間空間的不均質性に関して、野外調査・室内分析等を行い、地質変動事象の連動性を考慮した解析・推定手法について検討した。日本全国にわたる2071件の深層地下水データを分析・収集し地下水 DB を更新した。 ^4He - ^{36}Cl 法による地下水の混合年代の解析に基づいて、海面変化による地下水変化の解明、及び、地質関連事象による深部流体・熱水活動の持続時間と周辺地下水系への影響範囲の検討を行った。

(4) 緊急地質調査・研究の実施

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求められることから、災害発生時やその予兆発生時には、社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施している。本年度は昨年度に引き続き東北地方太平洋沖地震やそれに起因して発生した内陸地震・地下水異常への対応を継続するとともに、西之島における噴火活動に関して既存の地質情報整備を取りまとめ、HP から情報発信を行った。
- ・東北地方太平洋沖地震への対応として、複合地質リスク評価の研究を継続し、中間報告書を出版・公表した。また、福島原発汚染水問題等へのメディアからの取材要請については、研究ユニットの適切な研究者を推薦した。

(5) グローバルな地質情報ネットワークにおけるイニシアティブの発揮

- ・東・東南アジア地域における地質情報の標準化と数値化の作業を各国の関係機関と協力して進め、東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) の第49回総会を仙台市で開催した。デルタの地質、水文環境図に関する CCOP プロジェクトでは、それぞれインドネシアで会合を行った。
- ・OneGeology プロジェクトでは国際コンソーシアムとしての新たな運営体制の構築に貢献するとともに技術指導を通してアジア地域の地質情報発信に協力した。地質災害の低減とリスク評価研究のため国際コンソーシアムの活動を継続し仙台で国際シンポジウムを開催した。世界地質図委員会 (CGMW) の活動として CCOP 諸国を対象とする地質災害図作成を開始した。
- ・各国との連携強化を図るため、米国 USGS と衛星データ利用に関する契約を締結した。

3. 幹部名簿

役職（本務）	役 職（兼務）	氏 名	就任期間	就任年月日	備 考
理事長		中鉢 良治	1年	平成25年4月1日	
副理事長	つくばセンター所長 コンプライアンス推進本部長 イノベーションスクール長	一村 信吾	2年	平成24年4月1日	※H19. 2. 16～ H24. 3. 31までは理事
理事	環境・エネルギー分野研究統括	矢部 彰	6年	平成20年4月1日	
理事	ライフサイエンス分野研究統括	湯元 昇	6年	平成20年4月1日	
理事	イノベーション推進本部長 広報部長 イノベーションスクール副スク ール長	瀬戸 政宏	5年	平成21年4月1日	
理事	情報通信・エレクトロニクス分 野研究統括 ナノテクノロジー・材料・製造 分野研究統括 つくばイノベーションアリーナ 推進本部長	金山 敏彦	4年	平成22年4月1日	
理事（非常勤）		中江 清彦	3年	平成23年4月1日	
理事	地質分野研究統括 地質調査総合センター代表	佃 栄吉	2年	平成24年4月1日	
理事	計測・計量標準分野研究統括 計量標準総合センター代表	三木 幸信	2年	平成24年4月1日	
理事	研究環境安全本部長 評価部長	島田 広道	1年	平成25年4月1日	
理事	企画本部長	川上 景一	1年	平成25年4月1日	
理事	総務本部長 コンプライアンス推進本部副本 部長	福岡 徹	10ヶ月	平成25年6月28日	
監事		大谷 進	3年	平成23年4月1日	
監事		伊東 一明	1年	平成25年4月1日	

(平成26年3月31日現在)

4. 組織図



産総研組織図

2013年10月1日現在



5. 組織編成

年月日	組織規程	組織規則
平成25年4月1日	<p>ナノデバイスセンターを廃止 ナノデバイスセンター長の職制を廃止 つくばイノベーションアリーナ推進本部を設置 つくばイノベーションアリーナ推進本部の設置に伴い、つくばイノベーションアリーナ推進本部長の職制を設置 九州センターの福岡西支所、直方サイトを廃止 つくば北サイトをつくば中央第一事業所からつくば中央第三事業所に移管</p>	<p>ナノデバイスセンターの事業推進室、設計評価室、集積実証室を廃止 つくばイノベーションアリーナ推進部を廃止 つくばイノベーションアリーナ推進本部に、つくばイノベーションアリーナ企画室、つくばイノベーションアリーナ連携推進室、共用施設調整室、スーパークリーンルーム運営室を設置 ナノデバイスセンターの次長、イノベーションコーディネータ、連携主幹、総括主幹、主幹、主査、職員の職制を廃止 IBEC センターのセンター長、副センター長の職制を廃止 つくばイノベーションアリーナ推進本部に総括企画主幹、企画主幹、上席イノベーションコーディネータ、イノベーションコーディネータ、連携主幹、審議役、総括主幹、主幹、主査、職員の職制を設置 水素材料先端科学研究センターを廃止 生命情報工学研究センターの創薬分子設計チーム、生体ネットワークチームを廃止し、生体分子解析チームを設置 バイオメディシナル情報研究センターを廃止 ナノチューブ応用研究センターのスーパーグロースCNT合成チーム、スーパーグロースCNT用途開発チーム、有機ナノチューブ材料チーム、機能性ナノチューブチーム、ナノ物質コーティングチーム、高度化ナノチューブチームを廃止し、スーパーグロースCNTチーム、CNT用途開発チーム、高度機能CNTチーム、グラフェン材料チームを設置 コンパクト化学システム研究センターのナノポーラス材料チームを廃止し、化学プロセス強化チーム、有機材料合成チーム、機能性ナノポーラス材料チームを設置 先進パワーエレクトロニクス研究センターにエピタキシャル成長チームを設置 創薬分子プロファイリング研究センターを設置し、同研究センターに定量プロテオミクスチーム、数理システム解析チーム、データ管理統合チーム、理論分子設計チーム、分子間相互作用解析チームを設置 触媒化学融合研究センターを設置し、同研究センターにケイ素化学チーム、革新的酸化チーム、官能基変換チーム、ヘテロ原子化学チーム、触媒固定化設計チームを設置 計測標準研究部門の長さ計測科にナノスケール標準研究室を設置し、同研究部門の電磁気計測科の電気標準第1研究室、電気標準第2研究室を廃止し、応用電気標準研究室、量子電気標準研究室を設置 環境化学技術研究部門の精密有機反応制御グループ、精密有機反応制御第2グループ、精密有機反応制御第3グループ、分子触媒グループ、固体触媒グループ、循環型高分子グループを廃止し、界面有機化学グループ、機能表面化学グループ、高分子化学グループを設置 エネルギー技術研究部門のBTL触媒グループを廃止し、資源変換触媒グループ、水素材料先端科学グループを設置 バイオメディカル研究部門に次世代ゲノム機能研究グループを設置 ナノシステム研究部門のエネルギー材料シミュレーショングループ、エレクトロニクス材料シミュレーショング</p>

		<p>ループ、分子シミュレーショングループ、ダイナミックプロセスシミュレーショングループを廃止し、非平衡材料シミュレーショングループ、関連材料シミュレーショングループ、電気化学界面シミュレーショングループ、ナノ炭素材料シミュレーショングループ、形態機能ナノシステムグループを設置</p> <p>ナノエレクトロニクス研究部門のシリコンフォトエレクトロニクスグループを廃止</p> <p>電子光技術研究部門の情報通信フォトニクスグループ、ナノフォトニクスデバイスグループ、超短パルスレーザーグループ、光画像計測グループ、分子フォトニクスデバイスグループ、メゾ構造制御グループを廃止し、情報フォトニクスグループ、インターコネクティブフォトニクスグループ、シリコン光電子集積グループ、超高速フォトニクスグループ、光センシンググループ、分子集積デバイスグループを設置</p> <p>ダイヤモンド研究ラボを廃止</p> <p>Macro BEANS 連携研究体を廃止</p> <p>組込みシステム技術連携研究体を廃止</p> <p>水素材料先端科学連携研究体を設置</p>
平成25年5月1日		<p>計測フロンティア研究部門の活性種計測技術研究グループ、イオン化量子操作研究グループ、超分光システム開発研究グループ、ナノ移動解析研究グループ、構造体診断技術研究グループ、不均質性解析研究グループ、光・量子イメージング技術研究グループ、極微欠陥評価研究グループ、ナノ標識計測技術研究グループを廃止し、陽電子プローブグループ、超伝導分光グループ、イオン化量子操作グループ、小型量子ビーム源グループ、構造物画像診断グループ、ナノ顕微分光グループ、精密結晶構造解析グループ、マルチスケール統合解析グループを設置</p> <p>サステナブルマテリアル研究部門の環境セラミックス研究グループを廃止</p> <p>ナノエレクトロニクス研究部門にエマージングデバイスグループを設置</p>
平成25年6月1日		<p>ユビキタスエネルギー研究部門にダイヤモンドデバイス化研究グループを設置</p>
平成25年8月1日		<p>知能システム研究部門にスマートモビリティ研究グループを設置</p>
平成25年10月1日	<p>福島再生可能エネルギー研究所を福島県郡山市に設置</p> <p>福島再生可能エネルギー研究所の設置に伴い、所長の職制を設置</p> <p>本部組織に監査室を設置</p> <p>監査室の設置に伴い、監査室長の職制を設置</p>	<p>企画本部の福島拠点設立準備室を廃止</p> <p>福島再生可能エネルギー研究所に福島連携調整室、福島研究業務推進室を設置</p> <p>コンプライアンス推進本部の監査室を廃止</p> <p>つくばイノベーションアリーナ推進本部にパワーエレクトロニクス拠点運営室を設置</p> <p>研究環境安全本部の研究環境安全企画部に研究環境総括室を設置</p> <p>同本部の研究環境安全企画部のファシリティマネジメント室に施設計画グループ、施設調達グループを設置</p> <p>同本部の環境安全管理部のつくばセンター基幹設備管理室を廃止</p> <p>同本部の研究環境整備部の施設計画推進室、建設室を廃止し、技術管理室、施設整備室を設置</p> <p>同本部の情報環境基盤部に情報企画グループ、情報基盤グループを設置</p> <p>総務本部人事部の厚生室に診療所グループを設置</p> <p>福島再生可能エネルギー研究所に所長代理の職制を設置</p> <p>福島連携調整室にイノベーションコーディネータ、連携主幹、総括主幹、主幹、主査、職員の職制を設置</p>

		<p>監査室に総括主幹、主幹、主査、職員の職制を設置 太陽光発電工学研究センターの実用化加速チームを廃止 再生可能エネルギー研究センターを設置し、同研究センターにエネルギーネットワークチーム、水素キャリアチーム、風力エネルギーチーム、太陽光チーム、地熱チーム、地中熱チームを設置 地圏資源環境研究部門の地熱資源研究グループ、地圏環境評価研究グループを廃止 エネルギー技術研究部門の風力発電グループを廃止 健康工学研究部門の先端融合テーマ研究グループを廃止し、生体分光解析研究グループを設置</p>
--	--	--

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

産業技術総合研究所（産総研）は、産業界、学界等との役割分担を図りつつ、【鉱工業の科学技術】、【地質の調査】、【計量の標準】という各研究開発目標を遂行して、産業技術の高度化、新産業の創出及び知的基盤の構築に貢献し、我が国経済の発展、国民生活の向上に寄与する。そのため、各分野における社会的政策的要請等に機動的に対応するために、最新の技術開発動向の把握に努め、重要性の高い研究課題や萌芽的な研究課題の発掘、発信を行うとともに、研究体制の構築等の必要な措置を講じ、研究開発を実施し、産業競争力の強化、新規産業の創出に貢献する。

また、外部意見を取り入れた研究ユニットの評価と運営、競争的研究環境の醸成、優れた業績をあげた個人についての積極的な評価などにより、研究活動の質的向上を担保する。

さらに、研究活動の遂行により得られた成果が、産業界、学界等において、大きな波及効果を及ぼすことを目的として、特許、論文発表を始めとし、研究所の特徴を最大限に発揮できる、様々な方法によって積極的に発信する。同時に、産業界、大学と一体になったプロジェクトなど、産学官の研究資源を最大限に活用できる体制の下での研究活動の展開へ貢献するものとする。

独立行政法人産業技術総合研究所法において産総研のミッションとして掲げられた研究目標とその概要は以下の通りである。

1. 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

グリーン・イノベーションを実現するためには、二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量削減と、資源・エネルギーの安定供給の確保を同時に図る必要がある。温室効果ガスの排出量削減のため、再生可能エネルギーの導入と利用拡大を可能とする技術及び運輸、民生等各部門における省エネルギー技術の開発を行う。資源・エネルギーの安定供給のため、多様な資源の確保と有効利用技術、代替材料技術等の開発を行う。将来のグリーン・イノベーションの核となるナノ材料等の融合による新機能材料や電子デバイスの技術の開発を行う。産業部門については、省エネルギー技術に加えて環境負荷低減や安全性評価と管理、廃棄物等の発生抑制と適正処理に関する技術の開発を行う。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

ライフ・イノベーションを実現するためには、疾病や事故の予防、治療や介護支援の充実に加えて、健康で安全な生活を送りやすくすることが必要である。疾病を予防し、早期診断を可能とするため、生体分子の機能分析、解析技術等の開発を行う。疾病の革新的治療技術を実現するため、効率的な創薬技術の開発、先進的な医療支援技術の開発を行う。健康を維持増進し、心身ともに健康な生き方を実現するために必要な計測、評価技術等の開発を行う。また、社会生活の安全を確保するための情報通信技術（IT、センサ）や生活支援ロボットの安全を確立するための技術開発を行う。

III. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

様々な資源、環境制約問題を乗り越えて我が国の国際競争力を強化するためには、技術指向の産業変革により新産業を創出する必要がある。特に、情報通信産業の上流に位置づけられるデバイスの革新とともにデバイスを製品へと組み上げていくシステム化技術の革新が重要である。そのため、競争力強化の源泉となる先端的な材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、情報通信技術によって生産性の向上が期待できるサービス業の発展に資するため、サービス生産性の向上と新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。さらに、協調や創造によるオープンイノベーションの仕組みを取り入れた研究開発を推進する。

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

イノベーションの実現と社会の安全・安心を支えるために必要な、基盤的、先端的な計測及び分析技術並びに生産現場に適用可能な生産計測技術の開発を行う。また、信頼性ある計測評価結果をデータベース化し、産業活動や社会の安全・安心を支える知的基盤として提供する。さらに、製品の安全性や適正な商取引、普及促進に必要な製品やサービスの認証を支える評価技術の開発を行い、試験評価方法の形で提供するとともにその標準化を行う。

2. 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

活動的島弧に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や生活を実現し、持続可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質の調査とそれに基づいた地質情報の知的基盤整備を行う。地球をよく知り、

地球と共生するという視点に立ち、地質の調査のナショナルセンターとして地質の調査研究を行い、その結果得られた地質情報を体系的に整備する。地質情報の整備と利便性向上により産業技術基盤、社会安全基盤の確保に貢献する。また、地質の調査に関する国際活動において我が国を代表し、国際協力に貢献する。

3. 計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献するため、計量の標準の設定、計量器の検定、検査、研究、開発、維持、供給及びこれらに関連する業務、並びに計量に関する教習を行う。その際、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約の下、計量標準と法定計量に関する国際活動において我が国を代表する職務を果たす。

具体的には、産業構造審議会産業技術分科会、日本工業標準調査会合同会議知的基盤整備特別委員会の方針、見直し等を踏まえて、計量標準に関する整備計画を年度毎に改訂し、同計画に基づき計量標準の開発、維持、供給を行う。計量標準、法定計量に関して国際基準に適合した供給体制を構築して運営し、国家計量標準と発行する校正証明書及び法定計量の試験結果の国際相互承認を進めるとともに、我が国の供給体系の合理化を進める。特に、新規の整備及び高度化対象となる計量標準に関しては、先端技術の研究開発や試験評価方法の規格化と連携して一体的に開発を進める等、迅速に整備し、供給を開始する。また、我が国の法定計量の施策と、計量標準の戦略的活用に関して、経済産業省の政策の企画、立案に対して技術的支援を行う。

1) 研究推進組織

研究推進組織としては、「研究ユニット」、「研究企画室」、「地質調査情報センター」、「地質標本館」、「計量標準管理センター」を設置している。「研究ユニット」には、社会的なニーズの高い研究を集中的に実施するための時限的な組織である「研究センター」、研究を実施する上での基盤的な組織であり、研究センターを生み出すとともに研究センター終了時の吸収母体となる「研究部門」、弾力的かつ迅速な立ち上げプロセスにより、将来の研究センターの設立に向けての先駆的な役割を果たす「研究ラボ」の3つの形態がある。個々の研究ユニットについては、永続的なものと位置付けず、定期的に評価を行い、戦略的視点に基づき、柔軟に廃止・新設などの再編を行っている。

従来、理事長に直結する形で配置していた研究ユニットの組織体制を平成22年10月に見直し、6つの研究分野にまとめるとともに、分野ごとに研究戦略を考え実施する体制である「研究統括」、「副研究統括」及び「研究企画室」を設置し、研究ユニット長と連携して、研究分野内及び研究分野間の融合や産業界、大学などとの連携を加速する体制とし、内外の優れた研究者をタイムリーに起用するとともに、最新のシーズと幅広いニーズを踏まえた課題の発掘と解決に努めている。

また、平成25年10月には、東日本大震災復興基本法第3条等に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」及び「福島復興再生基本方針」（閣議決定）等を踏まえ、福島に「再生可能エネルギー」の技術開発から実証までを行う研究推進組織として、「再生可能エネルギー研究センター」を新設した。

<凡 例>

研究ユニット名 (English Name)

研究ユニット長：〇〇 〇〇 (存続期間：発足日～終了日)

副研究ユニット長：〇〇 〇〇

総括研究員：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇

所在地：つくば中央第×、△△センター (主な所在地)

人 員：常勤職員数 (研究職員数)

経 費：執行総額 千円 (運営交付金 千円)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：

テーマ名 (制度名/提供元)

テーマ名 (制度名/提供元)

発 表：誌上発表〇件 (総件数)、口頭発表〇件 (総件数)

その他〇件 (刊行物等)

〇〇研究グループ (〇〇English Name Research Group)

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3

××研究グループ (××English Name Research Group)

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

□□連携研究体 (□□Collaborative Research Team)

連携研究体長：〇〇 〇〇 (つくば中央第△、研究職数名)

概要：研究目的、研究手段、方法論

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

研 究

[テーマ題目1] (運営費交付金、資金制度 (外部) もしくは〇〇研究ユニットと共同研究
などで行っている「重要研究テーマ」)

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

[テーマ題目2] (運営費交付金、資金制度 (外部) もしくは〇〇研究ユニットと共同研究
などで行っている「重要研究テーマ」)

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

1) 環境・エネルギー分野
(Environment and Energy)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】
(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：矢部 彰
副研究統括：中岩 勝

概要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

環境・エネルギー分野研究企画室
(Research Planning Office of Environment and
Energy)

所在地：つくば中央第2
人員：9名（8名）

概要：

環境・エネルギー分野研究企画室は、環境・エネルギー分野（以下、環エネ分野とする。）における研究の推進に向けた業務を行っている。

具体的な業務は以下のとおり。

- (1) 環エネ分野における研究の推進に向けた研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営等の策定
- (2) 環エネ分野における大型プロジェクトの立案や調整
- (3) 複数の研究分野間の連携や分野融合プロジェクトの立案や調整
- (4) 環エネ分野に関連した経済産業省等の関係団体等との調整
- (5) 研究統括及び副研究統括が行う業務の支援

なお、平成25年度の主な業務内容は以下のとおり。

○「再生可能エネルギー研究センター」設立に関する業務

世界に開かれた再生可能エネルギーの研究開発を推進し、新しい産業の集積を通じた復興に貢献するため、水素や蓄電池などによるエネルギー貯蔵と制御技術を駆使した再生可能エネルギーシステム統合技術、太陽光発電技術、先進的風力発電技術、地熱・地中熱の適正利用のためのデータベース構築等、世界最先端の研

究を実施する「再生可能エネルギー研究センター」設立を主導する等の業務を行った。

機構図（2014/3/31現在）

[環境・エネルギー分野研究企画室]

研究企画室長 吉田 郵司 他

②【新燃料自動車技術研究センター】
(Research Center for New Fuels and Vehicle
Technology)

(存続期間：2007. 4. 1～2014. 3. 31)

研究センター長：後藤 新一

副研究センター長：濱田 秀昭

所在地：つくば東、つくば中央第5、つくば西

人員：13名（13名）

経費：701,511千円（520,315千円）

概要：

1. ミッション

本研究センターは、新燃料及び新燃料を使用する自動車技術を普及させ運輸部門の石油依存度の低減に貢献すること、及びクリーンな排出ガスと自動車燃費の大幅な向上を目的とする。そのため、2009年のポスト新長期排出ガス規制に引き続き、2015年を目標年度とする燃費基準及び2020年以降の強化燃費基準、2016年以降の更なる排出ガス規制、更には2030年の運輸部門の石油依存度を下げる国家戦略目標達成を目標として、自動車業界との連携のもとに、社会ニーズ対応の本格研究を実施する。本研究センターの具体的なミッションは、以下の3項目である。

- 1) 新燃料及び自動車に関する先端的技術として、新燃料製造技術、新燃料燃焼技術、新燃料燃費・排出ガス対策技術、新燃料計測評価技術の革新的技術を開発する。
- 2) 新燃料及び排出ガス評価・計測方法の規格化・標準化を支援する。
- 3) 我が国とアジアなどの諸外国の研究人材・技術者の育成を目指し、国際共同研究等を実施し、人材の受け入れや派遣による人材育成ネットワークの構築を行う。

これらのミッションは、第3期中期計画の「1-(2)-① バイオマスからの液体燃料製造・利用技術の開発」、「2-(1)-④ 自動車エンジンシステムの高度化技術」、「3-(3)-② レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル・代替技術の開発」に直結するものである。

2. 運営・体制

ユニット内の各基盤技術を進化させるとともに、その技術を実用化に繋げる本格研究を実施する。本研究センターでは、これまで蓄積した技術シーズをベースにして基礎から応用まで幅広い研究を行い、さらに、企業との共同により、新燃料製造技術と新燃料利用自動車技術の双方の実用化・製品化を目指す。この際、燃料製造から、エンジン燃焼、排出ガス処理及び計測までの流れを研究の柱として、有機的に各チームの協力を推進する。このため、各チーム間の綿密な連絡体制を構築すると共に、各チーム間にまたがったテーマの提案・実施を推奨する。

さらに、本研究センターは、業界及び行政的ニーズを的確に把握するため、産業界・政策当局等からの意見を取り入れ、センター活動の方針を策定・修正しつつ研究経営を行う。また、共通の社会ニーズを有している国内外の研究機関とも連携を図り、先導的課題に係る国際共同研究や新燃料規格化等の基盤整備支援を実施する。

新燃料自動車技術は多くの技術分野の統合技術であることから、本格研究を戦略的に実施するためには、センター内部のみならず他ユニットの活動とも密接な連携が必須であり、関連他ユニットとの連携を推進する。また、燃料標準化に際しては、基準認証イノベーション技術研究組合への参画や、自動車工業会、石油連盟および対象燃料業界団体とも連携を取って進めて行く。

3. 主要研究項目

1) 新燃料製造技術

低燃費化（省石油化）が期待できる石油系燃料の高品質化、および、輸送用燃料の石油代替が期待できるバイオ燃料などの新燃料製造の核心技術となる触媒技術の研究開発を行う。

2) 自動車エンジンシステム技術

① 新燃料燃焼技術

従来の燃焼技術の新燃料への適応化技術、燃料設計と新燃焼技術を合わせた革新的次世代低公害エンジン技術、新着火技術について研究開発を行う。

② 新燃料燃費・排出ガス対策技術

多機能型触媒コンバータの研究開発、NO_xなどの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発、さらに、後処理触媒の白金族金属の代替や使用量低減を目指す研究開発に取り組む。

③ 新燃料計測評価技術

導入が予定されている各規制に対応する計測評価技術の高度化を行うとともに、軽油等従来燃料を対象に確立されてきた計測評価技術に及ぼす新燃料の影響評価と対応策の検討を行う。

3) 新燃料規格化・標準化推進

製造技術、燃焼技術及び燃費・排出ガス対策技術

それぞれの基盤研究成果を基に、新燃料の規格化に必要な情報を整理し、新燃料の国内規格、アジア地域の規格を含めた国際規格・標準化を推進する。

4. 本年度の研究重点化方針

本年度は、センター設置期間7年の最終年度に当たり、センターの最終目標達成に向けて、各開発技術の進化・実用化に取り組むとともに、規格化・標準化と人材ネットワーク構築の更なる推進を行い、センターの成果のまとめを行う。具体的には、新燃料製造技術に関し、第1世代バイオディーゼル燃料の高品質化技術の研究開発を行い、パイロットスケールにおける技術を確立する。併せてパイロットプラントによる非食糧系バイオマスの触媒利用熱化学変換による第2世代バイオ燃料製造技術の研究開発、低品質燃料から低硫黄・低芳香族燃料や高 H/C（水素／炭素原子比）の高品質燃料製造技術の研究開発に取り組む。自動車エンジンシステム技術に関しては、新燃料の最適燃焼制御技術の研究開発、新燃料を利用する超低環境負荷・超高効率エンジンシステム技術の研究開発、レアメタル低減排出ガス高度浄化技術の研究開発に重点的に取り組み、システムとしての「環境負荷低減」、「省エネルギー」、「資源有効利用」効果を明確にする。さらに、新燃料規格化支援・標準化推進に関しては、新燃料分析技術確立により基準認証基盤整備に貢献するとともに、バイオディーゼル燃料の JIS 改訂と燃料用ジメチルエーテル（DME）の ISO 発行および自動車用 DME 燃料の新規提案を目指す。加えて、新燃料の製造技術の技術移転等を通して、新燃料の規格化・標準化を後方支援する。また、国内外のプロジェクト研究を通じて、自立的な若手研究者の育成を推進する。

外部資金：

- ・経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室 日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発(1) 新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析」
- ・経済産業省製造産業局化学物質管理課化学物質リスク評価室 日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「バイオ燃料の高度利用・標準化技術開発(2) バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析」
- ・経済産業省産業技術環境局研究開発課「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発／トータルシステム導入シナリオ研究」
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構「希少金属代替

材料開発プロジェクト／排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」

- ・国際科学技術共同研究推進事業（地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）（JST）科学技術振興機構（JST）「ジェットロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術」
- ・地球規模課題対応国際科学技術協力（JICA）科学技術振興機構（JST）「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」
- ・先導的産業技術創出事業 NEDO 助成金「能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発」
- ・基盤研究（C）科研費「非平衡プラズマによる高圧可燃予混合気の着火機構に関する研究」

発表：誌上発表47件、口頭発表73件、その他10件

新燃料燃焼チーム

（Combustion and Engine Research Team）

研究チーム長：小熊 光晴

（つくば東）

概要：

エネルギーの多様化と環境保全の観点から、(1)新燃料エンジンシステム技術、(2)次世代大型ディーゼルエンジンの高効率化と排気ガス低減技術に関する研究開発を実施し、民生・運輸分野における動力利用システムの石油依存度軽減、高効率化並びにクリーン化技術の実現を目指している。また、得られた成果や各種検証試験データの蓄積により(3)新燃料の標準化を推進する。具体的に、①新燃料利用システムの実用化研究開発では、環境負荷低減に資する新燃料利用システムの実用化・普及促進を目標とした研究開発として、DME ディーゼルエンジンシステムの実用化研究開発、非食糧系バイオマスの輸送燃料化基盤技術研究開発、CNG・軽油デュアルフェューエルエンジンの研究開発、再生可能エネルギーの輸送・貯蔵技術の研究開発などを実施している。②エンジンシステム技術に関する基盤研究では、CNG 直噴エンジン燃焼技術開発、新燃料対応潤滑性評価方法の検討、有機ハイドライド利用廃熱回収エンジンシステムなどの共同／受託研究を推進し、萌芽的技術の発掘による新たなエンジンシステム開発の可能性を追求している。③超低環境負荷エンジン燃焼技術の研究では、燃料噴霧・火炎発達過程の詳細解析、バイオ燃料等燃焼素反応機構の構築、高精

度バーチャルエンジンシステムの研究等を実施している。④新燃料標準化研究開発では、DME 燃料の国内外標準化（基準認証イノベーション技術研究組合（略称イノテック）事業として実施）、東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料の基準調和、バイオ燃料の品質及び計量標準、バイオ燃料分析室の運用、アジア諸国技術者育成支援など、国内外標準化を推進している。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

新燃料製造チーム

（Hydrotreating Catalysis Team）

研究チーム長：鳥羽 誠

（つくば中央第5）

概要：

新燃料製造チームでは、輸送用燃料の石油依存度低減に貢献するため、燃焼改善や排出ガス処理装置への負荷低減等により低燃費化（省石油化）が期待できる既存石油系燃料の高品質化技術、並びにバイオディーゼル等の導入・普及により直接的に輸送用燃料の石油代替が期待できる新燃料製造技術の研究開発を行っている。前者の石油系燃料の超クリーン化用触媒技術では、サルファーフリー（硫黄<10ppm）燃料製造触媒の実用化・普及を目指すとともに、環境適合性が高く将来燃料として期待されている低芳香族燃料やゼロサルファー（硫黄量<2ppm）燃料を製造可能な革新的石油精製触媒の開発を行っている。後者の新燃料の製造技術並びに環境適合化技術では、各種油糧作物等を原料とし、酸化安定性や熱安定性向上等に優れたバイオディーゼル燃料を製造・高品質化する触媒技術を開発すると共に、非食糧系バイオマス等を原料とした環境適合性の高い高品質新燃料を製造する触媒技術を構築している。更に、得られた燃料のエンジン評価や排出ガス特性評価等を通して、新燃料の普及に不可欠な規格化を支援している。これらの研究に加え、国際共同研究を通して、我が国とアジア諸国などの諸外国の研究人材・技術者の育成にも貢献している。

研究テーマ：テーマ題目1

省エネルギーシステムチーム

（Energy-saving System Team）

研究チーム長：小淵 存

（つくば西）

概要：

本チームは、1)ポスト新長期規制後のNOx規制強化などに対応できる触媒反応と自己熱交換（熱回収）機能を備えた自己熱交換式触媒リアクタ技術の創出、2)資源的に稀少な白金族金属および希土類元素を使用する触媒におけるこれら元素の使用量低減、3)DME等の新燃料の利用にかかわる触媒反応プロセスの研究

開発、に貢献することをミッションとしている。今年度は1)と2)に取り組み、1)については、3D プリント技術を活用して、先進的な熱交換-触媒一体型コンバータのモデルを試作した。2)については、ディーゼル酸化触媒 (DOC) の高活性化の研究において、DOC 調製処理時の脱離成分の挙動および貴金属活性成分の状態解析を、昇温反応法および放射光施設 (SPring8) を利用した X 線吸収微細構造解析法により行った。また透過電子顕微鏡による貴金属活性成分の粒度分布解析から、有機酸を添加して調製した触媒が高活性を示す理由について考察した。さらに企業との共同研究により、メソ-マクロ孔を併せ持つ新規な多元構造を持つ DOC 用アルミナ担体を開発した。また、同じく共同研究により、窒化ケイ素系ディーゼルパティキュレートフィルタ (DPF) について、前年に引き続き貴金属使用量を低減できる担持方法や担体成分の検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目 2

排出ガス浄化チーム

(Emission Control and Catalysis Team)

研究チーム長：佐々木 基

(つくば中央第5)

概要：

ユニット戦略課題である「自動車エンジンシステムの高度化技術」に直結する、後処理触媒の白金族金属の代替や使用量低減を目的とする研究開発および NO_x などの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発を実施した。前者は、ディーゼル重量車用排出ガス浄化触媒を対象に、近年の厳しい規制に対応するための性能を維持しつつ白金族金属使用量を低減した触媒の開発を行った。触媒活性種である白金まわりの環境をコントロールするため、調製時に共存させる添加物の量・組成を制御することによって触媒活性種に最適な環境を構築し、白金族金属使用量を低減しつつ、高い NO や炭化水素の酸化能力を有する触媒の開発を行った。さらに、開発した調製法に基づき実エンジン排出ガスを試験できるだけの量の触媒を提供し、共同研究先の企業において性能試験を行い、開発手法の実用性を確認した。後者は、長期使用条件下での不具合の存在が懸念されている尿素 SCR 触媒の低温活性・耐久性を向上させるため、触媒成分として複数の金属種を利用するとともに担体ゼオライトの種類を精査し、低温で従来よりも高い活性を示し、かつ活性炭化水素等被毒物質の共存下でも活性を有する SCR 触媒の探索を行った。

研究テーマ：テーマ題目 2

計測評価チーム

(Measurement and Evaluation Team)

研究チーム長：高橋 栄一

(つくば東)

概要：

計測評価チームでは、新燃料の普及および自動車の高度化に関わる計測評価技術の研究開発を実施している。DPF 内部に蓄積した PM 量を評価する新たな計測方法として超音波を用いた手法を開発した。これは超音波による非破壊検査技術を応用して、DPF を透過した超音波信号から蓄積量を評価するもので、前年度までに実施したディーゼル自動車のアイドリング運転、および低負荷運転時における評価に加え、今年度は高負荷運転時の評価を実施した。その結果、DPF 内部の温度が超音波の伝搬に強い影響を及ぼすことが明らかとなり、蓄積量の評価において考慮の必要があることがわかった。さらに、ガスエンジンの熱効率向上、および低エミッション化のためにレーザ着火を用いた希薄燃焼の実現に関する研究を行っている。今年度は、レーザ着火点をエンジン筒内のこれまでの中心1点から中心と壁面近傍の2点で着火する実験を実施した。その結果、希薄安定着火限界の拡大が可能となり、熱効率の向上を示した。

研究テーマ：テーマ題目 2

[テーマ題目 1] 新燃料製造技術の研究開発

[研究代表者] 鳥羽 誠 (新燃料製造チーム)

[研究担当者] 鳥羽 誠、葭村 雄二、望月 剛久、
陳 仕元、阿部 容子、西嶋 昭生、
菊田 由美子 (常勤職員3名、他4名)

[研究内容]

既存の石油系輸送用燃料のクリーン化、特に低硫黄化は、自動車排出ガス処理装置に用いられている貴金属触媒や NO_x 吸蔵還元触媒の長寿命化に有効であり、触媒酸化再生時の燃料使用による燃費悪化の改善が期待できる。このため、我が国ではサルファーフリー (S<10ppm) 軽油やガソリンが供給されているが、製油所でのサルファーフリー化処理をより温和な条件下で達成できる長寿命脱硫触媒に対するニーズは依然として高い。一方、運輸部門からの CO₂ 低減対策として、バイオマス由来輸送用燃料の導入へのニーズが急速に高まっており、食糧と競合しない未利用非食糧系バイオマス資源からの高品質輸送用燃料の製造を可能にする技術構築が求められている。このため、新燃料製造技術の研究開発では、高品質石油系燃料の製造技術、並びにバイオ系新燃料の製造・高品質化技術のキーテクノロジーである触媒技術に着目し、その基盤技術構築と本格研究を通して、最終的には都市環境と地球環境に優しい輸送用燃料の社会への提供・普及に貢献することを目的とする。

本年度は、バイオ系新燃料の製造・高品質化技術の中で、油糧作物のトランスメチルエステル化により得られる脂肪酸メチルエステル (FAME) 型バイオディーゼル

燃料（BDF）の高品質化技術の実証研究を行った。昨年度までの検討で開発した FAME 型バイオディーゼル中の易酸化成分である多不飽和脂肪酸メチルを、選択的にモノエン酸メチルエステルに水素化できる担持貴金属触媒を用いて、タイに設置したパイロットプラントにおいて製造した高品質バイオディーゼル燃料の実車走行試験により、走行性能および排ガス性能から、自動車適合性に問題がないことを実証した。また、高品質化技術の大型化を視野に流通式反応装置での実験を行い、耐久性の高い触媒を開発した。

油糧作物や木質系バイオマスの急速熱分解技術開発では、ジャトロファ残渣の触媒併用熱分解を行い、生成油（バイオオイル）中の酸素分低減するとともに、芳香族炭化水素の選択性向上の条件を見出した。また、タイに設置した流動層型熱分解パイロットプラントの試験運転を継続した。バイオオイルからの輸送用炭化水素燃料製造技術開発では、モデル化合物を用い、バイオオイルと石油系基材の共処理におけるバイオオイル中の芳香族系含酸素化合物の水素化脱酸素における環水素化を抑制し、オクタン価の高い芳香族炭化水素を与える触媒の探索を行った。CoMo 系硫化物触媒では、担体を適宜選択することにより環水素化を抑制が可能であることを見出した。また、脱硫および脱窒素反応も十分進行することを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】輸送用燃料、バイオ系新燃料、高品質化触媒、脱硫触媒、サルファーフリー、バイオディーゼル、急速熱分解、バイオオイル、燃料品質確保

【テーマ題目2】自動車エンジンシステムの高度化技術の研究開発

【研究代表者】後藤 新一（研究センター長）

【研究担当者】後藤 新一、濱田 秀昭、小熊 光晴、辻村 拓、文 石洙、小渕 存、内澤 潤子、難波 哲哉、佐々木 基、鈴木 邦夫、Asima Sultana、古谷 博秀、篠崎 修、高橋 栄一、瀬川 武彦、日暮 一昭、広津 敏博、貝塚 昌芳、葛田 公仁、恩田 友和、大友 拓哉、吉田 昭洋、斉藤 孝季、黄 鎮海、松丸 陽子、千葉 晃嗣、佐藤 直子、羽田 政明、金田一 嘉昭、大井 明彦、伊賀 達介、山口 誠也、笠木 久美子、岡室 葉子
（常勤職員13名、他21名）

【研究内容】

本研究テーマにおいては、エンジン燃焼の超高度制御化、排出ガス浄化および計測評価技術の高度化、排出ガス浄化触媒の希少金属使用量低減化に資する研究開発を

実施している。平成25年度における実施内容は以下の通りである。

エンジン燃焼の超高度制御化については、まず、米国アルゴンヌ国立研究所との共同研究において、X線を用いたインジェクタ内部の燃料流動や噴霧基部の流動挙動を定量的に解析する新技法を開発した。また、新技法から得られた結果を元に、様々な新燃料および噴射方式による噴霧及び混合気形成の変化を予測する新たな噴霧予測モデルを提案した。一方、近年注目されている天然ガスエンジンの希薄燃焼による熱効率向上および低エミッション化のためのレーザ着火法の研究において、エンジン筒内の2点でレーザ着火を行うことによって1点で着火した場合と比較し更に熱効率が向上することを示した。

排出ガス浄化技術の高度化については、排ガス後処理触媒の形状および成分制御による特性改善を検討し、NOx 浄化触媒である鉄/ベータゼオライト触媒について、ガドリニウムを添加することにより、水蒸気共存下での耐熱性および NOx 浄化特性が改善することを見出した。また、自己熱交換作用による内部昇温機能を備えた自己熱交換式コンバータについて、3D プリント技術を活用して先進的な熱交換-触媒一体型コンバータのモデルを試作した。

排出ガス計測評価技術の高度化については、DPF の適切な再生時期を判定するための超音波を用いた計測評価技術の開発において、これまでのディーゼル自動車の低負荷運転時の評価に加え、高負荷運転時の評価を実施し、DPF 内部の温度が超音波伝搬に強い影響を及ぼすことを明らかにした。

排出ガス浄化触媒の希少金属使用量低減化については、NEDO 希少金属代替材料開発プロジェクト「ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発」の最終年度において、ディーゼル酸化触媒の調製技術の高度化による更なる触媒性能の向上を試みた。最適化した Si-Al₂O₃及び Zr-Al₂O₃担体に対する白金族 Pt-Pd の担持方法を検討した結果、白金族塩含浸時に比較的大量の高級脂肪酸を共存させ、その後焼成することによって触媒活性と耐久性が大幅に向上することを見出した。この理由は、担持された白金族の分散度と Pt-Pd の合金形成度が大幅に向上したためであることが明らかとなった。本調製技術に基づいて白金族使用量を市販品より50%削減した酸化触媒を大型エンジン実機評価が可能な量を共同研究企業に提供した。実機試験の結果、NO 酸化、炭化水素酸化ともに市販品と同等の活性を示すことが確認され、プロジェクトの目標を達成することができた。

【分野名】環境・エネルギー・ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ディーゼル自動車、ディーゼル特殊自動車、予混合圧縮着火燃焼、PCI 燃焼、燃料噴霧、火炎、バイオ燃料、ジメチルエ

ーテル、DME、レーザ着火、希少金属、白金、セリウム、代替材料、排ガス浄化、酸化触媒、三元触媒コンバータ、自己熱交換式コンバータ、省エネルギー、燃費、燃料由来 NOx 還元、PM 計測、超音波

所在地：北海道センター、つくば西事業所

人 員：11名（11名）

経 費：673,848千円（103,881千円）

概 要：

メタンハイドレート研究センターは、天然ガスの役割が増大するエネルギー社会の到来をわが国の中期的未来の姿としてとらえ、その安定供給の確保、自給率の向上ならびに新産業創出に向けた研究技術開発を行うことによってグリーンイノベーションの実現に貢献することを目的としている。

このため、わが国周辺海域を始め世界各地に賦存するメタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採取する「生産手法開発に関する研究開発」およびガスハイドレートの物理的特性を利用した革新的な省エネルギー技術を創出する「ガスハイドレート機能活用技術開発」を重点課題として推進している。また、オープンイノベーションによる研究連携の意義は一層増しており、わが国のメタンハイドレート研究のプラットフォームとなるべく、人材育成および技術移転の推進、産学官連携の推進、連携先の開拓、適切な情報発信など新たなイノベーションを創出していくための「メタンハイドレート研究アライアンス事業」を実施している。

生産手法に関する研究開発においては、以下の課題を設定し、相互の研究成果を共有しながら商業的産出のための技術整備を進めている。

- 1) メタンハイドレート資源から天然ガスを効率的かつ大量に生産するための「生産技術の開発」
- 2) 生産性や生産時の地層の挙動を評価するために不可欠な貯留層パラメータを解析し貯留層モデルを構築する「貯留層特性の評価」
- 3) 生産に伴う地層の力学挙動および坑井の健全性を評価するための「生産モデルの開発」
- 4) 生産時のメタンハイドレート再生成や坑井内の流動状態を解析し生産障害を回避するための「物理特性の解析」

また、後述の機能活用技術分野を含め当センターがメタンハイドレート研究のプラットフォームとなることを目指した以下の事業を実施している。

- 5) 外部連携の推進、人材育成、技術移転、実験教室開催、講演会開催等を活動内容とする「メタンハイドレート研究アライアンス事業」

さらに、生物プロセス研究部門、地圏資源環境研究部門との連携によって、大水深海底下のメタン生成システムを解明するため、高圧条件下での微生物のメタン生成能の実験的評価を実施している。

「生産技術の開発」においては、強減圧法、通電加熱法等生産手法のエネルギー効率向上、回収率の向上のための研究、生産時の細粒砂移流・蓄積、メタンハ

【テーマ題目3】新燃料標準化の研究開発

【研究代表者】後藤 新一（研究センター長）

【研究担当者】後藤 新一、小熊 光晴、古谷 博秀、
菟村 雄二、鳥羽 誠、日暮 一昭、
広津 敏博、野津 育朗、河野 高秀、
貝塚 昌芳、中田 知里、佐々木 利
幸、喜多 郭二、松野 真由美
（常勤職員3名、他11名）

【研究内容】

テーマ項目1、2で実施する製造技術、燃焼技術及び燃費・排出ガス対策技術それぞれの基盤研究成果や各種検証試験データの蓄積により、新燃料の規格化に必要な情報を整理し、ISO や東アジア地域における基準調和などの国際規格や、JIS 等国内規格の策定を推進する。規格策定にあたっては業界団体と密に連携し、必要に応じて国内外の標準化に関わるワーキンググループ（WG）や委員会の設置あるいは委員派遣を行う。

1) 東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料品質のベンチマーク策定

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業のワーキンググループ運営を継続し、最新のヨーロッパ規格と調和すべく、EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard: 2008（EEBS: 2008）の改訂と、これらの情報を更新したディーゼル燃料流通バンドブックの改訂作業を実施した。

2) DME 燃料の国内外標準化

ISO/TC28/SC4/WG13（DME 燃料品質、コンビーナとして参加）および同 WG14（DME 燃料品質の分析方法、エキスパートとして参加）において、DME 燃料品質および4種不純物測定方法それぞれ発行に向けた作業を継続した。2014年3月時点で FDIS 登録待ち状態で、2014年内の発行に目途を付けた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】標準化、国際標準、基準調和、ベンチマーク、東アジア、バイオディーゼル燃料、FAME、ジメチルエーテル、DME、ISO、バイオエタノール、JIS

③【メタンハイドレート研究センター】

（Methane Hydrate Research Center）

（存続期間：2009. 4. 1～2016. 3. 31）

研究センター長：成田 英夫

副研究センター長：海老沼 孝郎、天満 則夫

イドレート再生成による浸透率低下等の生産障害因子を解析し生産障害対策技術の開発を実施する。また、これらの研究開発によって得られた新たな知見を室内大型産出試験設備によって検証を行う。さらに、第一回海洋産出試験の生産挙動について、生産シミュレータを用いた検証を実施する。「貯留層特性の評価」においては、生産シミュレータによる生産性評価や地層変形シミュレータによる地層変形評価に不可欠なメタンハイドレート濃集域の貯留層モデルを構築するために、海洋産出試験事前掘削コアの層分析、断層のパラメータ評価、地層の不均質性の評価を行い、貯留層モデルを開発する。「生産モデルの開発」においては、コア試験によるメタンハイドレート層の力学パラメータ取得の継続や坑井の健全性評価のための接触面強度に関する室内実験や数値解析を行うと共に、メタンハイドレート貯留層の圧密変形・強度特性、生産時の地層内応力分布等を扱うことが可能な地層変形シミュレータを高度化する。さらに、同シミュレータを用いて、第一回海洋産出試験の出砂挙動、圧密変形挙動などの検証を実施する。「物理特性の解析」においては、高圧・低温環境下にある生産坑井内での気液二相流の流動特性の解析を行うと共に、実環境条件におけるメタンハイドレートの再生成について解析を実施する。また、地層内でのメタンハイドレート再生成の評価に必要なメタンハイドレート層の熱特性の評価を行う。

ガスハイドレートの物理的特性を利用し、メタンハイドレート資源開発の経済性向上と新たな産業技術の創出を目指す機能活用技術においては、天然ガスの省エネルギー輸送・貯蔵プロセスを開発するため、天然ガスハイドレート (NGH) 輸送用ペレットの成型条件や搬送条件を設計するための力学特性を実験によって解析し評価する。また、ヒートポンプ用の実用化レベルの新規冷熱媒体を開発するために混合ガスハイドレートの生成・解離条件に関する実験的探索を行う。さらに、セミクラスレートハイドレートを利用したガス分離・精製技術の開発を行い、産業界と連携した実証試験を実施する。

メタンハイドレート研究アライアンス事業においては、メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する連携を行う7企業10大学からなる「生産手法開発グループ」および機能活用技術の工業化に関心の高い9企業と4大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、企業に対する技術移転、大学人材の育成を通じ工業化を促進するほか、国民・社会との対話事業として、実験教室、出前講座、講演会、定例シンポジウムなどを開催する。これらの事業によって、当センターがメタンハイドレート研究のプラットフォームとなることを目指す。

発表：誌上発表43件、口頭発表85件、その他10件

生産技術開発チーム

(Production Technology Team)

研究チーム長：長尾 二郎

(北海道センター)

概要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産において、高い生産性と回収率を確保するための生産手法、生産増進法の開発を実施している。具体的には、持続的な天然ガス生産性評価の一環として、新たに開発した生産増進法である強減圧法について、大型室内試験ならびに生産性評価シミュレータを用いて、増進効果の定量的評価を実施している。また、貯留層モデルの高度化においては、海洋産出試験地の圧力コア解析を継続して行い、包接ガス成分・組成、浸透率などの分析結果を貯留層モデル構築に適用している。一方、液化天然ガスに代わる新たな省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵媒体としてのガスハイドレート利用促進を目的に、自己保存性等ガスハイドレート特有の現象の発現機構の解明や新たな分解制御技術開発等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

貯留層特性解析チーム

(Reservoir Modeling Team)

研究チーム長：皆川 秀紀

(北海道センター)

概要：

メタンハイドレート濃集域の貯留層モデルを構築するため、メタンハイドレート胚胎層の分析、断層パラメータの評価、地層の不均質性の評価を行い、三次元貯留層モデルの開発を実施している。メタンハイドレート胚胎地域の地層の力学特性・浸透率特性に関する貯留層パラメータの取得と構成式の構築を目的として、採取された天然堆積物の堆積構造の記載および堆積物の物性分析（粒度分布、粒子密度、主要鉱物組成）とそれらの情報に関するデータベース作成を行っている。さらに、地層中に内在する不均質性と断層等による不連続性を考慮した三次元貯留層モデルの開発、メタンハイドレート貯留層からの天然ガスの増進回収法の開発、CMR 検層の高度解析技術解析の他、高圧条件下でのメタン生成菌のメタン生成能の評価等を実施している。これらの研究を産総研内外の研究機関と連携しながら進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

生産モデル解析チーム

(Reservoir Simulator Team)

研究チーム長：天満 則夫

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産においては、安全で安定な生産を実現するための地層変形や応力分布を数値的に解析する手法が不可欠である。メタンハイドレート貯留層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するために、圧力コアや模擬コア等を用いてメタンハイドレート層に係る強度等の力学パラメータを継続して取得するとともに、新たに圧力を保持した状態で、三軸試験が可能となる可視化型の力学試験機を導入し、より確度の高い力学パラメータの取得を進め、開発中の地層変形シミュレータの解析精度の向上を図っている。坑井にかかる応力を評価するために室内貫入試験を行い、坑井の健全性評価に必要なケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面強度等の実験データの取得や接触面における力学挙動解明のための数値解析を行っている。また、生産挙動を高い精度で予測・解析する生産性・生産挙動評価技術の開発では、詳細な現場データに基づく数値解析モデルと等価な解析結果が得られるようなアップスケーリング手法の開発を行い、計算負荷の軽減が可能となる数値モデルの最適な分割手法等のシミュレータ機能の強化に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 1

物理特性解析チーム

(Physical Property Analyses Team)

研究チーム長：山本 佳孝

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート資源の開発における生産障害対策・抑制技術として、メタンハイドレート再生成過程を含む気液固三相流れのシミュレーションのための物性データ取得、ハイドレートの膜厚・成長速度等を予測可能なモデルの構築等を行っている。また、細粒成分を含む系におけるメタンハイドレート生成・分解過程解明のため、泥水成分や塩類の生成・分解反応に与える影響等を解析している。さらに、砂、ガス、水、メタンハイドレートが共存する系での熱伝導率を測定し、生産時の熱伝導率モデルを開発している。坑井周辺のスキニング問題に対しては、多相流数値モデルを用いて多孔質内における細粒砂の移流・蓄積によるスキニング形成過程の解明および対策技術の開発を行っている。ガスハイドレートの機能活用技術として、ガスハイドレートの熱交換媒体としての利用を目的とした、各種ハイドレートの相平衡、相転移潜熱、ケージ占有率について、実測及び統計熱力学的モデルによる推算等による検討を行っている。また、ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究、ハイドレートを固定相とするガスクロマト分離・分析技術等の研究を国内外の大学・企業と協力して行

っている。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2

【テーマ題目 1】メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する研究開発

【研究代表者】 成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

【研究担当者】 海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、

神 裕介、今野 義浩、木田 真人、

皆川 秀紀、江川 浩輔、宮崎 晋行

(兼務)、米田 純、山本 佳孝、

室町 実大、清野 文雄 (兼務)、

小笠原 啓一 (兼務)、前川 竜男 (兼

務) (常勤職員15名、他41名)

【研究内容】

メタンハイドレート資源から天然ガスを安定かつ経済的に採収する効率的な生産手法を開発するための生産技術の開発、貯留層特性の評価および生産モデルの開発を実施すると共に、外部機関などとの連携を促進し、新たなイノベーションを創出するためのメタンハイドレート研究アライアンス事業を行った。

減圧生産法の生産量増進を図るため、強減圧時のガス生産挙動に及ぼす減圧スケジュールの影響を大型室内産出試験設備による実験から解析し、通常減圧から強減圧へ連続的に減圧した場合に、ガス生産性の低下が緩和されることを確認し、強減圧生産法の有効性を検証した。また、海洋産出試験地の事前掘削コアの分析を行い、原位置と同程度のハイドレートを含有するコアの初期水有効浸透率を測定し、生産挙動解析に資する貯留層特性を取得した。生産障害の解析については、ハイドレート再生成のモデル化を行うために、含水比によって孔隙内のハイドレート生成がどのように変化するか赤外分光法を用いて検討した結果、含水比によっては生成挙動が異なることを明らかにした。細流砂移流蓄積による浸透率低下については、海洋産出試験地にてコアリングされた事前掘削コアの分析からハイドレート飽和率が高い砂泥互層では、生産によって流れると考えられる細粒分量を評価し、細流成分量とハイドレート飽和率との関係についても明らかにした。また、海洋産出試験地の圧力コア解析を継続して行い、生産ガス量に影響するハイドレート結晶のガス包蔵性、包接ガス成分・組成、天然ガスの成因などを明らかにした。さらに、第一回海洋産出試験事前調査井掘削コア試料の熱伝導率を原位置条件に準拠した温度・圧力条件で測定した結果、初期は並列モデルに近い値をとるが分解が進むと共に大きく低下し分散モデルの推算値へ推移した。長期安定生産のためには、生産井内におけるハイドレートの再生成による坑内流動障害を解析する必要がある。このため、ハイドレートスラリーの流動特性を解析する装置を考案・製作し、圧力・温度条件、流速、ハイドレート物性と再生成挙動、付

着・凝集挙動の関係を明らかにした。貯留層特性の評価では、生産挙動に大きな影響を与えると考えられる断層面の物性や浸透率を実験的に解析した。メタンハイドレートが胚胎する砂層を模擬した珪砂試料について、広範な垂直応力下で大変位せん断試験を行い、供試体内に模擬断層を作成し、その物性などを解析した結果、孔隙率は有効垂直応力が大きいほど低下し、それに伴い浸透率も低下することを明らかにした。浸透率 k と孔隙率 ϕ の関係について、2つの有効垂直応力範囲におけるそれぞれの関係式を得た。また、せん断後供試体からの採取試料に対する粒度試験結果より、高い有効垂直応力では著しい破碎により粘土・シルトの粒径まで細粒化したことが認められたほか、電子顕微鏡によるせん断層の微細構造観察により、孔隙の産状がせん断時の有効垂直応力によって異なることが分かった。

生産時の海底地盤の変形および坑井の健全性評価の解析精度向上のため、メタンハイドレート層の力学パラメータを実験的に継続して取得した。新たに圧力を保持した状態で力学試験が可能となる可視化型の三軸試験装置を導入し、天然コアの圧力を減ずることなく力学試験を行い、貯留層のより確度の高い力学パラメータの取得を行った。また、コアの試験結果を用いてメタンハイドレート飽和率を係数とした弾塑性パラメータを取り扱えるように改良し、地層変形シミュレータの精度向上を図った。さらに、坑井にかかる応力を評価するために、ケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面のさらなる実験データ取得や数値解析を行うとともに、海洋産出試験で使用したグラベルバックの設計条件を整理するために、坑井周辺の応力分布や地層変形に関して解析を行い、使用したグラベルサンドが移動した可能性を示した。地層の圧密による浸透率低下モデル式を組み込んだ地層変形シミュレータを用い、浸透率低下モデル式のフィールドスケールでの動作確認を行うとともに、生産挙動シミュレータへの組み込み法を提案した。

メタンハイドレート研究アライアンス事業において、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および進捗状況検討会を開催した。また、大学研修生受入れ20件、企業への技術移転11件等の人材育成を行ったほか、実験教室開催10回、依頼執筆12件、依頼・招待講演30件、14件の取材対応等を通じ、国民との対話を推進した。加えて、メタンハイドレート研究に関する4回の講演会を開催したほか、国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した第5回メタンハイドレート総合シンポジウムを開催した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 メタンハイドレート、貯留層特性、生産シミュレータ、地層変形シミュレータ、エネルギー効率、天然ガス、生産技術、原位置計測技術、熱特性、力学特性、圧密特性、相対浸透率、流動障害

【テーマ題目2】 ガスハイドレート機能活用技術の開発

【研究代表者】 成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

【研究担当者】 海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、

木田 真人、皆川 秀紀、宮崎 晋行

(兼務)、山本 佳孝、室町 実大、

清野 文雄 (兼務)、小笠原 啓一 (兼

務)、前川 竜男 (兼務)

(常勤職員11名、他5名)

【研究内容】

ガスハイドレートは、水分子で構成される籠状構造の中にガス分子を包みこんだ低温・高圧下で安定な固体物質であり、高いガス包蔵性、大きな生成・融解潜熱、高い温度・圧力応答性、高い反応選択性を有する等の機能的特徴を持っている。これらの物理的な性質を活用した工業技術を創出するために、ガスハイドレートおよびセミクラスレートハイドレート (準包接水和物) を利用した天然ガス輸送・貯蔵技術の開発、効率的熱媒体の開発およびガス分離技術の開発を行った。

ガスハイドレートによる省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵技術においては、ガスハイドレートをより高温・低圧で分解抑制するための被覆方法を検討し、メタンハイドレートを氷点下で圧力成形することにより、メタンハイドレートの分解をより高温まで制御可能とした。

超音波霧化法による低温低圧ハイドレート生成においては、生成率の経時変化を測定し、CO₂分子の拡散に基づく生成速度モデルにより解析した。今年度は、反応後期での反応率低下の要因について、伝熱および力学的な観点から考察を行った。生成熱による生成阻害の影響を伝熱モデルにより見積もったところ、生成速度を低下させる効果があることが分かった。力学特性の評価では、生成に伴う膨張圧と降伏応力の関係式を導出し、生成速度への影響を検討した。膨張圧の値は未知であるが、ハイドレートの応力に比べて十分大きいと予想されるため、生成阻害要因としての可能性は小さいと考えられた。反応生成物の体積膨張による粒子間のCO₂ガス圧の低下が挙げられる。これについては次年度以降検討する予定である。四級アンモニウム塩 (TBAB) のハイドレートを固定相とするクロマトグラフィーの溶出特性を検討した。また、ハイドレートクロマト装置の設計に取り組んだ。東京大学、計測フロンティア部門と連携し、ハイドレート冷熱を用いた農工融合に関する共同研究を実施した。

ガス分離技術の開発においては、ガスハイドレートの選択的なガス包蔵特性を利用して、硫化水素、CO₂等のガスを分離するための研究開発を行った。ガスハイドレートと類似な水分子から成る籠状結晶構造を持ち、四級アンモニウム塩等を包接するセミクラスレートハイドレートは、常温、常圧で安定である。本研究開発では、このセミクラスレートハイドレートの中空の籠状構造に、特定のガス種を選択的に取り込ませることにより、常温、

常圧でガス分離を行うものである。本年度は、ハイドレートを利用した潜熱蓄冷熱技術の開発に実績を有する民間企業と、セミクラスレートハイドレートによる排ガスからの CO₂分離効率の向上を目的に、ハイドレートのスラリー溶液を用いることなくガス吸収を促進する手法を評価した。また、CO₂と CH₄の分離に適したセミクラスレートハイドレート生成剤について実験的な検討を行った。

セミクラスレートハイドレートの潜熱を利用した冷熱技術の開発においては、新規冷熱媒体となる生成剤の開発を行った。その他、効率的にガスを包蔵するセミクラスレートハイドレートの結晶構造の解明、生分解性の高いセミクラスレートハイドレート生成剤の開発などを行った。

さらに、メタンハイドレート研究アライアンス事業の一部として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか、講演会を開催し、産総研成果の発信、調査情報の共有等を行い、連携を促進した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ガスハイドレート、セミクラスレートハイドレート、天然ガス輸送、天然ガス貯蔵、自己保存効果、炭酸ガス分離、硫化水素分離、冷凍システム、ヒートポンプ、TBAB、THF

④【コンパクト化学システム研究センター】

(Research Center for Compact Chemical System)

(存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31)

研究センター長：花岡 隆昌

副研究センター長：角田 達朗

所在地：東北センター

人員：27名 (27名)

経費：596,397千円 (356,650千円)

概要：

本研究センターは、化学産業分野に求められている、グリーン・サステナブル・ケミストリー (GSC) の実現により、大量消費・廃棄型のシステムを脱し、産業の省エネルギー化と環境負荷削減に貢献することを重要な目標としている。また、電子部品・機械生産等の「ものづくり産業」を中核とする東北地域の、地域産業競争力強化に役割を果たす。

また、本研究センターでは「持続可能社会の構築」につながる、産業からの環境負荷低減を実現するため、化学産業のプロセスイノベーションとコンパクトでシンプルな生産システム確立をミッションとし、さらに、GSC 技術の他産業への適用により、東北地域のもの

づくり産業の低環境負荷化 (グリーン化) への貢献を目指す。

上記を実現するため、(1) 高温高压マイクロ化学エンジニアリングシステム技術の開発、(2) 無機材料プロセス技術の開発、(3) 融合的反応場技術の開発、の3つをコア技術とし、技術の高度化と社会への成果還元を目指している。また、“本格研究”推進のため、コア技術間の有機的な連携・産総研内外の異分野技術との融合を進めた。特に、外部機関とはコンソーシアム活動等を活用し、研究シーズと産業におけるニーズとのマッチング、社会への技術移転加速を促進した。

1) 高温高压マイクロ化学エンジニアリングシステム技術の開発：化学反応プロセスの環境負荷低減に向け、高温高压状態を利用した化学プロセスは、難反応性原料の利用や特異的な反応選択性に有利であり、反応時間の大幅な短縮、生成物分離の簡素化効果が大きいため、重点的に取り組んだ。具体的には、有機溶媒に替えて高温高压の水や二酸化炭素、イオン液体等の特殊環境場を利用した合成反応プロセスや分離プロセス、これらの状態に適した触媒の開発、材料製造技術の開発に取り組んできた。さらに、プロセス開発の基盤となる、各種のデバイス開発とエンジニアリング技術に取り組んだ。

上記のエンジニアリング技術は、化学産業のみならず様々な産業における環境負荷低減に寄与できる。例えば二酸化炭素塗装技術は、連携企業による製品化のための技術移転を実現した。それ以外にも、当該技術は、材料の塗布技術、コーティング、印刷、紡糸等の各種のものづくり産業において、有機溶媒の大幅使用削減や工程の簡素化、エネルギー消費削減に大きな効果があることから、技術の確立と技術移転を推し進めた。

2) 無機材料プロセス技術の開発：化学プロセスのグリーン化技術開発では、無機多孔質材料や無機層状物質は大きな役割を果たす。特に、触媒や環境浄化材料、吸着・分離材料等、また、高温や有機薬品等に暴露される部位の材料として有効である。

本研究センターでは、新規な無機材料として、粘土膜の利用技術の開発に大きな成果を挙げ、また、層状化合物やゼオライト、多孔体材料等のシリケート材料を中心とした材料創製・評価・機能化・部材化技術の研究開発にも成果を挙げてきた。粘土膜等の製品開発段階にある材料については、企業との共同研究により技術移転を積極的に進め、コンソーシアムを活用して効率的に新たな製品化を推進した。

また、シリケート材料の合成・構造解析技術を活用して、新規な多孔質材料等の創出とそれを利用する分離膜等の部材、無機・バイオハイブリッド材料の開発を行い、プロセスへの適用を進めた。さらに、これら材料の持つ場の特性を利用し、様々な分子や

イオン認識機能を高度化して計測手法へ適用するとともに、マイクロ波等の特殊環境場を利用した材料製造技術開発、材料の複合化に取り組んだ。開発材料については、耐高温高压材料、バイオプロセス材料、膜分離材料、触媒反応材料等へと発展させ、他の重点研究課題と協奏的に発展させた。この他、無機材料の特質を生かし、機能性材料への応用をユニット外部のポテンシャルとも連携して実施した。

3) 融合的反応場技術の開発：長期的な産業競争力強化のためには、技術の融合による次世代型反応プロセスの開発が必要であり、大きな環境負荷低減が実現すると考える。このため、各種技術及び高温高压技術や材料技術による複合型の反応場利用技術を開発する。特に、複合的反応場や触媒を利用する反応プロセスのシステム化を重点的に進めた。

具体的には、触媒反応技術を中心とした水・二酸化炭素媒体と触媒開発による新規な反応系の開発や、マイクロリアクターや小型マイクロ波装置・膜型反応器と触媒反応の融合技術開発を行った。また、無機材料やプロセス技術と融合したバイオ触媒技術、シミュレーション技術等を融合した研究開発やイオン流体を用いた複合的なガス分離技術開発を進め、低環境負荷型の化学プロセス提案を目指した。

内部資金：

運営費交付金 融合・連携推進／戦略「超ハイブリッド微粒子製造プロセスの工業技術確立と二酸化炭素霧化技術との融合」

外部資金：

経済産業省 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）「高压二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「ソルボサーマル合成による新規アルミノシリケートの創出・制御と触媒応用に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金「木材資源（セルロース）から高分子原料を製造するための触媒反応技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「一細胞ゲノム解析へ向けた高性能 DNA 増幅マイクロチップの開発」

文部科学省 科学研究費補助金「セルロースから化学品への直接合成を実現する環境調和型触媒反応システムの構築」

文部科学省 科学研究費補助金「ppb レベルのナノ薄膜試験紙、実用化のための基盤技術の深化と環境試料による評価」

文部科学省 科学研究費補助金「イオン液体中に形成される特異な溶媒和構造と自由エネルギー描像」

独立行政法人 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（先端的低炭素化技術開発 ALCA）「反応性イオン液体の CO₂ 吸収機構解明」

独立行政法人 科学技術振興機構復興促進センター 平成25年度研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）ハイリスク挑戦タイプ（復興促進型）「エネルギー集中型マイクロ波照射装置による微粒子表面の局所加熱効果を用いた高効率顔料表面改質プロセスと機能性顔料の実用化開発」

独立行政法人 科学技術振興機構復興促進センター 平成25年度研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）ハイリスク挑戦タイプ（復興促進型）「希釈溶剤代替として高压 CO₂ を用いた低環境負荷型建設機械塗装技術の実証研究」

独立行政法人 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「木質バイオマスの全炭素成分有効利用を目指した触媒化学変換技術の開拓」

発表：誌上発表78件、口頭発表135件、その他18件

コンパクトシステムエンジニアリングチーム
(Compact System Engineering Team)

研究チーム長：花岡 隆昌

(東北センター)

概要：

コンパクトシステムエンジニアリングチームは、特殊反応場（超臨界流体、高温高压流体、イオン液体等）を利用した低環境負荷、シンプル、コンパクトで高効率、高選択的な物質合成技術を開発するとともに、高压マイクロデバイス技術の開発や、熱や流体の高度な数値解析技術をベースとして、分散適量生産が可能なコンパクト化学プロセスを工業化技術として確立することを目的としている。また、本チームは産総研における関連分野のエンジニアリング拠点として機能することを目指している。

高温高压エンジニアリング技術として、低粘度から極めて高粘度の流体を対象とできるマイクロデバイスを開発し、各種マイクロ化学プロセスへの適用を図っている。二酸化炭素を用いた粘度低減・霧化技術による革新的な塗装プロセスや最先端ものづくり技術の開

発、高圧二酸化炭素を利用した樹脂加工技術の開発、高温高圧水による金属酸化ナノ粒子合成の体系化を行っている。さらに、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発とその特性評価及びイオン液体の新規分野の開拓を実施している。

研究テーマ：高温高圧エンジニアリング技術の開発、水・CO₂を媒体とした脱有機溶媒型製造プロセスの開発、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスやガス空調システムの開発

触媒反応チーム

(Catalysis Team)

研究チーム長：花岡 隆昌

(東北センター)

概要：

触媒反応チームでは、水や二酸化炭素の高温高圧場等を利用することで、有害な化学物質の使用を極力抑え、有害廃棄物の排出を最小化し、かつ省エネルギー型の有用化学物質合成法の確立を目指し、固体触媒表面上での反応挙動をその場観察する基礎的研究から、新規な触媒や反応器の開発、そして化学プロセス開発といった製品化研究まで行っている。

具体的には、1)超臨界二酸化炭素溶媒と固体触媒を利用する多相系システムにより、医薬品中間体や化成品原料の合成反応について検討を行っている。このシステムでは、これまでの液相系や有機溶媒利用プロセスに対して、反応の高速化とそれに伴う反応温度の低下、装置のコンパクト化、生成物分離工程簡略化、触媒寿命向上等の特長を有する。2)高温水や超臨界水を用いる化成品原料製造システムでは、種々のバイオマス由来物や廃棄物から有用化学物質への変換やガス化技術、さらに、プラスチック等高分子のケミカルリサイクル研究を実施した。バイオマスに含まれるセルロース、ヘミセルロース、リグニンを有用化学物質へ変換する研究を実施している。以上の研究を中心に、その場観察する基礎的研究から、高機能触媒開発や新たな反応系の開拓を行い、触媒反応プロセスの実用化を目指している。

研究テーマ：超臨界二酸化炭素を利用する固体触媒反応、高温水を利用する触媒反応

化学プロセス強化チーム

(Chemical Process Intensification Team)

研究チーム長：宮沢 哲

(東北センター)

概要：

化学プロセス強化チームでは、持続可能な社会の実現に向けた環境負荷を低減するための新規な反応場であるマイクロリアクター技術、マイクロ波利用技術を用いた

用いた化学品製造プロセスおよび省エネ機能部材の開発を行っている。

1) マイクロ波装置技術の高度化に関する研究

各種装置への組込を指向したマイクロ波照射に必要な発信器、共振器、チューナー等のコンパクト化ならびにマイクロ波を利用した化学反応場の計測技術に関する研究を展開している。

2) マイクロ波加熱を利用した機能性材料創製に関する研究

マイクロ波の特徴である選択加熱を利用した反応場設計とこれを利用したハイスループットな省エネ機能部材の開発を行っている。省エネ機能部材として貴金属ナノ粒子、有機-無機ハイブリッド材料、光応答性材料等を開発ならびに大学、企業等との連携を通じた実用化開発にも積極的に取り組んでいる。

3) マイクロリアクターを利用した製造技術に関する研究

マイクロリアクターの特徴である精密な混合・温度制御を利用して有機アルミニウム等の危険性の高い化学薬品を安全に取り扱い可能な合成プロセスの構築に取り組んでいる。

研究テーマ：マイクロ波装置技術の高度化に関する研究、マイクロ波加熱を利用した機能性材料創製に関する研究、マイクロリアクターを利用した材料創製に関する研究

有機材料合成チーム

(Organic Material Synthesis Team)

研究チーム長：川波 肇

(東北センター)

概要：

有機材料合成チームでは、今まで蓄積してきた高温高圧技術とマイクロ空間技術を主とした、様々な有機化合物や有機材料を合成する基盤技術を用いて、社会（主に化学産業）ニーズに柔軟に対応しながら、求め期待される各種有機化合物合成等を通じ、これらの合成プロセス技術の高度化を図り、モノづくり産業の低環境負荷に貢献、更に新たなグリーンイノベーションを引き起こすことを目指している。

具体的には、マイクロ反応場と高温高圧水との協奏による、有機溶媒を限りなく排除した水中でのクロスカップリングや縮合反応等の有機合成プロセスや、粒径が高度に制御された有機ナノ粒子合成法等の研究・開発を行っている。また超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸化還元、特に金属ナノ粒子担持メソポーラスシリカ触媒による還元法を行い、各種化成品の還元だけではなく、バイオマス由来の化合物変換技術等へも応用している。

研究テーマ：高温高圧技術およびマイクロリアクター技術を駆使した水や二酸化炭素を媒体とする

連続的有機合成・材料合成技術の開発、マイクロリアクター技術を用いたポリマー微粒子合成技術の展開

機能性ナノポーラス材料チーム

(Functional Nano-porous Materials Team)

研究チーム長：佐藤 剛一

(東北センター)

概要：

機能性ナノポーラス材料チームでは、低環境負荷でコンパクトな化学システムの実現に向けて、高度な分子認識能、吸脱着機能、触媒機能、分離機能等を持つ新規材料の開発と解析、膜化等の部材化やモジュール化の技術開発を行ってきた。

材料創成では、ナノメートルサイズの空間や規則構造を持つゼオライト、メソポーラス物質、層状化合物など、幅広い多孔質材料を対象とし、マイクロ・ナノ構造、材料物性や機能を詳細に解明することで、高性能なナノ空間材料の設計と合成法を開発している。同時に、機能性有機分子等との複合材料開発や高機能膜部材の開発等を目指している。

また、材料利用では、ポーラス構造を活用した化学反应用触媒、膜部材の気相・液相での選択的分離精製や環境浄化利用、膜触媒によるメンブレンリアクター等への応用を進めている。

研究テーマ：多孔質無機材料の開発、マイクロ・ナノ構造や材料物性の解明技術の開発、高度複合化機能性材料の開発、機能化多孔質材料の部材化と応用分野開拓

先進機能材料チーム

(Advanced Functional Materials Team)

研究チーム長：蛭名 武雄

(東北センター)

概要：

先進機能材料チームでは、様々な素材から機能性材料を効率的に作製する材料プロセス技術並びに材料機能の応用開発に取り組んでいる。

具体的には、超臨界水を利用した酸化物ナノ結晶の合成（高速晶析反応）、水熱プロセスによる無機材料の合成、層状粘土鉱物の水への分散と積層化による粘土膜の作製及びその応用を、プロセス技術開発並びに新材料開発のターゲットとしている。

環境負荷の小さい材料製造プロセスを実現するため、媒体として“水”の利用を積極的に行っている。また、原料の選択においても天然鉱物資源、バイオマス等の低環境負荷資源の利用を重視している。

材料機能の応用例として、1) ナノ粒子合成を基礎とする蛍光体や導電性ペーストの開発、2) 高選択性イオン分離材の合成、3) 粘土素材を利用したシート材製造

及び太陽電池部材への応用、4) 無機有機複合構造を有する機能化膜、等がある。

材料の作製プロセスの要素技術を押さえ、技術移転の基礎を固める。他チームや外部との連携により、膜、触媒、等への応用展開のシナリオの明確化に取り組んだ。特に、低炭素社会の実現に寄与する用途等への展開に取り組んでいる。また、東北地域の企業との連携に基づく産業振興に努めた。

研究テーマ：ナノ粒子合成を基礎とする機能材料の開発、高選択イオン分離、機能性粘土膜の開発と実用展開に関する研究

無機生体機能集積チーム

(Bio-Inorganic Materials Property Integration Team)

研究チーム長：角田 達朗

(東北センター)

概要：

無機生体機能集積チームでは、低環境負荷で高効率な化学プロセスを実現するため、生体高分子材料、特に、酵素の特性・機能の積極的な利用を実現するため、無機多孔質材料との複合化を中心に融合領域における技術開発を行っている。

1) 生体高分子と無機材料との複合化による新規機能発現とその利用

タンパク質等の生体高分子と無機多孔質体をはじめとする無機材料との組み合わせにより、酵素の高度利用、酵素リアクターの開発、酵素機能を利用したセンサー等のデバイス開発、およびエネルギー変換技術の開発等、新規機能発現とその利用を積極的に展開している。

2) 機能融合材料設計技術の開発

多孔質材料が有する特異空間と酵素などの生体高分子とを組み合わせた双方の機能集積による新機能創出とその利用の研究を材料開発面から支える、部材開発を行う。無機多孔質材料と生体高分子の機能集積により発現する機能を利用した化学システムの開発のために、重要となる生体高分子の担体としての多孔質材料について、目的に応じたマイクロ及びメソポーラス材料を設計・合成・評価し、さらには各種表面処理等を行うことで、分離膜部材、生体分子等の固定化材料、マイクロリアクター部材等として利用可能とするための技術開発を実施する。

3) タンパク質のリフォールディング技術の確立

大腸菌発現系等により産生されたタンパク質において、しばしば問題となる封入体形成を解決するため、タンパク質の可溶化、機能回復法として有効なゼオライトを用いた手法の技術的確立、技術の質的向上、最適化、適用例の蓄積を目指している。

研究テーマ：生体高分子と無機材料との複合化による新

規機能発現とその利用、機能融合材料設計技術の開発、タンパク質のリフォールディング技術の確立酵素利用反応プロセスの開発

【テーマ題目1】高温高圧マイクロ化学システムエンジニアリング技術の開発

【研究代表者】 花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】 花岡 隆昌、川波 肇、相澤 崇史、増田 善雄、川崎 慎一朗、石坂 孝之、永翁 龍一、藤井 達也、畑田 清隆、鈴木 敏重、横山 敏郎、Chatterjee Maya、大川原 竜人、小川 佳代子、石田 憲士、櫻井 優子、八重嶋 早枝子、菅野いづみ、周 励民、山下 麻未、藤山 仁美（常勤職員8名、他13名）

【研究内容】

高圧二酸化炭素を利用し、スプレー塗装におけるVOC排出を大幅に抑制する技術を開発してきた。本技術（CAT：CO₂ Atomizing Technology）は、薄膜コーティングや微粒子製造等の高粘性の有機物を扱うモノづくり工程に広く応用が可能である。また、二酸化炭素有機溶媒代替として環境負荷の低減とプロセスの高効率化を提案するものであり、様々な噴霧試験に対応できるよう基盤的利用施設の整備を進めた結果、多数の民間企業との共同研究の加速的な実施につながった。

さらに、高温高圧水とマイクロリアクター技術を融合した新規な化学プロセスに対応できる装置を開発した。この反応装置により、様々な有機合成反応が水を媒体として実現でき、同時に従来に比べ装置の大幅な小型化と省エネ化が達成されることを示し、多くの共同研究につながった。また、燃料電池触媒等に応用する金属微粒子の高速高効率な連続合成技術を開発してきた。例えば、多段マイクロ合成技術を駆使した金、白金等のコア・シェル金属微粒子、ポリマー（ポリイミド）微粒子への応用に発展させ、新しい材料の製造方法として提案した。また、高圧二酸化炭素を利用したプラスチックの加工技術について、公設研との連携により取り組み、基盤的な可能性を実証した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高温高圧、マイクロリアクター、マイクロデバイス、超臨界水、超臨界二酸化炭素、脱有機溶媒、流体特性、反応場観測、反応場制御、有機合成

【テーマ題目2】無機材料プロセス技術の開発

【研究代表者】 花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】 花岡 隆昌、角田 達朗、蛭名 武雄、林 拓道、和久井 喜人、中村 考志、清住 嘉道、長瀬 多加子、池田 拓史、長谷川 泰久、鈴木 麻実、庄司 絵梨子、岩田 伸一、志村 瑞己、夏井 真由美、阿部 千枝、外門 恵美子、田中 理枝（常勤職員10名、他7名）

【研究内容】

化学プロセスのグリーン化やシンプル化技術の開発では、無機多孔質材料や無機層状物質は大きな役割を果たしてきた。特に、触媒や環境浄化材料、吸着・分離材料等として用いられ、また、高温や有機薬品等に暴露される部位の材料として使用されている。

粘土を主成分とする新しい膜材料「クレースト」は、高いガスバリア性や耐熱性、不燃性を持つため、次世代シート材としての利用が期待される。これまでに用途としての展開として、i) 透明耐熱材の開発、ii) クレーストのガスバリア層を含む燃料電池車用水素タンクの作製、iii) 薄膜太陽電池等次世代電子デバイスに使用可能な超水蒸気バリア膜に展開してきた。さらに、原料粘土の低コスト生産方法を検討した。また、ユーザー企業との連携を目指した体制（Clayteam コンソーシアム）による技術移転を促進している。

ナノメートルサイズの空間や、規則構造を持つ無機材料の合成、構成元素の特性を生かした機能化、様々な分子の特性を生かした複合化により高度の分子認識触媒機能、分離機能等を付与した材料の利用では、膜部材化による気相・液相での選択的分離精製、環境浄化・殺菌、高性能触媒への応用を進めた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 粘土膜、高温シール材、ガスバリア、水素タンク、粘土膜、耐熱性、難燃性、ゼオライト、水熱合成、パラジウム膜、ゼオライト膜、メンブレンリアクター、膜反応、分離機能、膜透過機能、層状珪酸塩、構造解析

【テーマ題目3】融合的反応場技術の開発

【研究代表者】 花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】 花岡 隆昌、金久保 光央、牧野 貴至、白井 誠之、佐藤 修、三村 直樹、宮沢 哲、佐藤 剛一、西岡 将輝、日吉 範人、山口 有朋、角田 達朗、伊藤 徹二、松浦 俊一、新妻 依利子、宮川 正人、村松 なつみ、靱山 愛、松浦 和佳子、佐藤 恭子、村上 由香、外門 恵美子、千葉 真奈美、丹野 美香、竹下 香織

(常勤職員14名、他11名)

【研究内容】

産業競争力強化のためには、技術の融合による次世代型反応プロセスの開発が必要であり、それにより大きな環境負荷低減が実現する。このため、高温高压技術やそれによる特殊環境、新材料との融合による複合型反応場を利用した反応システムを開発してきた。

具体的には、水・二酸化炭素媒体、高温高压場と触媒の最適融合による新規な反応システムの開発や、小型マイクロ波装置・膜型反応器と触媒反応との融合による新規反応場の開発と利用技術の研究を行った。特に、再生可能原料としてのバイオマスを原料とした変換反応において、高温水反応の適用の有効性を実証することができた。また、無機材料と生体高分子並びにプロセス技術とを融合したバイオ触媒技術に取り組んだ。例えば、酵素等の生体高分子を無機多孔質材料のナノ空間に固定することにより、酵素の立体構造、熱的、機械的な安定性を飛躍的に向上させ、酵素の高い特異性を高度に利用してきた。また、不揮発・難燃性のイオン液体を特徴的な反応場としたガス吸収再生システムの開発を進め、低環境負荷型のプロセスの提案を行い、プロジェクトの中心技術として研究開発を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】無機-バイオ複合、タンパク質リフォールディング、固定化酵素、酵素センサー、イオン性流体、二酸化炭素分離、マイクロ波、マイクロ波反応場、ナノ粒子、固体触媒

⑤【先進パワーエレクトロニクス研究センター】

(Advanced Power Electronics Research Center)

(存続期間：2010. 4. 1～2018. 3. 31)

研究センター長：奥村 元

副研究センター長：山口 浩、坂本 邦博

所在地：つくば中央第2、つくば西

人員：25名(25名)

経費：2,346,774千円(920,033千円)

概要：

21世紀社会におけるエネルギー流、情報流、物流における電力エネルギーの重要性は今後ますます増大していく。電力エネルギーの有効利用は、省エネルギー、新産業創出によるトリレンマ解決のキーである。産総研発足時から一貫して行われてきたパワーエレクトロニクスに関する革新的な技術開発をミッションとする当研究センターは、エネルギーの最も合理的な利用形態である電力エネルギーにおける省エネルギー技術および新エネルギーの大量導入のための高効率電力変換

技術等、大容量から小容量までの電力エネルギー制御・有効利用のための半導体エレクトロニクス(デバイス/機器応用)の実証と確立を目指す。

特に、過負荷耐性などの極限仕様への対応が期待されるSiCやGaNなどのワイドギャップ半導体デバイス/システムの電力エネルギー制御への活用を中心課題に据えるとともに、それらによるパワーエレクトロニクス技術の革新、大/中/小の各容量における電力エネルギーのネットワーク化運用・制御の実現を念頭に、エネルギーエレクトロニクス領域への展開を図る。その目標の達成のために、ウェハプロセス、エピタキシャル成長、SiCパワーデバイス、SiCデバイスプロセス、SiCデバイス設計、超高耐圧デバイス、GaNパワーデバイス、パワー回路集積、パワーエレクトロニクス応用チームの9つの研究チームを組織し、有機的な協同体制で上記の新規半導体のデバイス化には不可欠な「結晶-デバイスプロセス-デバイス実証-パワーモジュール化-機器応用」の各段階の技術に関する一環本格研究を強力に推進する。

本年度の研究内容としては、独立行政法人日本学術振興会 最先端研究開発支援(FIRST)プログラム「低炭素社会創成に向けた炭化珪素(SiC)革新パワーエレクトロニクスの研究開発」(平成21～25年度)や技術研究組合を活用したNEDOプロ「新材料パワー半導体」プロジェクト(平成22～26年度)における研究拠点としての活動やSiC電力変換器実証に関する企業との大型共同研究を中心に進めた。また、当研究センターはこれらの複数の大型プロジェクトを実施するため、企業研究者を特定集中研究専門員として積極的に受入れるなど、各種企業と密接な連携のもとに研究開発を遂行するなど、常勤研究員だけでなく、共同研究研究員、併任研究員、ポスドク、補助員等の非常勤職員、各種フェロー、連携大学院生を積極的に活用して研究活動を行い、総勢200名超の組織となっている。

内部資金：

交付金 TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

外部資金：

独立行政法人日本学術振興会 最先端研究開発支援プログラム「低炭素社会創成に向けた炭化珪素(SiC)革新パワーエレクトロニクスの研究開発」

発表：誌上発表74件、口頭発表153件、その他9件

ウェハプロセスチーム

(Wafer Process Team)

研究チーム長：加藤 智久

(つくば西)

概要：

当チームでは、SiC バルク単結晶の伝導度制御技術および溶液法による高品質成長技術、高速高品質ウェハ加工技術の開発を行っている。

ウェハ伝導度の低抵抗化を目的にした昇華法による高ドーパ SiC 単結晶成長技術の開発では、高濃度 p 型領域での 4H 多型安定条件を見だし、低抵抗の p 型高品質ウェハ開発に向けた重要な成果を得た。また、結晶成長条件を変えずとも結晶成長速度を2倍に改善する昇華法用 SiC 原料粉末を開発した。Si 融液を使った SiC 溶液成長技術の開発では、口径拡大成長によって貫通転位密度が大幅に減らせる効果を見だし、口径70mm、厚さ11mm の高品質4H-SiC バルク単結晶を成長した。SiC ウェハ加工技術の開発では、6inch の大口径ウェハにおいて、バルク結晶の切断から仕上げ研磨までの一貫工程を24時間以内に完了可能とする技術的目処をつけた。

研究テーマ：テーマ題目

エピタキシャル成長チーム

(Epitaxial Growth Team)

研究チーム長：児島 一聡

(つくば中央第2、つくば西)

概要：

当チームでは、SiC エピタキシャル薄膜成長技術とその材料評価を中軸に、大口径並びに高速エピタキシャル成長技術の開発とその材料評価の高度化を行い、SiC パワーデバイスの早期普及に資する材料開発を目指すとともに、低オフ角化技術、埋め込みエピ技術、高品質多層厚膜化技術といった SiC デバイスの高機能化に資する新規 SiC 薄膜成長技術の開発を推進している。6インチエピタキシャルウェハでは、2° オフウェハにおいてもみなし成長で膜厚均一性 $\sigma = 1.6\%$ 、濃度均一性 $\sigma = 6.6\%$ 、三角欠陥密度 0.5 個/cm² と 6インチ化に資する結果を得た。また、微傾斜基板を使用することでエピ膜中の BPD を 4インチウェハで 18個と世界最小の数値を達成した。

新規高均一高速エピタキシャル成長技術では高速成長膜 (~110 μ m/h) と厚膜形成 (15~50 μ m) を両立する技術を開発した。

高濃度 P 型厚膜成長では成長後のウェハそりの増大という課題に対して N とのコードープにより P 層の格子定数を制御、n 型層との格子不整合を制御し、ウェハの反りが抑制可能であることを見出した。

トレンチ埋め込みによる SJ 構造形成では、水素エッチングプロセスの併用でボイドの形成を抑制、スペース：1.5~2 μ m、深さ5 μ m のトレンチを3インチほぼ全面で埋め込むことに成功した。

新規評価技術においては KEK において回折計と X 線 CCD カメラによる X 線回折イメージ取得の連動を

行うとともに、画像解析ソフトウェアを導入し、ウェハの2次元評価機構を整備した。

研究テーマ：テーマ題目

SiC パワーデバイスチーム

(SiC Power Device Team)

研究チーム長：田中 保宣

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、本格的実用化へ向けた大面積 SiC パワーデバイスの開発・応用展開を企業・大学との共同研究を通じて進めると共に、次世代高耐圧 (3~5kV)、及び超高耐圧 (>10kV) SiC パワーデバイスの開発を最終目標とした国家プロジェクトを通じて、先進的な SiC パワーデバイスの開発推進を目標としている。また、先進的なプロセス技術の開発にも積極的に挑戦し、SiC パワーデバイスの更なる高性能化を模索している。

平成25年度は、露光高精度合わせ技術、高アスペクト比マスク形成技術等を組み合わせることで、マルチエピタキシャル法により2層 SJ (スーパージャンクション) 構造を実現することに成功し、通常構造の物理限界を超えるオン抵抗を実証することに成功した。また、トレンチ MOSFET を実現するための微細トレンチ形成技術、高品質ゲート絶縁膜形成技術、耐圧構造設計技術等、各種要素技術を高度化した。更には、SiC 静電誘導トランジスタを活用した自動車応用研究を企業との共同研究を通じて推進した。

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイスプロセスチーム

(SiC Device Process Team)

研究チーム長：宮島 將昭

(つくば西)

概要：

当チームでは、SiC デバイスの製造プロセスにおける研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行うことを目的とする。産総研の西事業所5D 棟に SiC 専用のクリーンルームを構築し、プロセス装置の導入、立上げ、および条件出しを行う。25年度の実績としては、装置稼働率向上による月当たりのサンプル処理枚数の増加を図り、24年度に対し1.6倍の処理能力の向上を実現した。更に23年度から計画的に実施していた24時間の連続稼働を行うための付帯設備の増強と体制作りを完了した。

26年5月よりクリーンルームの24時間連続稼働を開始する予定である。これにより従来3ヶ月を必要としていたサンプル作成期間を2ヶ月に短縮する事が可能となり、その結果研究成果を早く出すことはもとより、工程を連続で処理する事で初めてわかる結果を導きだ

せる体制を整える事が出来た。

研究テーマ：テーマ題目

SiC デバイス設計チーム

(SiC Device Design Team)

研究チーム長：大西 泰彦

(つくば西)

概要：

当チームでは、市場より要求される低損失な SiC パワーデバイス、更には高信頼性な SiC パワーデバイスの設計・開発を進め、それらの量産化試作実証を行うことを目的としている。そのため、産総研の西事業所5D 棟にある SiC 専用のクリーンルームを活用し、長期信頼性での特性変動を抑制したデバイス構造の創出、高歩留りを達成するデバイス構造の最適化を行なっている。

平成25年度は、1200V-IEMOS のゲート酸化膜改質及びデバイス構造最適化により、長期信頼性の課題であった±高温ゲート印加試験において Vth 変動を±0.1V 以内に抑制することに成功した。また、3mm 角 IEMOS において、SCSOA、RBSOA、アバランシェ耐量などの破壊耐量が実用に耐え得る耐量であることを実証した。一方、低損失1200V-IEMOS の開発では、新 Wet 酸化膜の適用により業界最高レベルのオン抵抗を達成し、1200V クラス以外に600V クラスの低損失 IEMOS の開発にも着手し、サンプル展開を行った。さらには、SiC デバイスプロセスチームと歩留り改善を推進し、3mm 角 IEMOS の歩留りを50%まで改善した結果、5mm 角 IEMOS の流動も可能とした。

研究テーマ：テーマ題目

超高耐压デバイスチーム

(Ultra High-Voltage Device Team)

研究チーム長：米澤 喜幸

(つくば西)

概要：

当チームでは、スマートグリッドや直流送電システムのパワーエレクトロニクス機器応用を目指した、10kV 以上の超高耐压 SiC デバイスに関する研究開発を、酸化膜基礎等の要素技術開発を含めて行っている。

平成25年度は FIRST 最終年度にあたり、超高耐压 IGBT 素子の目標である13kV と20A の電流容量、及びこれを用いた5kV、20A @250℃でのスイッチング試験を完了することを目標とした。

p チャネル IGBT に関しては、DMOS タイプ、5mm 角の試作を行い、耐压14.8kV、電流20A を達成した。n チャネル IGBT に関しては、free standing エピ基板を用い、MOS 構造に IEMOS を用いた、フリップ型 IE-IGBT の検討を行った。フリップ基板に

関しては、ウェハプロセスチーム、設計、試作プロセスに関しては、SiC デバイス設計チーム、SiC デバイスプロセスチームの協力を得て、量産試作ラインを用いて試作を行った。結果として5.3mm 角、デバイスで耐压16.7kV、電流20A 素子が得られた。さらに結晶品質の向上を踏まえて、大面積8mm 角素子の試作を行い、耐压16kV 以上、電流40A 以上を達成した。これらのスイッチング試験を関西電力株式会社と協力して行い、5.3mm 角素子で、5kV/20A@250℃、8mm 角素子において、6.5kV/60A のスイッチング試験に成功し、目標の大幅なクリアを行うことができた。

さらに基礎技術として酸化膜界面評価法に関する検討を進め、信頼性に関わる酸化膜リーク電流解析において、そのメカニズムの同定、さらには緩和なし Vth 測定法等の基礎技術を立ち上げた。

今後は、導通損とスイッチング損のトレードオフを解決していくことを目指し、低炭素社会実現のためにパワーエレクトロニクス技術に新規 SiC 超高耐压デバイスを適用していくことにより、貢献していく。

研究テーマ：テーマ題目2

GaN パワーデバイスチーム

(GaN Power Device Team)

研究チーム長：清水 三聡

(つくば中央第2)

概要：

結晶成長技術開発、デバイス設計・プロセス開発、回路設計技術を通して窒化物半導体を用いた低損失電力素子の実用化を図ることを目的とする。低価格を可能とするシリコン基板上的 MOCVD 結晶成長技術を確立し、ウエハメーカーと共同して4インチの GaN-on-Si ウェハのサンプル提供を行った。また、高速・低損失動作を可能とする AlGaN/GaN ヘテロ構造素子の設計・プロセス技術・信頼性技術の開発を行い、400V のスイッチングまでの信頼性を得た。また、実証研究として窒化物半導体パワースイッチング素子を用いた高速回路設計に必要な等価回路モデルやノイズ解析技術を確立し、実際の回路から放射されるノイズ特性の解析と制御が可能であることを示した。

研究テーマ：テーマ題目

パワー回路集積チーム

(Power Circuit Integration Team)

研究チーム長：佐藤 弘

(つくば中央第2)

概要：

SiC や GaN といった高性能かつ超低損失のパワーデバイスの特長を活かした高機能・小型・低消費電力

の電力変換装置を実用化するための基盤技術の研究開発を目的とする。平成24年度は、はんだに代えて、焼結接合材料のプロセス技術開発を行い、また、この技術を生かして両面接合モジュールを作製した。平成25年度は、作製した両面接合モジュールの電気的な動作について評価を進め、電源電圧600V で動作可能であることを明らかにした。また、受動部品（放熱基板、配線基板、コンデンサ、抵抗、ヒートシンク）の組み合わせ試験を行い、材料の熱膨張係数差が、最終製品のみならず作製プロセスの成立可否にも重要であることを示した。接合技術については、これまで信頼性を評価してきた AuGe 接合について、Ag を添加することにより、融点を高温に制御できることを明らかにした。また、Au バンプや AL バンプを用いた接合についても、技術開発を行った。さらに、SiN 基板に対する、新規な Cu 回路番接合技術について、-40～250℃の冷熱サイクル試験1500回において、高い信頼性を有していることを確認した。

研究テーマ：テーマ題目

パワーエレクトロニクス応用チーム

(Power Electronics Application Team)

研究チーム長：坂本 邦博

(つくば西)

概 要：

当チームは、SiC パワーデバイスの大量導入が期待される自動車用の民生用途から、高エネルギー加速器電源のような特殊用途にいたる、幅広い電力変換分野での SiC パワーエレクトロニクスの応用開拓を目指している。それには SiC パワーデバイスの特長を発揮する実装技術の開発が不可欠である。本年度は、民間企業と共同で実装および信頼性評価ラインの整備を進めるとともに、本ラインの標準品となるディスクリットおよびモジュールパッケージを開発した。本パッケージが基本的な信頼性を持つことを確認している。産総研西事業所5D 棟の SiC 専用クリーンルームで試作した SBD、MOSFET チップを、本実装ラインで標準パッケージに組み立てて、応用開発を行う共同研究パートナーに提供を開始した。

研究テーマ：テーマ題目

〔テーマ題目 1〕 TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

〔研究代表者〕 奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 奥村 元、福田 憲司、原田 信介、岡本 光央、辻 崇、後藤 雅秀、俵 武志、坂井 隆夫
(常勤職員5名、他24名)

〔研究内容〕

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減(省エネルギー化)に重要な技術として、SiC による超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器(インバータ)の実現がパワーエレクトロニクス産業界から期待されている。そのために、TPEC (Tsukuba Power Electronics Constellations) 活用プロジェクトで富士電機アドバンステクノロジー株式会社、アルバック株式会社、住友電気工業株式会社、トヨタ自動車株式会社、新日本無線株式会社と連携して大容量 SiC-SBD/MOSFET の実用レベルでの量産技術の共同研究を行った。本プロジェクトでは、デバイス開発だけでなく、高温、高耐圧用の実装技術の開発も行っており、平成25年度は、パッケージ、モジュール試作用設備の導入および立ち上げを行い、応用側へパッケージ品、モジュール品の供給を開始した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 SiC、低損失デバイス、MOSFET、SBD、パワー半導体、量産技術

〔テーマ題目 2〕 最先端研究開発支援プログラム/低炭素社会創成に向けた炭化珪素(SiC)革新パワーエレクトロニクスの研究開発

〔研究代表者〕 奥村 元 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 奥村 元、福田 憲司、米澤 喜幸、児島 一聡、田中 保宣、松畑 洋文、石田 夕起、高塚 章夫、八尾 勉、田中 保宣、中川 博
(常勤職員12名、他47名)

〔研究内容〕

SiC (シリコンカーバイド) は Si (シリコン) に比べて、小型・低損失で、冷却が簡略化できるなど、パワーデバイスとして著しく優れた性質を有しているため、低炭素社会創成に向けた革新的なキーデバイスとしてその将来が大いに期待されている。特に、太陽光発電、風力発電、コジェネレーション等の分散電源が接続されたエネルギーネットワーク(スマートグリッド)において、電力の安定供給を行うために用いる電力変換器には、耐圧13kV 以上の電子デバイスが必要であるが、Si を用いたデバイスでは、耐圧13kV 以上は実現していない。スマートグリッドの構築のためには、超高耐圧デバイスの早急な開発が不可欠である。SiC は、Si よりも絶縁破壊電界が約1桁高いので超高耐圧のデバイスに適しており注目されている。SiC-MOSFET に代表されるユニポーラデバイスの研究は、各国で進んでいるが SiC を使ったといえども素子耐電圧が5~6kV 位までが低損失実現のための限界であり、それ以上の素子耐電圧の領域では、SiC バイポーラデバイスの実現が強く望まれている。

本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kV/

20A 級の PiN ダイオードと IGBT の開発を行うことを目標としてプロジェクトを実施した。平成25年度は、最終年度にあたり、16 kV、20A の Flip 型 n チャネル IGBT の作製に成功し、250℃で5 kV/20A のスイッチング試験に成功して最終目標を達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】

⑥【太陽光発電工学研究センター】

(Research Center for Photovoltaic Technologies)

(存続期間：2011. 4. 1～2019. 3. 31)

研究センター長：仁木 栄

副研究センター長：松原 浩司

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、九州センター

人員：28名 (28名)

経費：3,622,802千円 (2,375,727千円)

概要：

人類の持続的発展のためには環境に配慮したエネルギーの確保が最重要課題であり、自然エネルギーへの期待が高まっている。その中でも無尽蔵な太陽光をエネルギー源とする太陽光発電は、設置制約が少なく温室効果ガスの削減も期待できるなど、世界的に注目を集めている。このような背景の中、2011年に前身の太陽光発電研究センター(2004-2010年)を発展的に解消し、産総研が太陽光発電研究に対して戦略的に取り組む拠点として新たに太陽光発電工学研究センターが設立された。

産総研の第3期ミッションである“21世紀型課題の解決のためのグリーンイノベーションの推進”を支える中核ユニットとして、エネルギー供給の安全保障と低炭素化、経済発展、国内雇用創出を同時に実現するために、太陽光発電に関連する技術分野に体系的かつ包括的に取り組み太陽光発電の技術及び普及の持続的発展に貢献することをミッションとする。

そのために、

- 1) 民間企業とのコンソーシアム等を通じたデバイス、システムの技術開発、
 - 2) 産業基盤となる一次基準セル校正、デバイス、システムの中立評価、
 - 3) 長期的視点からの革新的基礎技術の開発、を3つの柱として推進する。
- さらに技術開発と並行して、
- 4) 健全な技術競争を醸成するために、ユーザ視点に立った国際標準の確立への貢献、
 - 5) 研究開発成果を広く普及させ、地域センターと連携した地域経済活性化への貢献、
- に注力している。

具体的な研究テーマとしては、各種太陽電池の高性能化技術、モジュールの信頼性評価・向上技術、太陽電池の校正・性能評価技術、安全安心な太陽光発電を実現するための技術など幅広い研究テーマに取り組んでいる。各研究テーマ間の有機的な連携を図りながら太陽光発電に関する中核機関として太陽光発電の発展に貢献する。

内部資金：

重点研究加速予算(戦略予算)「メガソーラーの長寿命化技術」

融合・連携推進予算(戦略予算)「有機薄膜太陽電池の屋内用途試験・評価方法の国際標準化の技術開発」

外部資金：

経済産業省 平成25年度国際エネルギー使用合理化等対策事業委託費「省エネルギー等普及基盤構築支援調査事業：太陽電池モジュール出力測定及び信頼性評価規格に関する技術的協力支援事業」

経済産業省 日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構「新エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)／高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発(革新型太陽電池国際研究拠点整備事業)／高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発(日 EU 共同開発) 集光型太陽電池セル、モジュールの標準測定技術の開発(WP4)」

新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／CZTS 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発」

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(ALCA)「新材料の探索と太陽電池技術の開発」

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業(CREST)

「励起子サイエンス」

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)
「CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発」

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)
「PV 発電予測の不確実性評価および電力系統シミュレーションによる評価」

科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さきがけ)「ヘテロエピタキシーを基盤とした高効率単結晶有機太陽電池」

日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「薄膜シリコン成長時の半導体特性評価法の開発と欠陥形成機構の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「シリコン系ナノ結晶表面での多重励起子の生成」

発表：誌上発表130件、口頭発表227件、その他21件

先端材料プロセス・低コスト化チーム

(Advanced Low Cost Processing Team)

研究チーム長：松原 浩司

(つくば中央第2、第5)

概要：

太陽電池の低コスト化を実現するための技術開発として、省資源性に優れ大面積製造も可能な薄膜シリコン系太陽電池、有機系太陽電池（有機薄膜太陽電池、色素増感太陽電池）の研究開発を行っている。

年度進捗：

(薄膜シリコン系太陽電池)

光劣化の少ないアモルファスシリコン (a-Si:H) の製膜技術としてトライオード (三極放電) 型プラズマ CVD 法を適用し、単接合 p-i-n 型 a-Si:H 太陽電池 (i 層膜厚：220~250nm) を作製している。平成25年度はさらなるデバイスの改良を検討し、p-i 界面の最適化により900mV 以上の開放電圧 (安定化後) を得た。さらに、高ヘイズ SnO₂基板の適用と高光安定 a-Si:H の製膜技術を集約した太陽電池を作製した結果、1sun、50℃、1000時間の光劣化条件下で光劣化率11%を示し、世界タイ記録となる安定化効率10.1% (AIST 高精度測定) を達成した。また、トライオード電極の改良により、従来に比べて吸収膜厚が厚い a-Si:H 太陽電池 (i 層膜厚：310nm) においても安定化効率10.1% (AIST 高精度測定) を確認し、安定化効率を損なうことなく高電流化 (安定化後 Jsc=17.0 mA/cm²) に成功した。また、光劣化抑制要因を解明

するため、デルフト工科大学との共同研究の下、気相中において生成し、a-Si:H の光劣化を促進するとされる高次シランの発生が抑制可能と思われる膨張熱拡散プラズマ (ETP) 法を用いた a-Si:H 薄膜太陽電池作製を行った。その結果、膜中 Si-H₂濃度と光劣化挙動には、従来法のみならず ETP 法においても強い相関を持つことが明らかとなった。このことから当研究所で開発したトライオードプラズマ CVD 法の有用性が改めて示された。

多接合型太陽電池の高性能化に向けて、微結晶シリコン太陽電池の発電効率向上に関する研究開発を実施している。独自に開発した良好な光閉じ込め効果と高品質膜成長を両立させるハニカムテクスチャ基板の技術を土台とした上で、真性 (i) 微結晶シリコン層の膜質向上、i 層と p 層の界面再結合を抑制するバッファ層、更に反射防止構造の適用などにより、単一接合微結晶シリコン太陽電池では世界最高となる発電効率10.97% (AIST 高精度測定) を達成した。今後は開発した技術を低光劣化の a-Si:H 太陽電池と組み合わせ、高効率多接合太陽電池へ展開していく。

(有機薄膜太陽電池)

有機薄膜太陽電池の活性層の構造制御を実現するため、テンプレート層上にドナー/アクセプター混合薄膜を成長させる手法を開発した。ビフェニルピチオフェンの自己組織化結晶をテンプレートとし、C60と亜鉛フタロシアニンを共蒸着させることで高結晶性ドナー/アクセプター相分離構造を同時に実現し、理想的なバルクヘテロ構造を作製することに成功した。本手法により光電変換効率が1.85%から4.15%に向上することを実証した。有機薄膜太陽電池のモジュールの試作では、企業共同研究コンソを組織し、各社の技術を持ち寄って高性能、高耐久のモジュール開発に取り組んだ。産総研がハブとなり、それぞれフレキシ印刷版技術、バリア膜付き PEN フィルムに適合した封止材、およびフレキシブル配線コネクタの技術を有する企業間の橋渡しを行い、要素技術をすり合わせることで、有機薄膜太陽電池の特長を活かしたパターン印刷によるフレキシブルモジュールの作製に成功した。

ミシガン大との共同研究の下、有機半導体薄膜のトラップを評価する新しい手法を開発した。共同開発した手法は、光学的ポンプ・プローブ法を用いた光電流測定に基づき簡便かつ安価な特徴を有する。本手法を代表的なアクセプター材料 (C60) に適用し、トラップ密度が10¹⁷cm⁻³程度存在することを明らかにした。また、バルクヘテロ接合形成時のドナー・アクセプター混合膜のトラップを同様に評価し、トラップを低減しキャリア輸送を向上させるには、混合比を適切に選択する必要があることを示した。

(色素増感太陽電池)

コバルト錯体レドックスを用いた色素増感太陽電池

に種々のカルバソール系有機色素を適用し、色素の分子構造と光電変換特性について詳細に調べた。その結果、大きな色素分子の利用、色素分子への立体障害の付与、適当な長さのアルキル基の利用などにより、電解液から酸化チタンへの逆電子移動を抑制し、電子寿命を長くすることができることを確認した。さらに立体障害の大きなドナー性を持つ色素を設計・合成することで、開放電圧が900mVをはるかに超える色素増感太陽電池の作製に成功した。今後、色素の分子構造の改善を図ることで短絡電流密度を向上して、変換効率の向上を目指す。

太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体 (Collaborative Module-Reliability Research Team)

連携研究体長：増田 淳

(つくば中央第2、九州センター)

概要：

本連携研究体では、太陽電池モジュールの信頼性に関する研究ならびに屋外に設置した太陽電池モジュールの発電量評価の研究を実施している。

前者においては、太陽電池モジュールの信頼性向上・長寿命化に繋がる研究を通じて発電コストの低減に資するとともに、信頼性を正確に判定可能な試験法開発を通じて、太陽電池モジュールの信頼性を可視化し、付加価値の向上に資することを目標に研究を実施している。当面目標とする太陽電池モジュールの寿命は30年であり、将来的には40年の寿命に繋がる技術を開発する。長期屋外曝露を経た太陽電池モジュールの劣化機構を解明するために、劣化事例を収集、解析するとともに、テストモジュールを用いて劣化モデルを証明する。これらの知見をもとに、太陽電池モジュールの信頼性を正確に評価できる試験法を開発する。また、複数の加速要因を組み合わせた試験法や試験時間の短縮に繋がる高加速試験法を開発する。さらには、まったく新規の要素技術を含む試験法や有機太陽電池等に応用可能な試験法を開発する。これらの試験法開発を通じて、屋外曝露と加速試験を関連付ける科学的指標を見出す。

後者においては、新型太陽電池モジュールの長期屋外曝露試験を実施し、太陽電池特性、日射量、気温等のデータを系統的に収集し、発電量評価ならびに信頼性評価を実施する。得られたデータは再生可能エネルギー研究センターエネルギーネットワークチームで集約し、新型太陽電池モジュールを含む各種太陽電池モジュールの発電量を、日射量・気象データから評価する発電量定格技術を開発する。さらに、色素増感・有機薄膜等の研究段階の太陽電池モジュールの発電量や降灰地域に設置した太陽電池モジュールの発電量も解析する。

年度進歩：

延べ80以上の機関が参加する第 II 期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムは最終年度を迎え、コンソーシアムメンバーが新規開発した封止材、バックシート、インターコネクタ等を用いたモジュールを試作・評価することで、これらの新規部材の優位性を実証した。例えば、温度85°C、相対湿度85%の高温高湿試験15,000時間後にも性能低下が生じないアモルファスシリコン太陽電池の開発に成功した。また、システム電圧が高いメガソーラ等において、短期間で発電量が大きく低下する電圧誘起劣化 (PID) 現象に関しては、オレフィン系封止材を用いることで抑止可能なことを実証した。さらに、導電フィルム (CF) を用いた配線が、従来の半田を用いた配線に比べて、バスバーレスセルにおいても優位性を示すことも実証した。コンソーシアム研究では、長期屋外曝露と室内信頼性試験の対応を明確化することにも注力し、化学的腐食劣化に関しては、モジュール内の残留酢酸量が指標となることを見出した。モジュール設置環境や紫外光の影響など今後の検討事項は多いが、高温高湿試験4000時間が屋外曝露約30年に対応することを見出した。また、高温高湿試験と温度サイクル試験を組み合わせることや、事前の紫外光照射を行うことにより、モジュールの劣化が促進され、試験時間短縮に資することを明らかにした。

コンソーシアム研究以外では、CIGS 太陽電池でも厳しい試験条件では PID 現象が生じるものの、アイオノマー樹脂を用いることで抑止可能であることを示すと同時に、有機太陽電池への水分浸入を可視化可能なモジュール構造の開発、モジュール内での酸発生を可視化可能な蛍光色素を用いたテストモジュールの開発等の成果を得た。

屋外曝露施設では、市販されている太陽電池を中心に、結晶シリコン系、薄膜シリコン系および化合物薄膜系の各種モジュールを設置して系統連系運転を行った。10分毎に各ストリングの電流-電圧特性ならびに気象データを収集し、データを蓄積した。平成26年3月末時点で、15種類の太陽電池において5kW (2種類のみ2kW) のアレイ単位の発電量評価を実施している。さらには、試作品を含む多数のモジュールにおいて、モジュール単位の発電量評価も実施している。また、4種類の色素増感太陽電池モジュールの発電量評価も開始した。所外では、鹿児島県の降灰地域 (霧島、桜島) に太陽電池モジュールを設置し、火山灰や火山性ガスが発電量ならびに長期信頼性に及ぼす影響を調査し、降灰ならびにその後の降雨が発電量に影響することを見出した。また、屋外での PID 現象を模擬できるシステムを所内ならびに石川県に構築し、データの収集を進めている。

先端産業プロセス・高効率化チーム

(Advanced High Efficiency Processing Team)

研究チーム長：柴田 肇

(つくば中央第2)

概要：

薄膜系太陽電池でモジュール変換効率25% (PV2030+目標) を実現するための要素技術を開発すると共に、薄膜系太陽電池の適用範囲の拡大と低コスト化を目指す。具体的には、以下の3項目に重点的に取り組む。

- (1) 化合物薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発
- (2) 化合物薄膜太陽電池のモジュール化技術の研究開発
- (3) 新材料・新構造・新成膜技術による太陽電池の高効率化技術の研究開発

年度進歩：

- (1) 化合物薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

$\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ (CIGS) 太陽電池において最も高い光電変換効率を得られる x の値は、 $x = 0.5 - 0.6$ 程度の比較的高い値であることが、理論的には予想されている。しかしながら、現時点において最も高い変換効率を得られる x の値は、 $x = 0.3 - 0.4$ 程度の比較的低い値であり、それ以上に x の値を増大させると逆に変換効率は低下することが知られている。2013年度は、 x の値が高い場合に CIGS 太陽電池の変換効率を低下させている要因を解明し、その問題を解決する方法を開発するために、 $x = 1.0$ という非常に高い x の値を持つ CIGS すなわち CuGaSe_2 (CGS) の太陽電池を作製し、その太陽電池としての動作機構の詳細を解明した。その結果として、CGS 太陽電池の PN 接合の形成メカニズムは、CGS 層の大部分は P 型半導体であるが、CGS 層の表面近傍に Cu が不足した組成を持つ Cu 欠乏領域が存在してその領域が N 型半導体に転換しており、その N 型と CGS 層の P 型による PN 接合の形成であることを解明した。

- (2) 化合物薄膜太陽電池のモジュール化技術の研究開発

$\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ (CIGS) 太陽電池は、小面積セルの変換効率は20-21%に到達しているにもかかわらず、市販モジュールの変換効率は13-14%に留まっている。この変換効率の大きな差異は、CIGS 太陽電池の大きな課題となっているが、その詳細は不明である。2013年度は、この大きな差異が発生する要因を解明し、その問題を解決する方法を開発するために、CIGS サブモジュールの研究開発を行った。具体的には、同時に製膜した CIGS 薄膜を使って小面積セルとサブモジュールを作製し、それらの性能を相互に比較した。それによって、サブモジュール化に伴う性能の変化のみを抽出することが可能となる。実験の結果として、サブモジュールには透明

導電膜の電気抵抗に起因する電氣的損失の影響が本質的に存在することを明らかにし、またサブモジュールの変換効率では、18.3%という高い値を実現することに成功した。

- (3) 新材料・新構造・新成膜技術による太陽電池の高効率化技術の研究

CIGS 太陽電池に匹敵する潜在能力を持つと期待される $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_{4-x}\text{Se}_x$ (CZTSSe) 太陽電池の研究開発を行っている。2013年度は、 $x = 4$ である CZTSe の薄膜を多元同時蒸着法により製膜し、それを Se もしくは SnSe_2 の蒸気の中で熱処理を行うという方法により、CZTSe 太陽電池を作製した。実験の結果として、CZTSe 太陽電池の特性は、熱処理温度に大きく依存することが明らかとなり、熱処理温度が550°Cのときに8.5%という高い変換効率を得ることができた。またその理由も、熱処理温度を高くすることによって結晶粒の大きさが増大するためであることを明らかにした。熱処理温度が550°Cを越えると、変換効率は逆に低下するが、その理由は薄膜が再蒸発を起こすためであることも明らかとなった。

また CZTSe の類縁物質である CTSe の同時蒸着法による薄膜成長の研究を行った。得られた薄膜の性質は薄膜堆積温度と Cu/Sn 組成比に大きく依存することが確認され、結果として CTSe の単相が得られる成膜条件を明らかにした。また得られた CTSe の単相薄膜を用いて、エネルギー禁制帯・光吸収係数・伝導型・キャリアの濃度・移動度など CTSe の各種基礎物性値を評価した。結果としてエネルギー禁制帯の値は成膜温度に強く依存して0.84-2.1 eV の範囲で変化し、正孔の濃度や移動度は Cu/Sn 組成比に大きく依存することが明らかとなった。

システムチーム

(PV System and Application Team)

研究チーム長：加藤 和彦

(つくば中央第2)

概要：

太陽光発電システムの健全な普及拡大に資することを目的として、利用者の視点に立脚した太陽電池モジュールの屋外暴露データや各種太陽光発電システムの性能評価・不具合事例分析を通じた太陽光発電システムの長期信頼性や安全性に関する研究開発、および、太陽光発電技術が将来におけるわが国の基幹系統電源となるために必要な発電量予測手法の技術開発などを実施している。また、太陽光発電の導入ポテンシャルや付加価値を高めるための新しいシステム技術の提案や太陽光発電技術の普及を側面的に支援するための社会制度や政策に関する提言も行っている。

年度進捗：

太陽光発電システムの長期信頼性に関する研究開発については、2012年2月に当所つくばセンターに設置されている太陽光発電設備の全数詳細分析調査に着手し、今年度末時点で全数（約5,600枚）の約80%の屋内測定（I-V 特性および EL 発光分析）が終了した。

なお、本測定は2014年9月に完了予定である。

また、太陽光発電システムの安全性に関する研究開発では、太陽光発電システムの火災時における消防活動の安全確保に必要な消防士向け技術情報文書（案）を作成した。

評価・標準チーム

(Calibration, Standards and Measurement Team)

研究チーム長：菱川 善博

(つくば中央第2)

概要：

日本における太陽電池評価技術およびその基となる基準太陽電池のトレーサビリティ確立と維持、高度化を図る。また国際比較等を通してその国際的整合を確立、推進することで太陽電池システム輸出入の促進にも重要な貢献を行う。新型太陽電池の測定技術の確立や規格化においても中心的な役割を果たし、太陽電池のより広範な普及に欠かせない共通基盤的研究を遂行する。

- 1) 太陽電池性能評価の基本となる一次基準太陽電池セル校正技術の高度化を目指すとともに、実施する。世界の主要な研究所・機関における基幹国際比較に参画し、Qualified Lab たる高い技術レベルを示すとともにその維持・向上を図る。
- 2) 結晶 Si・薄膜 Si・化合物半導体・多接合・有機等、各種新型太陽電池の高精度な評価を可能にするために、各種太陽電池に特有なデバイス構造・分光感度特性・電気的時定数・光照射効果・温度照度依存性等を正確に考慮した性能評価技術を開発し、実施するとともに技術の国際整合、標準化を推進する。
- 3) 様々な気象条件・設置条件での太陽電池の日間・月間・年間等の発電量 (kWh 定格) を高精度に評価する技術を開発する。

年度進捗：

- 1) ソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術開発を実施している。ソーラシミュレータ法による太陽電池校正技術を高度化するための要素技術の開発として、精密構造型絶対放射計の開発および超高温黒体輻射等を用いた校正技術の開発を行った。更に不確かさを大幅に低減するための校正技術として、絶対分光感度法による校正技術を開発している。
- 2) 太陽電池メーカー等で研究・開発された各種新型太陽電池セル・モジュールの測定技術開発および測

定を行った。昨年度までに開発した多接合太陽電池評価技術等の IEC 国際標準化を推進するとともに技術を高度化し、今後ますます重要性が増す屋外高精度測定技術を開発している。欧米の太陽電池評価機関との比較測定等による国際整合性検証を行った。

- 3) 多様化する太陽電池技術に対し、STC を補完する評価体系として、発電量定格方式の評価技術を開発し、IEC 61853国際規格等による標準化に貢献している。産総研つくばセンターと九州センターにおける太陽電池モジュール発電量計測システムを整備・運用して、発電量評価技術の開発を行い、屋内測定結果と併せて開発した評価手法の検証を継続実施している。集光型太陽光発電システムの日米共同実証実験として、日米に同一の集光型太陽光発電システムを設置して、発電性能の同時検証（比較）を実施すると共に、日欧共同プロジェクトによる評価法開発を行った。集光型に特有な性能評価技術を開発し、国際標準化を推進した。

革新デバイスチーム

(Next Generation Device Team)

研究チーム長：松原 浩司

(つくば中央第2)

概要：

将来の太陽電池の変換効率の大幅な向上（40%超）や発電コストの大幅な低減（7円/kWh 以下）の達成に向けて新しい概念や原理に基づく太陽電池技術を開発している。既存の材料や技術にとらわれない新しい概念や原理を用いることで、太陽電池の飛躍的な効率向上、低コスト化を目指す。このために新原理の検証のような基礎的な研究から、材料開発、新しい作製方法の開発など広い範囲にわたって取り組む。

年度進捗：

高い変換効率を有する多接合型太陽電池の実現のために、複数の太陽電池を半導体接合法により接続する技術（スマートスタック技術）の開発を行っている。本年度の成果としては、開発中の導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた直接接合技術に関し、工程最適化のもと接合抵抗 $<1\Omega\text{cm}^2$ を実現した。また、本技術を用いて InGaP/GaAs//InGaAsP/InGaAs 4接合セルを試作し変換効率30.4%、また異種材料からなる InGaP/GaAs//CuInGaSe 3接合セルを試作し変換効率24.2%、を達成した。特に、後者はその材料組み合わせにおいて最高特性である。さらに、試作した接合セルの信頼性試験法を検討、初期的であるが実用に適う信頼性を確認しつつある。今後は、セルの構造最適化により35%以上の高効率を目指すとともに、信頼性、量産性等の実用化技術に取り組む。スマートスタック太陽電池のボトムセル材料としては、バンドギャップ

1.0eV の InGaAsP とナローギャップ SiGe を研究している。InGaAsP では固体ソース MBE を用いて初めて太陽電池を作製し、成長条件の最適化により開放電圧0.49V を達成した。また、昨年度開発した InGaP/GaAs タンデム太陽電池と接合し、変換効率25.6%、開放電圧2.66V の3接合太陽電池の作製に成功した。SiGe では、Si 基板側から Ge 組成を400nm 毎に7%増大させた階段状の SiGe 組成傾斜構造を用い、ステップ数のみの制御により Ge 組成比49%から84%の範囲で高品質な SiGe 光吸収層を作製でき、ボトムセルに必要な0.9eV~1.0eV 帯が実現できることを示した。これを用いてヘテロ接合太陽電池を試作した。SiGe 吸収層の光吸収係数が増大することに起因して量子効率が増大し、3 μ m 厚の Si 吸収層の場合の短絡電流密度15.2mA/cm²に対して、Ge 組成84%の場合24.0mA/cm²に増大した。一方、単接合で飛躍的な高効率を達成できる技術として期待されている量子ドット太陽電池では、Ge 自己形成量子ドットを用いた中間バンド型太陽電池の研究を行った。MBE 法を用い、高速堆積と成長中断からなるパルス成長法を新たに構築し、Ge 量子ドットの面内密度5 \times 10¹⁰cm⁻²以上の高密度化に成功した。50積層させた量子ドット構造を用いた Ge 量子ドット太陽電池を試作し、導入していない Si 太陽電池と比較して感度波長域を1300nm まで長波長化することに成功した。また多重キャリア発生による太陽電池の飛躍的な効率向上を目指して Si 系ナノ結晶の研究も行っている。Si ナノ結晶の特性は表面の状態（欠陥、酸化など）に大きく依存する。マイクロプラズマを利用した表面修飾法を開発し、それにより Si ナノ結晶の PL 量子収率を大幅に改善した。一方、Sn との混晶化により Si 系ナノ結晶の狭バンドギャップ化も試みた。SiSn ナノ結晶を利用した太陽電池を作製し、太陽電池特性と Sn 組成との関係を調べ、Sn 組成増加に伴い短絡電流の増加と開放電圧の減少という狭バンドギャップ化の現象を観測した。急速な変換効率の向上により注目を集める有機—無機ハイブリッド太陽電池への取組みも開始した。塗布方法 (spin-coating) により CH₃NH₃PbI₃ペロブスカイト材料を用いた太陽電池を試作し、変換効率7.2%を得た。

革新材料チーム

(Next Generation Material Team)

研究チーム長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概 要：

主務であるエネルギー技術研究部門 太陽光エネルギー変換グループを参照のこと。

⑦【バイオマスリファイナリー研究センター】

(Biomass Refinery Research Center)

(存続期間：2012.4~2019.3)

研究センター長：平田 悟史

研 究 主 幹：矢野 伸一

所在地：中国センター

人 員：16名 (16名)

経 費：451,522千円 (227,761千円)

概 要：

(1) 研究目的と手段

産総研では経済と環境を両立する「グリーン・イノベーション」の推進に取り組んでおり、再生可能で利用にあたって温室効果ガスの濃度に影響を与えないバイオマス資源を、効率よく安価に利用する技術の研究開発もその一つである。バイオマスリファイナリー研究センター (BRRC) では、地球上に最も多く存在する有機化合物であるリグノセルロース (木質系・草本系バイオマス) を出発物質として、化学品原料、高性能複合材料、液体燃料を安価に製造するプロセス技術及び要素技術を開発している。

オイルリファイナリーとは原油を精製・分解・変換して、化学品、プラスチック、繊維、液体燃料など、さまざまな物質を作り出すプロセス技術である。これに対しバイオマスリファイナリーはバイオマス資源を出発物質に、化学品原料、複合材料、液体燃料を作るプロセス技術であり、BRRC はリグノセルロースを出発物質として、ピルビン酸、エタノール、乳酸などの化学品原料、セルロースナノファイバーを用いたバイオナノコンポジット (高性能複合材料)、バイオジェット燃料、バイオエタノールなどの液体燃料を製造する技術の開発を進めている。

バイオマス資源及び生成物は種類が多岐にわたっており、すべてのバイオマス資源、生成物を研究開発対象にすることはできない。BRRC ではバイオマス資源として資源量が多く、比較的安価に調達が可能で、食料生産との競合が少ないリグノセルロースを選択し、研究開発を進めている。一方、バイオマス資源の利用にあたっては、高付加価値のものから順番に利用するというカスケード利用が実現可能性を高める上で重要であるので、単位重量あたりの価格が安いエネルギー利用以外に、付加価値の高いマテリアル、ケミカルとしての用途開発も進めている。BRRC では実現可能性並びに市場ニーズから、生成物として化学品原料、高性能複合材料、液体燃料の3つを選択して、研究開発を行っている。

ところでリグノセルロースから化学品原料、高性能複合材料、液体燃料を製造するためには、多数の

変換プロセスと要素技術が関与している。BRRCでは経済性、環境性を指標にして種々のプロセスを比較し、その中から実現可能性の高いプロセスを選択して集中的に研究開発を進めている。また、BRRC内だけでなく産総研内で異なる専門分野の研究者が連携することで、研究開発を効率的に進めている。

バイオマスリファイナリーは、糖（シュガー）を基幹物質として生成物を作るシュガープラットフォームと、熱分解ガス化によって製造された水素と一酸化炭素を主成分とする気体（合成ガス）を基幹物質として生成物を作る合成ガスプラットフォームに分けられる。それぞれメリットとデメリットがあり、また研究の進捗状況も異なる。BRRCでは両プロセスとも実現可能性があると考え研究開発に取り組んでいる。

(2) 戦略課題への取り組み

BRRCが戦略課題として集中的に取り組んでいる研究テーマは次の3つである。

① ケミカル原料製造基盤技術の開発

ケミカル原料を製造するためには、まず原料となるリグノセルロースを糖とリグニンに分解する必要がある。リグノセルロースを糖に分解するプロセス及び要素技術は数多く提案されているが、どれも一長一短があり、同じ原料を用いて、同じ条件で定量的に比較したデータが存在しない。そこでBRRCでは、これまでに提唱されている主要な分解・糖化技術について、比較検討を進めている。具体的には、針葉樹で国内生産される代表的な樹種であるスギ、広葉樹で海外において大規模植林されているユーカリ、国内・海外で大量に発生する農業残渣である稲わら、東南アジアのパームオイル産業で廃棄物として発生するアブラヤシ空果房（Empty Fruit Bunch）、ブラジル、東南アジアのバイオエタノール産業で廃棄物として発生するサトウキビの搾りかすであるバガスの5種類を標準原料として確保し、これをBRRCの保有技術である水熱・メカノケミカル・酵素糖化法、及びこれまで提唱されている主要な分解・糖化プロセスで処理したときの、糖化率、エネルギー投入量などを、定量的に比較する検討を、成分分離チームと実証・実用化チームで進めている。

分解・糖化におけるキーテクノロジーの一つが、糖化酵素である。リグノセルロースに含まれる成分であるセルロース、ヘミセルロースを分解して糖にする酵素としては、セルラーゼ、ヘミセルラーゼがある。糖化酵素を取り巻く世界の状況をみると、欧米の酵素メーカーが糖化酵素の市場を独占している。これに対しBRRCは、1) 純国産技術による糖化酵素の製造・供給プロセスの構築、

2) 酵素のオンサイト生産によるコストダウン、
3) 酵素の高機能化による差別化、の3つの視点で研究開発に取り組んでいる。産総研の前身である微生物工業技術研究所の研究者が単離した微生物の遺伝子操作技術を確立し、目的とする酵素の生産性を高めるための研究開発を進めているほか、この微生物や酵素を必要とする場所で培養・生産することで、酵素を含んだ培養液を糖化に用いるという手法の開発、さらに、糖化酵素の耐熱化の検討に酵素利用チームが取り組んでいる。

リグノセルロースを分解・糖化すると、セルロースとヘミセルロースは分解されて糖になるが、高分子で複雑な構造の芳香族化合物であるリグニンは、分解されずにそのまま残る。リグニンはその構造から分解・利用が困難で、ボイラ燃料として利用されることが多かった。BRRCでは一昨年度からリグニンの分解・利用技術の研究開発に取り組んでいる。BRRCの独自技術である水熱・メカノケミカル・酵素糖化法で得られたリグニンは、酸による変性を受けていないため、天然の状態に近く、改変、利用が容易であるといわれている。そこでこのリグニンの性状について調べ、続いて低分子化の方法について検討している。本研究は成分分離チームが担当している。

化学品原料は、糖をバイオ変換、化学変換することで製造されるが、この技術はすでに確立し、医薬品や化学品の製造に使われている。BRRCではすでに知られている方法よりも高い効率で化学品原料となる物質を製造するため、酵母、大腸菌をプラットフォームとしたバイオ変換の研究に取り組んでいる。具体的には酵母や大腸菌の代謝系を改変することで、さまざまな化学品原料への変換が容易なピルビン酸、エタノール、乳酸を製造するための基盤技術の開発に、微生物変換チームが取り組んでいる。

一方、合成ガスを出発物質としてケミカル原料を製造するための研究開発も行っている。合成ガスの成分である水素、一酸化炭素、二酸化炭素を原料としてエタノールや乳酸を製造する微生物を土壌から単離し、その遺伝子操作技術を確立することで、目的とする物質を効率よく生産する微生物の製造を目指して、微生物変換チームが研究を進めている。

② 高性能複合材料製造基盤技術の開発

セルロースは植物細胞の細胞壁及び繊維の主成分で、これをナノレベルに精製したセルロースナノファイバー、セルロースナノクリスタルは、製造方法の研究開発と、用途開発が並行して進められている。セルロース利用チームではセルロースナノファイバーをリグノセルロースから効率よく

製造する技術を開発し、さらにその効率を高めるための研究開発や、セルロースナノファイバーの定量的な評価技術の開発を進めている、また複数の民間企業と共同で、セルロースナノファイバーを添加した高性能複合材料を試作し、その性能を評価するとともに、用途開発も進めている。

③ 液体燃料製造技術の開発

バイオマス資源から製造する液体燃料として、BRRC では BTL プロセスによるジェット燃料製造と、糖化・発酵プロセスによるバイオエタノール製造の2つを手掛けている。前者はガス化によって合成ガスを製造し、触媒を用いた化学反応によってジェット燃料を製造するので、合成ガスプラットフォーム、後者はバイオマスの糖化によって製造した糖から、エタノール発酵によってエタノールを製造するので、シュガープラットフォームに、それぞれ分類される。

BTL プロセスにおけるキーテクノロジーは、1) バイオマスのガス化技術、2) ガス化で得られたガスの精製技術、3) 合成ガスから Fischer-Tropsch 反応で炭化水素を作り、さらにそれを水素化分解反応で目的生成物にするための触媒技術の3つである。このうちガス化技術についてはすでに国内外で多くの研究実績があり、原料と規模によって適用される技術が決まる。またガス精製技術についても、採用されたガス化技術によって適用される技術が異なるため、BRRC では Fischer-Tropsch 反応及び水素化分解反応で用いられる触媒の研究開発を中心に進めている。この研究は BTL プロセスチームが担当している。

一方、糖化・発酵プロセスによるバイオエタノール製造は、BRRC の前身のバイオマス研究センターで基盤技術の研究が進められ、一部は民間企業によるパイロットスケールでの実証研究が行なわれている。したがって BRRC は、民間企業が実施する実証・実用化研究の支援、要素技術の改良による変換効率向上並びにエネルギー消費量低減のための要素技術の改良研究、新たなバイオマス資源へ技術を適用するための応用研究の3つに絞り、実証・実用化チームが担当している。

内部資金：

融合・連携推進予算（戦略予算）「産総研発バイオマス化学の研究開発」

外部資金：

経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）「高効率バイオマスリファイナリーの研究開発」

文部科学省 気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム「森と人が共生する SMART 工場モデル実証」

文部科学省 グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業（GRENE）「植物 CO₂資源化研究拠点ネットワーク」

農林水産省 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「山側における『間伐材から機能化混練型 WPC 変換まで一貫したシステム』の実証化研究」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業「早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業「水熱処理とゼオライト触媒反応による高品質バイオ燃料製造プロセスの研究開発－省エネルギー・高効率水熱反応技術の開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業「ABC 次世代バイオマス液体燃料製造システム技術の開発－スラリー層反応による触媒寿命、ガス組成影響、生成物条件の検討及びコンパクト液化装置、熱回収の研究開発」

科学技術振興機構 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム「サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究」

科学技術振興機構 地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム「ボルネオ生物多様性保全のためのパームバイオマスを活用した革新的グリーン産業の創出」

科学技術振興機構 生体触媒要素技術開発：セルラーゼとリジン脱炭酸酵素の高機能化・低コスト化技術開発（I）－解析と改良」

発 表：誌上発表45件、口頭発表42件、その他7件

成分分離チーム

(Ingredient Separation Research Team)

研究チーム長：遠藤 貴士

(中国)

概 要：

リグノセルロースの酵素糖化工程の効率を高める水熱・メカノケミカル前処理技術の開発並びに糖化残渣からのリグニンの回収・低分子化技術の開発を行った。

リグノセルロースから糖を生産するための前処理方法は種々あるが、それぞれの技術の比較・評価はほとんど行われていない。そこで、同じ原料サンプル並びに酵素糖化条件における水熱・メカノケミカル前処理技術と従来の酸、アルカリ前処理技術による酵素糖化実験を行った。処理物に関しては水溶液中の糖の分析を行い、さらにはそれぞれの処理法の糖化残渣中のリグニンの特性について検討した。

水熱・メカノケミカル・酵素糖化法によるリグノセルロースの糖化で発生した残渣からのリグニンの回収・低分子化の技術開発並びにその成分の特性評価を行った。その結果、スギに関しては糖化残渣の水熱処理により処理物中のリグニン含有率が增加すると同時に、SEM 観察によってリグニンの形状変化が起きていることが分かった。また、水熱処理物の熱特性についても検討し、水熱処理温度による熱特性の変化を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目 1

酵素利用チーム

(Enzyme Research Team)

研究チーム長：石川 一彦

(中国)

概要：

シュガーブラットフォームにおいて、リグノセルロース糖化に適したセルラーゼの開発および高効率糖化に関する研究を行った。産総研で単離されたセルラーゼ高生産糸状菌 *Talaromyces cellulolyticus* (旧名 *Acremonium cellulolyticus*) を使用して、そのゲノム解析データを用いた遺伝子組換え技術を開発し、この技術を用いて本糸状菌のセルラーゼ生産性を向上させ、また本糸状菌を用いた酵素タンパク質のセルフ発現システムの構築によって目的とするセルラーゼ酵素群の発現・生産技術を確立した。さらに好熱菌から超耐熱性セルラーゼ群の構造機能解析を実施し、この酵素群も本糸状菌で大量発現させることに成功した。また、耐熱性酵素の構造情報からセルラーゼを耐熱化するための基盤情報を入手、糸状菌セルラーゼ酵素の耐熱化にも成功した。

研究テーマ：テーマ題目 1

微生物変換チーム

(Bio-conversion Research Team)

研究チーム長：星野 保

(中国)

概要：

木質バイオマスから調製した糖化液を原料にした微生物発酵による効率的な化学品製造には、糖化液中の含量がグルコースに次いで高いキシロースに対する発酵性が必要である。キシロース発酵性のない実用酵母

にキシロース発酵に係わる遺伝子導入した組換え酵母はキシロース発酵能を有するが、その効率性は本来キシロース発酵性を有する他の酵母に比較して低い。組換え酵母のキシロース発酵能向上を目的に、キシロース発酵時の遺伝子の網羅的発現解析を行った。組換え実用酵母は、キシロース発酵に必須なペントースリン酸経路の遺伝子群の転写量の増加が見られず、新たに導入した遺伝子群と既存の宿主が有する代謝遺伝子群がうまく連動していない可能性が示唆された。

一方、多様なバイオマスをガス化して得られる合成ガスを原料に微生物発酵による化学品製造には、合成ガス資化性好熱性細菌への遺伝子導入による新たな代謝経路の構築が必要となる。宿主となる産総研が分離した Y72株のゲノム解析を行い、本株は TCA 回路を構成する酵素遺伝子群にタイプ株と差があり、TCA 回路を利用した物質生産にはタイプ株よりも少数の遺伝子で可能となることを見出した。

研究テーマ：テーマ題目 1

セルロース利用チーム

(Cellulose Research Team)

研究チーム長：遠藤 貴士

(中国)

概要：

当研究センターが開発した、水熱・メカノケミカル処理技術を基盤として、木質等のバイオマスからのリグノセルロースナノファイバーの製造技術、ナノファイバーと樹脂との複合材料化技術およびナノファイバー特性評価技術に関する研究開発を行った。

水熱・メカノケミカル処理では、水熱処理による木質組織の脆弱化と、湿式粉碎による解繊処理により効率的にナノファイバーを製造することができる。ナノファイバーの特性を活かして複合材料化するためには、高含水状態で得られるナノファイバーの凝集を抑制して樹脂へ均一分散することが重要である。また、ナノファイバーの利用性を高めるためには形状や表面状態の評価も必要となる。

本年度は、種々の木質原料を用いて、ナノファイバー製造効率の樹種依存性について評価を行った。また、水熱処理では木質成分間の結合の切断により木質組織が脆弱化する機構を明らかにした。ナノファイバーの樹脂複合化方法として、ナノファイバーと粉末樹脂の混合物に対し、固相状態でせん断を印加する直接複合化手法の開発を進めた。また、ナノファイバー評価技術では、酵素をプローブとして水晶振動子センサーを用いた表面解析を実施した。

研究テーマ：テーマ題目 2

BTL プロセスチーム

(BTL Process Research Team)

研究チーム長：平田 悟史

(中国)

概要：

FT 合成においては、Co/SiO₂触媒に関して、共含浸法で Co、Mn、Zr を同時に担持した Co 触媒が、空時収率 (STY) で600g/(kg-cat・h)を越え、かつ168時間を超える活性の維持を確認した。また、Co/Al₂O₃触媒に関して、触媒調製法を検討したところ、通常含浸法で調製した場合よりも均一沈殿法と含浸法を組み合わせた触媒調製法により、C5+生成物収率とCO転化率が高くなることを見出した。水素化分解について、水素化分解反応の原料として木質系バイオマス由来の FT 合成生成物 (FT 合成用溶媒70%含有) を用いた。マイクロエマルジョンを利用して Pt 微粒子形成剤の種類を変えることで、Pt 担持量0.1wt%と一定で、Pt 粒子径が2.3-47.6nm の範囲で変化した Pt/ β 型ゼオライト触媒を調製した。これらの触媒を用いて水素化分解反応特性を調べたところ、反応温度250℃、水素初期圧1MPa、反応時間1時間において、Pt 粒子径7.6nm の場合、ジェット燃料最大収率28.9wt%を得た。

研究テーマ：テーマ題目3

実証・実用化チーム

(Demonstration and Practical Application Team)

研究チーム長：平田 悟史

(中国)

概要：

当研究センターでは水熱・メカノケミカル法による前処理と酵素処理の組み合わせによるリグノセルロース系バイオマスからの糖化技術の研究開発を行っている。この技術に基づいて、ユーカリ、スギ、ヒノキ、稲わら、バガス等の各種バイオマスを糖化して、セルロース、ヘミセルロース、リグニンの3成分を分離・回収し、その収率、純度、およびプロセスの投入エネルギー等の解析を行うとともに、糖化液、リグニンをそれぞれの利用技術の研究のために大規模に調製する体制を構築した。

またこの技術を活用して、原料処理能力日量1t のパイロットプラントによる木質からのエタノール生産実証が行われており、このプラントの運転データに基づいて、実用化プロセスのシミュレーション研究を行い、エネルギー収支、温室効果ガス排出量削減効果、経済性の評価を実施した。

その他、民間企業が実施するエタノール生産の実証・実用化を支援するための研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] ケミカル原料製造基盤技術の開発

[研究代表者] 平田 悟史 (研究センター長)

[研究担当者] 遠藤 貴士、井上 誠一、柳下 立夫、藤本 真司、石川 一彦、井上 宏之、藤井 達也、渡邊 真宏、星野 保、村上 克治、松鹿 昭則、中島 信孝、関根 伸浩、

MOHD RAFEIN BIN ZAKARIA、

片岡 未有、柳本 敏彰、木村 善一郎、

鈴木 俊宏、新 優子、諏訪 祥士、

妹尾 薫、高橋 和香、西本 有紀、

福田 和義、蒲池 沙織、岸下 誠一郎、

立石 能子、角井 みゆ、時藤 千歳、

西田 麻衣子、福家 成美、吉見 美穂、

根冢 香奈子、高田 裕紀、辻 雅晴、

橋本 智代、濱田 佳子、森田 詩織

(常勤職員12名、他26名)

[研究内容]

本研究はリグノセルロースを出発物質とし、化学品原料を安価に製造するプロセス技術及び要素技術の開発を目的としている。

BRRC の独自技術である水熱・メカノケミカル前処理法を用いたリグノセルロースの成分分離に関する研究では、水熱・メカノケミカル前処理と同一条件下で従来の酸・アルカリ前処理並びに酵素糖化处理を行い、水溶液中の糖成分の比較や酵素糖化後に発生する糖化残渣中のリグニンの特性を検討した。また、水熱・メカノケミカル・酵素糖化处理によって発生した糖化残渣からのリグニン成分の回収を目的とした水熱処理・有機溶媒抽出によって、低分子量のリグニンの回収を可能とした。さらに、スギを原料とした糖化残渣を水熱処理した場合の処理温度とリグニンの形態の変化の相関を明らかにした。

リグノセルロースの糖化に適した純国産技術による糖化酵素の製造・供給プロセスの構築、酵素のオンサイト生産によるコストダウン、酵素の高機能化による差別化のため、酵素製剤の開発および高効率糖化に関する研究を行った。*Talaromyces cellulolyticus* (旧名 *Acremonium cellulolyticus*) のゲノム解析データを用いて遺伝子組換え技術を開発し、この技術を用いて本糸状菌のセルラーゼ生産性を向上させた。さらに本糸状菌を用いた酵素タンパク質のセルフ発現システムの構築によって、目的とするセルラーゼ群の発現・生産および構造機能解析のための基盤技術を確立した。また、本糸状菌を用い、好熱菌から得られた超耐熱性セルラーゼ群の大量発現系を構築するとともに、超耐熱性セルラーゼ群の立体構造を利用し、糸状菌由来のセルラーゼ酵素の耐熱化に成功した。

リグノセルロース由来糖化液からバイオ変換により化学品原料を高効率で製造するため、酵母、大腸菌をプラットフォームとした技術開発では、キシロースなどの通常酵母が資化できない5単糖に対する発酵性の付与、糖化反応と発酵時の温度差を解消するため宿主の耐熱性や

前処理によって生ずる阻害物質に対する耐性が求められる。昨年度選抜した耐熱酵母を用いてスギ、ユーカリ木粉を原料に同時糖化発酵を行った結果、既知の実用酵母や耐酸・耐塩酵母に比較して高温域での発酵性が高いことを明らかにした。耐酸・耐塩酵母の DNA ライブラリーを作成し、これを実験室酵母に導入し、酸耐性に係わる遺伝子の探索を行った。探索の結果、実験室酵母では細胞壁に存在する遺伝子をホモログ遺伝子導入することにより、通常、実用酵母が増殖できない pH 2 においても生育可能な耐酸性株を取得した。この株は pH 2.5、7.5% Na₂SO₄の強酸・高塩濃度の条件下でも耐性を示した。また、組換え大腸菌を用い、バイオマス由来の化合物が遺伝子組換え体の維持や遺伝子発現に必須となる安価な遺伝子組換え発酵法を開発し、ピルビン酸、イソブタノール、2, 3-ブタンジオールなどの効率的な生産を確認した。

一方、合成ガスを出発物質とする発酵法によるケミカル原料の製造を目的とした研究開発では、合成ガス成分である水素、一酸化炭素、二酸化炭素を利用する微生物を用いた遺伝子操作技術の確立が必要である。昨年度、分離した形質転換効率の高い合成ガス資化性好熱性細菌に乳酸合成遺伝子を導入し、乳酸合成に成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リグノセルロース、糖化酵素、バイオ変換

【テーマ題目2】高性能複合材料製造基盤技術の開発

【研究代表者】遠藤 貴士（セルロース利用チーム）

【研究担当者】遠藤 貴士、岩本 伸一朗、石黒 真希、山本 茂弘、熊谷 明夫、武 龍、北浦 敦志、谷岡 拓弥、下地 良平、妙見 夕佳（常勤職員2名、他8名）

【研究内容】

地球環境保全等の観点から、木質系バイオマスの利活用技術開発においては、バイオエタノール等エネルギー転換技術とともにマテリアルとしての利用が重要である。木質の主要成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであるが、木質中でセルロース分子はマイクロフィブリルと呼ばれるナノサイズの超微細繊維を形成している。この超微細繊維は、セルロースナノファイバー（ナノセルロース）とも呼ばれ、その強度は鋼鉄の5倍でありながら比重は5分の1という軽量・高強度の特性を持っている。本テーマでは、木質からの直接的ナノファイバー製造技術および得られたナノファイバーの特性を活用して、汎用プラスチック以上の性能を発揮する高性能複合材料製造基盤技術の開発を目指している。

木質系バイオマスからのナノファイバー製造では、当研究センターで開発した水熱・メカノケミカル処理を基盤技術としている。木質組織は、ナノファイバーが集合・積層した構造であり、適切な方法で解繊すればナノ

ファイバーが製造できる。しかしながら、木質はセルロース等の成分が複雑に積層した強靱なナノ構造体であるため、ナノサイズへほぐすのは容易ではない。水熱・メカノケミカル処理では、最初に木質を100℃以上の加圧熱水を用いて水熱処理することにより、ヘミセルロース等の成分を部分的に加水分解する。この処理により木質組織は脆弱化する。次に、ディスクミル等を用いて機械的に湿式粉碎することで、木質組織は効率的にナノファイバーにほぐされる。しかし、ナノファイバーの製造においては水が必須であるため、生成物は高含水スラリーとして得られる。ナノファイバーをポリプロピレン等の疎水性の樹脂と複合化するためには、水を除去する必要があるが、単純な加熱乾燥等ではナノファイバーは強度に凝集し、利用性が著しく低下する。

本年度は、ヒノキ等を原料として、ディスクミルを用いて直接的にナノファイバーを製造した。このナノファイバーはリグニンやヘミセルロース等の木質成分を含有したリグノセルロースナノファイバーである。得られたナノファイバーについては、ポリプロピレン等の樹脂との複合材料化手法の開発を進めた。また、ナノファイバーの表面状態評価についても研究を進めた。

高含水状態のナノファイバーを溶融した樹脂に直接混合すると、急激に水が蒸発してナノファイバーが凝集し、補強効果が著しく低下する。これまでに、低融点樹脂を用いて凝集を抑制しながら脱水・複合化を行うマスターバッチ法の効果を明らかにしてきた。本年度は、粉末化した汎用樹脂にナノファイバーを直接的に複合化する固相せん断法について研究を進めた。その結果、高含水ナノファイバーにおいても直接樹脂に均一分散でき、強度物性に優れた複合材料が製造できることを明らかにした。また、高純度パルプから製造したセルロースナノファイバーと木質から直接的に製造したリグノセルロースナノファイバーの樹脂補強効果を比較した結果、同一の複合化量では、セルロース含有率が低いにもかかわらず、リグノセルロースナノファイバーは十分に高い補強効果を発現することが示された。

水熱・メカノケミカル処理による木質からの効率的ナノファイバー製造方法として、水熱処理時のアルカリ添加効果についても研究を進めた。その結果、アルカリとして水酸化ナトリウムや水酸化カルシウムを用いることで、リグニンとヘミセルロース間等のエステル結合が切れ、木質組織が脆弱化して、湿式粉碎処理により効率的にナノファイバー化が進行することが明らかとなった。

リグノセルロースナノファイバーでは、セルロース表面にリグニンやヘミセルロースが存在している。そのため、効果的な利用技術を開発するには、ナノファイバーの表面状態の把握が必要となる。これまでリグノセルロースナノファイバーを用いてセンサーを作製し、水晶振動子マイクロバランス法により、酵素の吸着・分解挙動を解析できることを明らかにした。本年度は、木質成分

組成を変化させたリグノセルロースナノファイバーを用いてセンサーを作製し、酵素をプローブとしてその反応挙動から表面状態の解析を進めた。その結果、180℃以上の高温で水熱処理した場合には、リグニン変性物が再析出して、表面を覆っていることが示された。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ナノセルロース、リグノセルロース、複合材料

【テーマ題目3】 液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】 平田 悟史 (BTL プロセスチーム、実証・実用化チーム)

【研究担当者】 平田 悟史、花岡 寿明、宮澤 朋久、志村 勝也、矢野 伸一、滝村 修、横山 英幸、野坂 佳加、新谷 紀子、土肥 康浩、時藤 千歳、住広 匡謙、岩本 光一 (常勤職員6名、他7名)

【研究内容】

BTL プロセスの中で、Fischer-Tropsch 合成および水素化分解の各工程において高性能な触媒の開発を目的とする。FT 合成においては、①担体として SiO₂および TiO₂を用いた Co 触媒の高性能化、水素化分解においては、②Pt 触媒を用いた FT 生成物からジェット燃料の製造について検討を行った。

①について、ラボスケールのスラリー層流通式反応装置を用い、Co 触媒の性能を評価した。担体として、SiO₂は CTL (Coal to Liquid) および GTL (Gas to Liquid) の商業プロセスで用いられており、TiO₂は安価、安定であり、構造を制御する方法が確立しているため、研究対象として取り上げた。Co/SiO₂触媒に関して、添加金属として Zr (8 wt%) および Mn (1 wt%) の添加が有効であり、Co、Mn、Zr を共含浸法により同時に担持すること、他の添加金属、添加方法により調製した Co 触媒と比較し、CO 転化率が高く、かつ30時間活性が維持されることを見出した。また、Co/TiO₂ (ルチル相) 触媒に関して、添加金属として Ca (0.8 wt%) を添加した場合、異なる相を持つ担体や他の金属を添加した Co 触媒と比べて、高い CO 転化率および炭素数5以上の炭化水素選択性を得た。なお、Co-Mn-Zr/SiO₂触媒と比較し、性能は低いものの、助触媒である Ca が安価であり、還元処理温度が100℃低いという利点があった。

②については、オートクレーブを用い、石油化学工業で用いられている水素化分解用触媒である Pt 触媒について、FT 生成物のモデル物質 (C₂₈H₅₈および C₃₆H₇₄) を用いて担体のスクリーニングを行った。その結果、ベータタイプゼオライトを用いることで、両モデル物質を用いた場合とも高いジェット燃料収率を得た。さらに C₃₆H₇₄を用いて、Pt 担持量、反応温度、水素圧力がジェット燃料製造に及ぼす影響を検討し、Pt 担持量0.1

wt%、反応温度250℃、圧力0.9 MPa の場合、最も高いジェット燃料収率を得た。

糖化・発酵プロセスによるリグノセルロース系バイオマスからの液体燃料生産については、水熱・メカノケミカル法による前処理と酵素処理の組み合わせによる糖化と、得られた糖化液の発酵によるエタノール製造技術の研究開発を行った。

今年度はこの技術に基づいて、世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルでの実用化に資するために、ブラジル産バガスを糖化し、これを発酵することでエタノールを生産する実験を1kg のバッチスケールで行った。発酵にはブラジルで既に工業的に使用されている酵母株を用いるため、バガスに多量に含まれるキシロースからの発酵はできない条件であったが、セルロースの糖化により得られたグルコースの発酵により、バガス1kg から176ml のエタノールが得られ、前処理からエタノール発酵までの一貫プロセスによるバガスからのエタノール生産を実証することができた。

バイオエタノール製造プロセスにおける LCA 解析の研究においては、民間企業と共同で実施している原木の栽培からエタノール生産までの一貫プロセスの研究開発において、パイロットプラント運転による実データに基づいてプロセスシミュレーションを行った。その結果、経済性については、植林の集中型、分散型と、エタノール工場の独立型、パルプ工場併設型、の組み合わせによる4つのケースの解析により、それぞれのコスト計算を行った。また残渣を燃焼することによりエネルギー自立型のプロセスを構築でき、「バイオ燃料技術革新計画」の数値目標である「エネルギー収支2.0以上」および「対ガソリン比 CO₂排出量5割以上削減」を達成できることを示した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオエタノール、バイオジェット燃料、BTL プロセス

⑧ 【触媒化学融合研究センター】

(Interdisciplinary Research Center for Catalytic Chemistry)

(存続期間：2013. 4. 1～2020. 3. 31)

研究センター長：佐藤 一彦

副研究センター長：浅川 真澄

所在地：つくば中央第5

人 員：19名 (19名)

経 費：444,245千円 (138,672千円)

概 要：

1. ミッション

触媒は、化学品製造技術の要であり、グリーン・

イノベーションを通じた持続可能社会構築に向けた、キーテクノロジーの一つである。そこで、以下の3つの観点から、革新的な触媒を利用した、機能性化学品の製造技術に関する研究を進める。

●省エネルギー：反応温度の低下、反応時間の短縮

●選択性の向上：副生成反応物の低減、分離エネルギーの低減

●レアメタルの大幅な削減：貴金属触媒からの転換

具体的には、「ケイ素化学技術」「革新的酸化技術」「官能基変換技術」「触媒固定化技術」の4つの戦略課題に取り組む。石油化学由来の機能性化学品製造技術は、酸化技術、還元技術、炭素結合制御技術、官能基変換技術（機能付加技術）、に大別できる。また、ケイ素化学技術は、石油化学由来の化学品製造技術とは別な体系を持つ。当該研究センターでは、石油化学由来の製造技術のうちの2つと、ケイ素化学技術、更にはこれらの技術の共通基盤となる分子触媒の固定化・リサイクル技術に取り組むことで、多くの機能性化学品製造に適応できる技術を開発する。

固体触媒、分子触媒、酵素など、広範な分野にまたがる触媒技術を、機能を発現する構造の観点から捉え直し、体系的に整理することでイノベーションを起こすため、産総研の触媒技術者、酵素技術者や微生物活用技術者が加わる分野融合型の研究会を主催する。

研究の発想段階から企業ニーズを意識した触媒開発を行うため、研究支援チームを作り、研究開発初期から企業や業界との情報交換を通じて、企業ニーズの把握や業界の動向把握を行う。従来、研究者の自由な発想から得られたシーズ技術を元に、企業とマッチングさせて共同研究を行っているが、それに比べて実用化の成功率の大幅向上が期待される。

2. 戦略課題への取り組み

(1) ケイ素化学技術

未来開拓研究 PJ の中で、砂からの有機ケイ素原料製造プロセス、および有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発を行い、有機ケイ素材料の性能向上・新機能発現、大幅なコストダウンの達成を目指す。

(2) 革新的酸化技術

酸素や過酸化水素水など、クリーンな酸化剤を利用した酸化技術について、新規触媒の設計、触媒の機能化（反応活性、選択性、および耐久性の向上）、を通して酸化技術の拡充・深化を図り、実用的プロセス構築によって、多様な高機能化学品製造への展開を進める。

(3) 官能基変換技術

触媒反応による官能基変換・制御・付加技術を

駆使して、セルロースに代表される生物由来原料や二酸化炭素に代表される難反応性原料および含ヘテロ元素化合物からの有用化学品合成反応の開発、および官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組む。

(4) 触媒固定化技術

触媒分離・リサイクルの容易性、触媒成分の製品への混入抑制、連続流通反応による生産といった観点から、不均一系触媒による精密合成技術の開発が望まれている。様々な機能性化学品を高効率かつ低環境負荷で製造するための分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発に取り組む。

外部資金：

経済産業省化学課 産業技術研究開発 革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発プロジェクトのうち有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) (本格研究開発) ハイリスク挑戦 化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成および誘導体化

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 温度に応じて金属錯体を着脱する固定化触媒の開発

発表：誌上発表33件、口頭発表61件、その他6件

ケイ素化学チーム

(Silicon Chemistry Team)

研究チーム長：島田 茂

(つくば中央第5)

概要：

当チームは、有機合成化学、触媒化学、有機金属化学、錯体化学、ヘテロ元素化学等の有機・無機合成化学技術を中心とした諸分野のポテンシャルを併せて、当センターの中核的研究課題の1つである「ケイ素化学技術」の開発を中心に推進している。具体的には、1) 有機ケイ素機能性化学品のための触媒技術開発、2) 触媒関連基盤技術開発の2つの課題に取り組んでいる。1つ目の課題については、①有機ケイ素原料を現状より格段に低エネルギー・低コストで製造する革新的な触媒技術の開発、②高機能有機ケイ素材料開発に繋がる高度構造制御触媒技術や白金代替触媒技術等に取り組んでいる。2つ目の課題「触媒関連基盤技術開発」については、将来の種になるような触媒開発に関連する有機金属、錯体、ヘテロ元素、材料技術等にお

ける挑戦的なテーマや産総研の独自性の高いテーマに取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

革新的酸化チーム

(Innovative Oxidation Team)

研究チーム長：佐藤 一彦

(つくば中央第5)

概要：

当チームでは、有機合成化学・触媒化学・錯体化学を基盤技術として、従来にない高効率且つ高選択的な触媒を創製し、高機能な化学品を製造でき且つ環境にやさしい酸化反応を開発している。開発したクリーン酸化技術は環境負荷の高い重金属類が排出されず有機溶媒の使用量を極小化しているため、当センターの戦略課題である「環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術」の推進に貢献している。具体的には、過酸化水素を用いることで、反応後の廃棄物が水のみ且つ塩素フリーな方法で酸化する技術を推進している。特に高機能な触媒を用いる過酸化水素酸化技術を開発することにより、電子材料として有用なエポキシやカルボン酸を含む新規機能性材料を、実用化可能なレベルで製造できる方法の開拓に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

官能基変換チーム

(Functional Group Transformation Team)

研究チーム長：富永 健一

(つくば中央第5)

概要：

物質が持つ様々な特性や機能は、その物質を構成する分子の骨格と官能基により発現する。それらの骨格や官能基を変換したり、新たな官能基を付加することにより、物質に新たな機能を与え、有用な化学品を合成することが可能になる。

当チームは、触媒反応による官能基変換・制御・付加技術を駆使して、当センターの中核的課題の一つである「官能基変換技術」の開発に取り組んでいる。具体的には、(1)セルロースに代表される生物由来原料からの有用化学品合成、(2)小分子の付加による機能性化学品合成、および(3)官能基変換技術を応用した高機能部材開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3

ヘテロ原子化学チーム

(Heteroatom Chemistry Team)

研究チーム長：韓 立彪

(つくば中央第5)

概要：

機能性化合物は、ハイテク産業を支える鍵物質であ

る。当グループでは、ヘテロ元素資源の有効利用とより機能性の高い材料の創出を目指して、リン・イオウ・ケイ素・ホウ素等の各種機能性ヘテロ元素化合物の省エネルギー・省資源・環境保全型製造法の開発から、含ヘテロ元素機能性材料の試作までの一貫した研究を行っている。具体的には、触媒手法を用いた機能性リン化合物・機能性イオウ化合物の高効率合成法の開発と、リン・イオウ・ホウ素・ケイ素系機能性材料の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目3

触媒固定化設計チーム

(Catalyst Design Team)

研究チーム長：安田 弘之

(つくば中央第5)

概要：

当チームでは、化学プロセスにおける廃棄物の更なる低減、エネルギー効率の一層の向上、循環型資源への原材料転換を目指し、その実現のためのキーテクノロジーである触媒の分子・原子レベルでの設計・開発を行っている。具体的には、当センターの4つの中核的課題の中の「触媒固定化技術」に主として関与する中で、触媒の分離・リサイクルを容易にし、触媒成分の製品への混入を防ぐための分子触媒の固定化・リサイクル技術や、触媒の低コスト化、省資源のための貴金属代替・省量化技術の開発に取り組んでいる。また、二酸化炭素からの有用化学品製造技術や有機ケイ素化学品の高効率製造技術の開発も合わせて行っている。研究開発のキーワードは、高効率（高活性、高選択性）、高品質（残留金属低減、ノンハロゲン）、低環境負荷（E-ファクター低減）、再生可能資源（二酸化炭素、ケイ砂）利用等である。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4

【テーマ題目1】ケイ素化学技術

【研究代表者】 島田 茂（ケイ素化学チーム）

【研究担当者】 島田 茂、佐藤 一彦、浅川 真澄、清水 政男、中島 裕美子、五十嵐 正安、八木橋 不二夫、江口 勝哉、石原 吉満、山下 浩、安田 弘之、崔 準哲、深谷 訓久（常勤職員13名、他14名）

【研究内容】

シリコンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。また、その原料は岩石や砂としてどこにでも多量に存在しているが、製造規模は有機材料に比べはるかに小さい。

その理由として、中間原料の製造に多量のエネルギーが必要であることや、高性能材料開発に欠かせない触媒技術の開発が有機材料に比べ大きく遅れていることなどが挙げられる。そこで、本テーマでは、以下の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成し、エネルギー関連部材・電子機器用部材をはじめとする高性能・高機能部材開発を通して、有機ケイ素部材の市場拡大に繋がる基盤技術の開発を行っている。

(砂からの有機ケイ素原料製造プロセス技術開発)

本課題では、有機ケイ素原料製造における大幅な省エネルギーの達成を目標に、砂から金属ケイ素を経由せずに有機ケイ素原料を製造するための触媒技術開発を行う。具体的には、ケイ砂を効率的に反応させるための処理方法の検討や不純物の影響の解析等、触媒の中心元素の種類や配位子構造の検討等を行う。更に、温度や反応媒体等の反応条件についても検討する。なお、これらを複数の反応経路を想定して実施する。

平成25年度は、主に以下の4点について検討を行った。

①炭酸ジアルキルを経由するアルコキシシランの製造方法について、 SiO_2 の前処理方法、触媒の種類と量、反応時の導入ガスの圧力、反応温度、反応媒体等の反応条件を検討し、テトラアルコキシシランの収率を向上できる条件を見出した。②水素を還元剤としてアルコキシシランやハロシランのケイ素-酸素結合やケイ素-ハロゲン結合をケイ素-水素結合に変換するため、触媒の中心元素の種類や配位子構造、添加剤の種類や溶媒、温度、圧力等の反応条件を検討し、一部の基質に対して有効な触媒反応系を見出した。③高活性ケイ素化学種を経由した有機ケイ素原料製造法の開発に関して、高活性ケイ素化学種を発生させ反応を検討するための装置の設計・作製を完了した。また、理論化学計算により高活性ケイ素化学種と各種反応基質との反応を検討し、実験的検討を行う際に重要となる反応条件等についての知見を得た。④その他、候補となり得る反応について技術調査を継続し、検討対象となりうる反応についての情報を得た。

(有機ケイ素原料からの高機能有機ケイ素部材製造プロセス技術開発)

本課題では、有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造するため、現行の白金触媒を代替する非金属系等の触媒や有機ケイ素部材の高度な構造制御を可能とする触媒等の研究開発を行う。具体的には、複数の高機能有機ケイ素部材を想定し、触媒の活性中心元素や配位子構造の検討等を行い、更に触媒反応のシミュレーションを実施する等、触媒の高活性化や反応の高効率化を検討する。

平成25年度は、主に以下の3点について検討を行った。

①ケイ素-炭素結合形成技術においては、ヒドロシリル化用触媒に関して、中心元素の種類や配位子構造およびヒドロシランやオレフィンの構造が反応に与える影響を

検討し、触媒構造と反応基質の適切な組み合わせに関する指針を得た。②ケイ素-酸素結合形成技術においては、選択的にケイ素-酸素結合を形成できる反応の開発に関して、金属触媒や有機触媒等を用いた検討を引き続き行い、触媒構造や反応条件が生成物の構造に与える影響を幅広く探索し、選択的にアルコキシシランを合成可能な触媒等を見出した。クロスカップリング反応に関しては、遷移金属触媒等を用いた検討を引き続き行い、中心元素の種類や反応媒体等の反応条件が触媒反応効率や選択性に与える影響を調べ、今後の検討に有用な情報を得た。③ケイ素-ケイ素結合形成技術においては、脱水素カップリング反応に関して、触媒の金属元素、構造、反応温度、反応時間、触媒濃度、反応基質濃度を変えて検討を行い、有機ヒドロシランの反応において低分子量の高次シランを高選択的に生成する触媒を見出した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ケイ素材料、機能性材料、貴金属触媒、
卑金属触媒、固体触媒、省エネルギー

[テーマ題目2] 革新的酸化技術

[研究代表者] 佐藤 一彦 (革新的酸化チーム)

[研究担当者] 佐藤 一彦、清水 政男、今 喜裕
(常勤職員3名、他5名)

[研究内容]

酸化反応は、石油化学製品製造の最も基本的なプロセスの一つであり、全化学プロセスの30%を占めると言われ、工業的に最重要な反応である。しかし、これまでの反応は、酸化剤に起因する廃棄物による環境への負荷が大きく、今後クリーンな酸化剤を使用することによる環境低負荷なプロセスへの転換が喫緊の課題である。本研究テーマでは、反応後に排出される廃棄物が水のみであり、有効酸素含有率も高い過酸化水素を用いる酸化技術の開発を行う。過酸化水素は紙・パルプの漂白、殺菌、半導体洗浄などに用いられ、消毒薬としてもなじみが深い。産業においてもヒドラジン、カテコール、ナイロン原料、樹脂原料など石油からの基礎化学品製造に使用されている。一方で、医薬品や電子材料など高機能化学品の製造にはほとんど使用されていない。これは過酸化水素の酸化力があまり高くなく、高機能化学品製造に適用できるレベルでの選択性や反応効率が達成されていないためである。本テーマでは、過酸化水素の選択性や反応効率を飛躍的に向上させる触媒を新規に開発することにより、医薬品や電子材料などの高付加価値品をクリーンに製造する技術を開発し、日本の産業競争力を向上させることを目的としている。

近年、本テーマの推進により、半導体封止材用途の二官能エポキシ化合物や鉄を触媒に用いるスチレンオキシドの製造法開発に成功している。これら成果により、レアメタルを用いない鉄によるエポキシ化反応が可能になり、工業品のエポキシ化にも対応可能となってきた。今

年度は、回収再利用可能な触媒を用いる硫黄化合物の選択酸化技術、ラジカルポリマーのクリーンな合成方法についての結果を報告する。

〔硫黄化合物の選択酸化反応〕

スルフィドに代表される硫黄化合物を過酸化水素と新規触媒を用いて酸化し、高選択的にスルホキシドを合成する技術を開発した。スルホキシドは硫黄に酸素が一つ結合した構造で、医薬品原料や殺虫剤などに使用される中間体の主骨格であり、穏和な条件下で合成する必要がある。チタンとケイ素と酸素からなる無機材料、チタノシリケートを触媒に使い、スルフィドからスルホキシドを穏和な条件下、有機溶媒を用いずに合成する技術を開発した。骨格中に規則的に大きな穴をあけたチタノシリケートを使用することにより、様々なスルホキシドが収率90%以上で合成できることを確認した。触媒は回収再利用が可能であり、5回収再利用しても活性は低下せず高効率にスルホキシドが得られた。

〔ラジカルポリマーの製造〕

ラジカルポリマー、特に窒素-酸素結合にラジカルが付加したニトロキシドポリマーは、電子の受け渡しが容易な高分子材料として次世代機能性化学品の使用が期待されている。これまでは有機過酸を用いて合成されてきたが、反応後の廃棄物として大量の有機酸が発生し、また反応時の爆発危険性が高く、より安全でクリーンな製造法の開発が望まれていた。今回、過酸化水素を酸化剤に使い、タングステンを中心とする新規触媒系に最適な有機溶剤を組み合わせ、爆発危険性、酸素の発生量が極小化されたクリーン酸化プロセスを開発した。反応時間を従来の1/3以下、酸素の発生量を従来の1/10以下にすることに成功し、ラジカルポリマーを変換率95%以上で製造することが出来た。パイロットプラントでの試作では、数十キログラムのラジカルポリマーの取得を確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 選択酸化、過酸化水素酸化、遷移金属触媒

〔テーマ題目3〕 官能基変換技術

〔研究代表者〕 富永 健一（官能基変換チーム）

〔研究担当者〕 富永 健一、今野 英雄、根本 耕司、韓 立彪、内丸 祐子、山下 浩、安田 弘之、坂倉 俊康、藤田 賢一、小野澤 俊也、崔 準哲（常勤職員11名、他17名）

〔研究内容〕

物質を構成する分子の骨格変換や官能基付加は、物質に新たな機能を与え、有用な化学品を合成することを可能にする。今日、有機合成反応技術は高度なレベルに達しているが、高性能・高機能部材をさらに高効率かつ省資源なプロセスにより製造するための触媒開発が望まれている。本テーマでは、(1)セルロースに代表される

生物由来原料からの有用化学品合成、(2)小分子の付加による機能性化学品合成、(3)ヘテロ元素系反応技術および(4)官能基変換技術を応用した高機能部材開発に取り組んでいる。今年度の進捗の概要は下記の通り。

〔生物由来原料からの有用化学品合成〕

レブリン酸はセルロース系バイオマスから合成可能な化学品の中でも、燃料、基本化学品、機能性化学品の中間体として利用可能であり、基幹物質として高いポテンシャルを有している。これまで、ルイス酸とブレンステッド酸を組み合わせた触媒系がメタノール中で高効率にセルロースからのレブリン酸エステル合成に作用することを見出ししてきたが、今年度は同様の触媒設計指針に基づき、水中でセルロースから高効率にレブリン酸を合成する触媒系を開発することに成功した。

〔小分子の付加による機能性化学品合成〕

二酸化炭素からの化学品製造について、今年度は、市販の含窒素複素環カルベンを触媒として用いることにより、2-プロパノール中二酸化炭素を用いたプロパルギルアミンのカルボキシル化-環化反応が進行し、反応温度を選択することにより、対応する2-オキサブリジノンが収率よく得られることを見出した。芳香族アミンと二酸化炭素からの芳香族ウレタン合成について検討を行い、アニリンを原料に収率80%以上で対応するウレタンを得ることに成功した。また、2,4-ジアミノトルエンを用いても、同様に芳香族ウレタンの合成が可能であった。また、二酸化炭素をより反応性の高い一酸化炭素に変換する触媒の開発を行い、従来触媒よりもルテニウムの使用量を75%削減しかつ同等の活性を持つ触媒系を開発し、その反応機構を明らかにした。

〔ヘテロ元素系反応技術〕

触媒反応による P(O)H 化合物の立体特異的付加反応を見出し、キラルリン化合物の簡便かつ E-ファクターの低い合成法を開発した。また得られたキラルリン化合物を配位子とする不斉水素化反応を開発した。

〔高機能部材開発〕

有機エレクトロルミネッセンス (EL) 素子の発光材料として用いることが可能な発光性金属錯体材料の開発を行った。これまで有機 EL 用発光材料として、2-フェニルピリジン系イリジウム錯体が活発に研究されているが、本研究では新規骨格の2-フェニルピリジン系イリジウム錯体が室温下溶液中で強い発光を示すことを見出し、有機材料として非常に高いポテンシャルを有することを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、二酸化炭素、キラルリン化合物、有機 EL 素子

〔テーマ題目4〕 触媒固定化技術

〔研究代表者〕 安田 弘之（触媒固定化設計チーム）

〔研究担当者〕 安田 弘之、坂倉 俊康、高橋 利和、

藤田 賢一、小野澤 俊也、崔 準哲、
深谷 訓久（常勤職員7名、他12名）

【研究内容】

高度部材産業を支える情報電子材料や医薬品中間体などの機能性化学品を省エネルギー、省資源かつ低環境負荷で製造するための技術開発がますます重要になりつつある。機能性化学品の合成には多くの場合、高い活性・選択性を有し、分子設計が比較的容易な錯体触媒などの分子触媒（均一系触媒）が用いられる。一方で、触媒分離・リサイクルの容易性、触媒成分の製品への混入抑制、連続流通反応による生産といった観点から、不均一系触媒による精密合成技術の開発が望まれている。本テーマでは、様々な機能性化学品を高効率かつ低環境負荷で製造するための分子触媒の固定化・リサイクル技術の開発および触媒の低コスト化、省資源のための貴金属代替・省量化技術の開発を行っている。

平成25年度は、ポリスチレン樹脂を担体とした固定化含窒素複素環カルベン-金錯体および両親媒性 dendritic コア部固定化含窒素複素環カルベンを新規に合成し、ベンゾイン反応やアミン類のカルボニル化-環化反応における水中での触媒活性を明らかにした。触媒成分の担体への吸着と液相への溶出を温度によって制御できる触媒の開発を目指し、有機修飾を施したシリカとクラウンエーテル誘導体とからなる触媒系を合成した。この触媒系の有機溶媒中の挙動を UV スペクトルで観察した結果、クラウンエーテル誘導体は20℃ではほとんど有機修飾シリカ上に吸着しており、100℃では半分程度溶出することが確認された。また、ハロゲン交換反応を例に濾過による触媒の回収再利用に成功した。固体表面にキラリな反応場を構築することにより、分離が容易で、繰り返し利用できる不斉触媒の開発を目指し、ピナフトール-チタン錯体をシリカに固定化した触媒を合成した。ケトンの不斉ヒドロシリル化反応への適用を試みたが、均一系触媒と同等の活性、不斉選択性を得るには至らなかった。固体 NMR を利用した固定化分子触媒の構造解析に関して、フッ素を含有する固定化分子触媒の分析に際して¹⁹F-¹³C CPMAS の適用を実現するための条件探索を行い、最適条件を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固定化触媒、シリカ、 dendritic コア部、不斉合成、固体 NMR

⑨【再生可能エネルギー研究センター】

(Renewable Energy Research Center)

(存続期間：2013. 10. 1～2017. 3. 31)

研究センター長：大和田野 芳郎

副研究センター長：古谷 博秀

総括研究主幹：安川 香澄

所在地：福島再生可能エネルギー研究所

人員：17名（17名）

経費：449,276千円（197,735千円）

概要：

1. ミッションと目標

再生可能エネルギー研究センターは、政府の「東日本大震災からの復興の基本方針」及び「福島復興再生基本方針」を受けて設立された、福島再生可能エネルギー研究所における唯一の研究ユニットであり、そのミッションは、「世界に開かれた再生可能エネルギー研究開発の推進」及び「産業集積と復興への貢献」としている。

また当研究センターでは、第3期中期計画に基づく「研究戦略」の「I グリーン・イノベーションの推進戦略」の第一課題である「I-1 再生可能エネルギー技術」の研究開発を担当する。また、分野別研究推進戦略では、環境・エネルギー分野重点課題「再生可能エネルギー」、地質分野重点課題の「地圏の資源と環境」中の「地下水・地熱資源ポテンシャル評価」を担当する。

2. 研究開発の方針

上記目標と中期計画を実現するために、再生可能エネルギーの大量導入の早期実現に向けて解決すべき以下の技術を戦略的研究課題として設定し、これらの研究課題を企業、大学等と共同で進めていく。

- ・再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術
- ・太陽光発電の高効率化・低コスト化技術
- ・地熱・地中熱の適正利用技術

「再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術」に関しては、時間的に大きく変動する太陽光発電や風力発電の出力を水素キャリア等の貯蔵技術を利用して需要とマッチングさせると共に、商用電力系統との円滑な連系を可能とする。

「太陽光発電の高効率化・低コスト化技術」に関しては、未だに高い太陽光発電の発電単価を大幅に低減することにより導入を加速する。

「地熱・地中熱の適正利用技術」に関しては、地熱発電や地中熱利用に関して高度な地熱モニタリング技術と精確なデータマップを提供し、環境に適合した適切な導入を支援する。

以上3つの研究課題を、国内及び世界の主要な研究所・拠点と連携し、世界最先端の再生エネルギーの研究開発を行うと共に、福島県等の東北被災県の企業、大学、公設試等とも連携することにより、再生可能エネルギー産業集積を促進し復興に貢献する。

これら3つの研究課題を解決するため、具体的に次の6つの研究開発を重点的に進める。

- (1) 再生可能エネルギーネットワーク技術

時間的に大きく変動する再生可能エネルギーの高密度の大量導入に必要な、様々な貯蔵技術を活用したエネルギーネットワークを構築し、エネルギー需要とのマッチングや電力系統との円滑な連系を可能とする技術を開発・実証する。最終的には、福島地点において再生可能エネルギーによる100%のエネルギー自給を実証する。また、電力変換器や電力貯蔵等の新技術の性能評価及び国際標準化、ICT 技術を活用した高精度広域発電量予測技術の開発も行う。

(2) 水素キャリア製造・利用技術

太陽光・風力発電等の変動電源から水素キャリア（有機ハイドライド、アンモニア等）を製造することにより、変動する再生可能エネルギーを大量貯蔵・輸送し、高効率で利用するシステム技術を開発・実証する。システムの中核となるコジェネエンジン技術では、燃料の80%を再生可能エネルギー由来の水素に置き換えられる技術を確立する（現状技術の水素割合20%）。また残りの20%の燃料について、現状は軽油を使用しているが、燃料利用の高度化技術によりバイオマス燃料比率を高める。最終的には全ての燃料を再生可能エネルギー由来（水素80%/バイオマス燃料20%）とするコジェネエンジンの実現を目指す。

(3) 高効率風車技術及びアセスメント技術

ナセル搭載 LIDAR による発電量向上・長寿化技術を確立し、発電量を現在の1MW あたり1.75GWh から5%以上増加し、風車寿命を現在の約20年から5~10%程度延ばすことを目指す。また、数値モデルと各種計測技術を統合した高精度サイトアセスメント技術を開発し、風力発電の年間発電量を高精度（誤差±5%以下）に推定可能とし、アセスメントにかかる計測費用を現状の約5000万円（数十 MW 程度のウィンドファームを想定）から2、3割削減を目指す。

(4) 次世代太陽電池モジュール技術

結晶シリコンインゴットから太陽電池モジュールまでの一貫製造ラインを用いて、高効率・低コスト・高信頼性を兼ね備えた薄型結晶シリコン太陽電池モジュールの量産化技術を企業群（次世代結晶シリコン PV コンソーシアム構成企業など）と連携して実現する。厚さ80μm の太陽電池セルと薄型ガラスを用いた軽量（現行汎用品の半分）モジュールで、変換効率22%、寿命30年を目指す。さらに厚さ50μm 以下の超薄型セルの開発を進め、変換効率23%の軽量化モジュールの実現を目指す。

(5) 地熱の適正利用技術

地熱発電所の持続的な運転や周辺温泉への影響監視・評価に必要なモニタリング技術、地熱発電可能地域を拡大する技術等を開発する。また、地熱利用

の社会的受容性を高めるため、地熱モニタリング技術開発の成果、及び地熱情報データベース等を利用し、温泉資源との共生を支援する合意形成支援手法を開発する。

(6) 地中熱ポテンシャル評価とシステム最適化技術

地下水流動・熱交換量予測シミュレーションに基づく高分解能（<1km メッシュ）地中熱ポテンシャルマップを作成し、それを活用して地中熱利用システムの最適化・高精度設計技術の開発を行う。地中熱ポテンシャルマップと最適設計手法により、2030 年に設備容量2,000MWt（現在の約100倍）の地中熱利用システムの導入を目指す。

内部資金：

「再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発」

外部資金：

NEDO 新エネルギー技術研究開発

風力発電高度実用化研究開発/10MW 超級風車の調査研究（要素技術）

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構

地熱発電技術に関する委託研究「地熱貯留層評価・管理技術」

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

地域資源を活用した再生可能エネルギーの生産・利用のためのプロジェクト「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会

平成25年度科学研究費助成事業（科研費）

「地中熱ポテンシャル評価手法の高度化と東北5地域における地中熱ポテンシャル評価」（基盤研究 B）

「地中熱利用技術開発のための多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの高度化に関する研究」（若手研究 A）

平成25年度科学研究費助成事業（科研費、研究分担者）

「ヒートアイランド現象の抑制を目指した冷房排熱の帯水層処分システムの実用化」（基盤研究 A、国立大学法人秋田大学より）

発表：誌上発表23件、口頭発表42件、その他3件

エネルギーネットワークチーム

(Energy Network Team)

研究チーム長：大谷 謙仁

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

再生可能エネルギーは自然と共に変化するため、それによる電力供給を安定化するためには、電力貯蔵や利用者側の調整が必要となる。また、再生可能エネルギーは場所による偏在もあるため、それぞれの場所に適した再生可能エネルギーを選択し、様々な組み合わせを検討する必要がある。当チームでは、大規模な太陽光発電と風力発電に、水素と蓄電池による電力貯蔵を組み合わせた再生可能エネルギーネットワーク（マイクログリッド）を構築し、柔軟な設備更新とオープンな試験環境によって、電気利用者の目線に立つ新しいエネルギー供給モデルの提案を進める。

具体的には、再生可能エネルギーの導入拡大を進めるため、特に太陽電池に関する各技術の性能を検証、再生可能エネルギーによる電源価値を向上するため、蓄電技術や水素製造・貯蔵・利用技術、さらには、熱利用技術を統合した再生可能エネルギーマネージメントシステムを開発など、これらの技術開発により、再生可能エネルギーの導入可能量を大幅に引き上げ、再生可能エネルギー100%による電力自立などの様々な利用シーンの実証を目標とし、米 NREL、ノルウェーの SINTEF といった国内外の研究機関との連携した共同研究と国際標準化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目 1

水素キャリアチーム

(Hydrogen Energy Carrier Team)

研究チーム長：辻村 拓

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

太陽光・風力などの再生可能エネルギーは自然状況に左右されて変動するため大量導入の妨げとなっている。本研究では、再生可能エネルギーと水を使って水素を発生させ、その水素を安全かつ軽量・コンパクトな水素キャリアへ化学変換する技術を開発、また大量に貯蔵できる水素キャリアを、エネルギーの需要地でクリーンかつ高効率に利用する技術を開発し、再生可能エネルギーの大規模利用に貢献する。

具体的には、水素キャリアとなる有機ヒドライドの一種であるメチルシクロヘキサン（MCH）の製造や MCH から脱水素する触媒の過渡性能などを評価、また、非石油起源のキャリアの可能性を拡げるため、原料や不純物が触媒性能に及ぼす影響を調査、同様に水素キャリアとなるアンモニアをハーバーボッシュ法（500℃、200気圧）よりも低温・低圧の下で効率的に製造するための触媒反応技術の開発を進める。

また、水素キャリアを効率良く使うため、脱水素触媒を装着した廃熱回収型コジェネエンジンにおいて、脱水素によって取り出した水素ガスをコジェネエンジン等の燃料の一部として使い、安全かつ高効率に電気

と熱をつくるエンジン技術を開発する。

こうした水素キャリアの製造から利用までをシステム化した『水素キャリア製造・利用統合実証システム』により様々なエネルギー貯蔵・利用モデルの検討を進めていく。

研究テーマ：テーマ題目 1

風力エネルギーチーム (Wind Power Team)

研究グループ長：古谷 博秀

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

風力発電の更なる本格普及のためには、発電コストの更なる低減を目指し、風車の高出力化・長寿命化や低騒音化による設備利用率の向上や、事前の設置予定次の選定や年間発電量評価のためのアセスメント技術の高精度化が大きな課題となる。こうした課題に対して、近年、国際的に注目されつつある「ナセル搭載 LIDAR」を活用すると、風車前方の風速や風向をリモートセンシングにより計測することができるが、これにより風向急変や突風等を事前に察知し、風車の制御を予め実施することにより、発電出力の向上、寿命向上、故障の低減といった事が期待される。本研究では、ナセル搭載 LIDAR として求められる仕様を検討し、その仕様を満たすプロトタイプ機を開発した。今後は、フィールドにおける計測精度の実証と、風車の予見制御技術の先導研究として予見制御アルゴリズムの開発を行うと共に、設備利用率、性能評価、荷重低減効果に関する実証研究を実施する。更には、長期間使用可能な全天候型光マイクロホンの開発と共に、無人航空機を活用した現地計測技術、気象シミュレーション技術、衛星画像データによる風速推定技術を統合し、洋上風力発電のアセスメント手法の高精度化に寄与する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目 1

太陽光チーム (Photovoltaic Power Team)

研究チーム長：高遠 秀尚

(福島再生可能エネルギー研究所)

概要：

太陽光発電の将来にわたる持続的な普及・発展には、その中心となる結晶シリコン太陽電池セル・モジュールの一層の高効率化・低コスト化が必要となる。太陽光チームでは、結晶シリコンインゴットのスライスからセル・モジュールまでの一貫製造ラインを構築し、ウェハ・セル・モジュールを一体とした研究開発を進める。

また、量産に対応した先端的な製造技術の開発を民間企業と共同で行うことにより、太陽電池関連産業の技術力向上と国際競争力の強化とを図る。

具体的には、厚さ100μm以下のウェハを実現する

ために、固定砥粒（ダイヤモンドワイヤー）方式によるシリコンインゴットのスライス技術の開発、高効率・低コストの結晶シリコンセルの実現を目指した厚さ100 μm 以下の新しい構造のセルの開発、高効率・低コスト・高信頼性・軽量結晶シリコン太陽電池モジュールの実現のための薄型ガラスを用いたダブルガラス構造のモジュールの開発、量産に対応した先端的なプロセス技術の開発などを行っていく。

研究テーマ：テーマ題目2

地熱チーム (Geothermal Energy Team)

研究チーム長：浅沼 宏

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

我が国の地下に存在する地熱エネルギーの量は世界第三位とされているが、様々な理由によりそれを十分に利用できていないのが現状である。本チームでは、資源の不確実性や温泉との共生などの導入阻害要因の克服、社会・地下状況に合わせた最適開発手法の提示、工学的手法による地熱エネルギー利用可能地域の増大を目指した研究を行い 我が国における地熱発電量増大に早急に寄与することに加え、国際連携を通じて特に東アジア地域での地熱発電の導入促進に寄与する。

具体的には、MEMS、光ファイバ等を利用したセンシングシステムの開発、多元非定常信号処理法、統合解釈法等の高度解析技術の導出を通じて貯留層内で生じている現象の可視化を目指す。また、産総研が有する膨大な地熱資源情報を高度データベース化するとともに地球熱シミュレータの開発を通じて最適な開発手法の提示や温泉との共生に寄与する。さらに水圧刺激や注水による貯留層最適作成・制御技術を開発し、地域に依存しない開発・利用方法を導出していく。

研究テーマ：テーマ題目3

地中熱チーム

(Shallow Geothermal and Hydrogeology Team)

研究チーム長：内田 洋平

(福島再生可能エネルギー研究所)

概 要：

「地中熱ポテンシャル評価」では、各地域において現地地質調査・地下水調査を実施し、地下水流動・熱交換量予測シミュレーションに基づく地中熱ポテンシャルマップを作成する。その一環として、福島県を中心とした東北地域における地中熱ポテンシャルを評価すると共に、設計の高精度化とシステムの低コスト化により、地中熱利用の促進と拡大を目指している。また、「地中熱システムの最適化技術開発」では、地域の地質的特性・地下水流動特性に合った地中熱システムの最適化、および総合的な地中熱システム技術開発を行っている。

具体的には、地中熱利用の対象となる地下数 m～100m 付近には、地下水が豊富に存在しており、それらの地下水を有効に利用しつつ、保全することを目的としている。当チームでは、適切な地中熱利用の普及促進ため、地質・地下水環境や地下熱環境に関する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] 再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術

[研究代表者] 大谷 謙仁 (エネルギーネットワークチーム)

[研究担当者] 大谷 謙仁、前田 哲彦、辻村 拓、難波 哲哉、小島 宏一、菊島 義弘、嶋田 進、小垣 哲也
(常勤職員8名、他4名)

[研究内容]

「再生可能エネルギーの大量導入のための新システム統合技術」に関しては、時間的に大きく変動する太陽光発電や風力発電の出力を水素キャリア等の貯蔵技術を利用して需要とマッチングさせると共に、商用電力系統との円滑な連系を可能とする。

平成25年度においては、研究のベースとなる太陽光発電500kW、風力発電300kW、水素キャリアによるエネルギー貯蔵と発電100kW、これらのエネルギーを統合し管理するためのエネルギー管理棟のそれぞれの設備を実証フィールドに整備した。産総研再生可能エネルギー研究所では、本館、実験棟合わせて2MW程度の最大電力消費量を見込んでいるが、この約半分の発電容量の太陽光発電と風力発電を備える形である。

具体的には、太陽光発電として、合計で2500枚の太陽光発電パネルで500kWの発電設備容量の設備を設置した。このうち、300kWについては、実変動電源として同一機種の結晶シリコン型パネルとし、250kWと50kWのPCS(パワーコントロールシステム)をエネルギー管理棟に設置し稼働を始めた。また、残りの200kWについては、各種太陽電池の特性と、気象条件を加味した発電量予測を実施するために、国内9社から10種類の太陽光発電パネルを20kWずつ入手して稼働を始めた。太陽光発電パネルの種類は、単結晶シリコン型3種、HIT型1種、多結晶シリコン型1種、薄膜シリコン型2種、CIGS型2種、集光型1種である。

風力については、産総研が設計段階に関わった出力300kWの風車を導入した。この風車は日本の乱流成分の多い風や地震にも強く、比較的小型のクレーンで設置が可能である点を特徴としている。風速3m以上の風で発電を行うことが可能な風車である。風車の高さは、地上からナセルまでの高さで41.5m、羽の長さは16.5m(直径で33m)、合計の高さで58mとなる。

水素キャリアについては、余剰の再生可能エネルギー

から水素を発生させ、これをトルエンと反応させ MCH（メチルシクロヘキサン）の形で貯蔵、電力が必要な時にディーゼルエンジンをベースとしたコージェネレーションエンジンシステム（軽油と水素の混焼）を稼働し、熱と電気を合わせて100kW の出力を可能にする設備を構築した。本設備はトルエン、MCH それぞれの地下タンク20kL を備えており、100kW100時間の電気と熱の供給を可能にしている。今回実証フィールドに導入したシステムは、現状の各要素技術により成立性を検証するシステムのため、コージェネレーション用燃料のうち、20%を水素として用いることができる。今後、エンジンシステムの改良を加えこの比率を上げていき、最終的には80%を目指している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】エネルギーネットワーク、太陽光発電、風力、水素キャリア

【テーマ題目2】太陽光発電の高効率化・低コスト化技術

【研究代表者】高遠 秀尚（太陽光チーム）

【研究担当者】高遠 秀尚、水野 英範、
Mitchell Jonathon

（常勤職員3名、他6名）

【研究内容】

「太陽光発電の高効率化・低コスト化技術」に関しては、未だに高い太陽光発電の発電単価を大幅に低減することにより導入を加速する。

平成25年度においては、つくばにおいて、156mm 角シリコンウェハを用いた薄型結晶シリコン太陽電池セルの作製技術の開発を進めるとともに、福島における一貫試作ラインの設計やラインの構築を行った。

具体的には、福島移設を前提につくばに基本的なプロセス装置を先行的に導入し、156mm 角結晶シリコン基板を用いたセル作製技術の開発を行った。シリコンインゴットのスライス技術に関しては、ダイヤモンドワイヤーおよびクーラントの最適化やスライス方法の改善を進めた結果、厚さ120 μm のウェハを歩留りよくスライスすることが可能となった。セル作製技術に関しては、主に、1) リンの拡散技術の高度化と拡散装置の改善、2) スクリーン印刷による微細電極形成、3) レーザまたは、エッチング液を用いたエッジアイソレーション技術、4) 表面パッシベーション技術、の検討を進めた。その結果、汎用構造のセル（厚さ180 μm ）で効率18.5%が安定して得られるプロセスを開発できた。モジュール作製に関しては、小型ラミネータを導入し、従来のガラスに比べ厚さが約1/4（厚さ0.85mm）の薄型強化ガラスを用いた両面ガラス構造のモジュールの開発に着手した。

上記技術を用いて、セルの薄型化を試み、厚さ100 μm の両面受光型の単結晶シリコンセルおよびこのセルを用

いた薄型モジュール（4枚セル）の作製に成功した。また、次々世代の太陽電池構造として複数のセルのスタック技術の検討を行った。

これらの研究の一部は、次世代結晶シリコン PV コンソーシアム参加企業などの民間企業との共同研究で行われた。

福島においては、実験棟内にシリコンインゴットのスライスから、セル作製、モジュール作製、信頼性試験まで行うことができる一貫試作ラインを構築した。新設のプロセス装置や評価装置の選定や、つくばから福島への装置の移設、新設装置の設置などを行なった。その結果、当初の目標通りの3月末までに試作ラインの構築を行うことができた。

これによって、日本の公的研究機関では唯一の結晶シリコン太陽電池を総合的に開発可能な実験設備が整備されたことになる。今後は、民間企業や大学などの公的研究機関との共同研究、あるいは太陽電池関連の人財育成を通じて太陽電池関連産業の持続的発展への貢献が期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、結晶シリコン太陽電池

【テーマ題目3】地熱・地中熱の適正利用のための研究

【研究代表者】安川 香澄（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】安川 香澄、浅沼 宏、内田 洋平、
相馬 宣和、高橋 保盛、吉岡 真弓
（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

「地熱・地中熱の適正利用技術」に関しては、地熱発電や地中熱利用に関して高度な地熱モニタリング技術と精確なデータマップを提供し、環境に適合した適切な導入を支援する。

日本は世界で第3位の地熱資源量を持ちながら、開発リスクや社会的受容性の課題が多く、地熱エネルギーをまだ十分に活用していないのが現状である。火山性の地熱地域にある地熱貯留層では、その中にある熱水資源の流動が岩石亀裂のネットワークに支配されるため、亀裂を探索する技術が求められているが、世界的にもその技術は確立されていない。また日本の地熱資源はその大部分が自然公園内に分布しているため、環境と調和した地熱資源開発が必要であり、また温泉への影響についての懸念もある。そのため、モニタリングや環境影響事前調査等を通じて環境と調和した地熱資源開発を実現可能にすることが求められている。再生可能エネルギー研究センターの地熱チームは、資源の賦存状況と環境や社会的条件に調和した地熱利用を目的として、地下の地熱資源の状態を把握することを中心に「地熱ポテンシャルの評価」と「地熱資源モニタリング技術の向上」の2つの研究を進めている。平成25年度には、地熱ポテンシャルの

評価に関して、基盤岩深度等の推定誤差を補正した資源量評価の改訂を行った。地熱資源モニタリング技術の向上については、数地域について AE（アコースティックエミッション）等の観測を行ったほか、坑内用の高感度 AE センサの開発を開始した。また社会的受容性のための研究の一環として、オーバーオール・システム・デザインの研究を開始した。

一方、地下温度が年間を通してほぼ一定であることを利用して、冷暖房や給湯、融雪等を省エネで行う地中熱利用システムは、欧米など海外で既に普及している技術であるが、日本で利用する場合には、地下水流動を考慮したシステム設計が必要である。地中熱利用の地下システムは、大きく分けてクローズドとオープンの種類に分かれるが、どちらの場合も浅部の地下水の深度およびその流量が適切なシステム設計に影響する。したがって再生可能エネルギー研究センターの地中熱チームは、現地地質調査・地下水調査に基づいて、地下水流動および地中熱利用のシミュレーションを行い、地域ごとに「地中熱ポテンシャル評価」を行う。また、地域の熱特性・流動特性等に応じた最適な地中熱利用システムを提案する「地中熱利用最適化技術開発」を行っていく。平成25年度には、ポテンシャル評価のために、福島県内での地質調査・地下水調査を開始した。また、システム最適化のために、福島再生可能エネルギーセンター内に地中熱利用ヒートポンプシステムを設置し、産総研つくばセンター内に設置した同システムとの比較検討を開始した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】地熱、地中熱、モニタリング、ポテンシャル、社会的受容性、地下水、シミュレーション

⑩【ユビキタスエネルギー研究部門】

(Research Institute for Ubiquitous Energy Devices)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：谷本 一美

副研究部門長：辰巳 国昭、安田 和明

首席研究員：境 哲男、香山 正憲

総括研究主幹：鹿田 真一

所在地：関西センター

人員：75名(75名)

経費：1,499,211千円(680,174千円)

概要：

東日本大震災、原子力発電所の事故は、わが国のエネルギー政策に大きく影響を与え、産業活動及び社会生活が持続可能となる社会システムへ再構築して行かなくてはなりません。一方で、化石エネルギー資源の枯渇、資源産出国諸国の不安定さによる供給の不確かさ、

さらに地球温暖化の原因とも言われる二酸化炭素の排出量の増加への対応も求められています。そのため、その対応策の一つとして自然エネルギー利用技術の期待が高く、その活用にむけての技術開発も進みつつあります。資源、環境、社会情勢の制約の中で、安全・安心な暮らしを確保し、新しい産業技術開発の展開につながるようわが国の産業競争力を強化すべく、消費者に受容れられる製品について、これまでの製品生産活動にとどまらず社会生活での利活用を拡げることも念頭においたイノベーションを起こすことが求められています。産総研として進めるグリーン・イノベーションを基軸として、環境調和型社会の構築と経済発展の両立を持続可能という条件も加えて、その実現を目指しています。

以上のような社会背景に基づき、産総研の第三期中期目標では、グリーン・イノベーションを実現するための課題解決型の研究開発の推進を進めています。その中で、当研究部門では以下の研究開発を分担実施しています。

- 省エネルギーによる低炭素化技術の開発
 - ✧ 運輸システムの省エネルギー技術
 - ✧ 住宅・ビル・工場の省エネルギー技術
 - ✧ 情報通信の省エネルギー技術
- グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発
 - ✧ ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材

より具体的には、家電や自動車などエネルギー需要者側における省エネルギーと環境保全を目指し、蓄電池、燃料電池などの新しい小型・移動型電源（ユビキタス・エネルギー）技術の研究開発を行うとともに、照明をはじめとする家電製品での省エネ・省資源化に資するため、材料基礎からシステム化まで通した研究に取り組んでいます。特にこれらを構成する、電極材料、電解質材料、触媒、エネルギー貯蔵材料、発光材料、蓄光材料、光電変換材料、有機電子材料などの材料開発を重視するとともに、材料開発の基礎となる材料科学や材料開発方法論等を部門のコア・コンピタンスと位置付けています。さらに、社会、特に産業界を「顧客」として位置付け、未来産業の創出は未来社会に貢献する新産業技術シーズの提案やハイリスク技術の実証などの「先導的産業技術の提案」および、国際標準や評価技術、寿命予測技術などの国際競争力のバックアップとなる「産業基盤技術の提供」を進めたいと考えております。そしてこれらの研究開発をバランスよくマネジメントすることで基礎研究から製品化までの「本格研究」を実践し、社会・産業界の発展に貢献したいと考えています。

関西地域は、製造業生産高が関東の約半分であり、

家電、繊維、医薬品などの産業が関西からの移転で、わが国の経済規模の占める割合が十数%程度となっています。しかしながら、関西地域は情報家電・電機、住宅等を支える素材産業やものづくり産業が高いポテンシャルを持っています。また、京大、阪大、神戸大の外に大阪府大、同志社大、立命館大、関西大等のレベルの高いアカデミアでの当該分野の集積は、関西地域の特徴であり、産総研におけるユビキタスエネルギー技術の産学官連携の戦略拠点として、関西地域での活動が重要といえます。このような特徴ある研究開発の集積の基に、近畿経済局、大阪科学技術センターなどの公的なコーディネータ機関とのネットワークを活用して、当研究部門ではナショナル・プロジェクトや研究コンソーシアム等を通じたオープン・イノベーションのハブ（研究・連携拠点）としての役割を果たします。特に蓄電池などの省エネルギー技術を主体とする環境エネルギー技術分野で、関西地域の産業競争力の向上に貢献へ大きく期待され、わが国の産業競争力強化に貢献する役割も果たしたいと考えています。

外部資金：

経済産業省 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化合物の活性化技術に関する研究」

経済産業省 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／革新型蓄電池先端科学基礎研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「希少金属代替材料開発プロジェクト／蛍光体向けテルビウム・ユーロピウム使用量低減技術開発及び代替材料開発／高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, Eu 低減技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／研究開発項目①「基盤技術開発」テーマ b 定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化 ②高濃度 CO 耐性アノード触媒開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）
「自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）
「s-ブロック金属負極のデンドライト析出制御と表面観察」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「通電焼結法を用いた酸化物バルク型全固体電池の創成」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「ゼロ溶剤による新規電解質の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「電極シートを主軸とした全固体電池の構築プロセスの設計」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「Si 系負極および S 系正極の両電極に適合する電解液の探索、選定」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「イオン液体中でのリチウムデンドライト成長の抑制と保護層への適用」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（ALCA）
「棒状分子液晶と円盤状分子液晶間を光相転移する液晶の液晶温度の低温化」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）
「光反射シリカ粒子による温度応答性調光省エネルギーガラスの研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）
「電極近傍における高分子電解質イオンチャンネル構造の発光プローブを用いた解析技術」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）

研究

「マイクロカプセル化機能性文具の開発」	子吸収特性の解明とその機能化」
独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 「高性能室温熱電酸化物材料の探索」	文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究」
独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 産学共創基礎基盤研究プログラム 「ハミルトニアンからの材料強度設計」	文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「ビスマスナノプレートの磁気的および電気的特性に関する研究」
国立大学法人東京大学 「金属系構造材料の高性能化のためのマルチスケール組織設計・評価手法の開発」の推進	文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「電子受容性単層カーボンナノチューブの有機系太陽電池への応用と最適化」
国立大学法人京都大学 「京都大学構造材料元素戦略研究拠点」 構造材料の粒界・欠陥の基礎物性の第一原理計算」	文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルーゲル法を駆使した作製と評価」
国立大学法人北海道大学 「ダイヤモンド金属-半導体電界効果トランジスタ (MESFET) の開発」	文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「二種の鎖状分子の同時配向制御と有機薄膜太陽電池の異方的な電子物性に関する研究」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「白金を含む多元金属ナノ粒子の内部構造と触媒活性の関係の研究」	文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「有機活物質によるリチウム二次電池レアメタル正極の代替」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気機能物質の創成」	文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「高効率パワーデバイスの動作に影響を及ぼす CVD ダイヤモンドの転位の解明」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「低欠陥ダイヤモンドウェハ」	文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「超省エネ型パワーデバイス作製用の大型ダイヤモンド単結晶ウェハ合成フロンティア開拓」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「薬物送達システムに資する無機中空蛍光体の蛍光特性に関する基礎的研究」	文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「低融点アルカリ金属熔融塩のリチウム二次電池用電解液特性の解明」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「高品質半導体ダイヤモンドを用いた高温動作パワースイッチングデバイスの研究」	文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 「第一原理計算によるバルクナノメタルの基礎物性設計」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「レドックスフロー電池を応用した間接型燃料電池」	文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 「ダークステートを含めた感応性化学種の励起エネルギー準位構造の解明」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「イオンビーム誘起 CVD 技術の高度化と SiC ヘテロエピ成長への応用」	文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 「新しい窒素-ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究」
文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「高励起状態への遷移による有機分子の短波長励起二光	文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 「高性能水素貯蔵材料としてのホウ素-炭素-窒素系多

孔質高分子の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「次世代高エネルギー密度型リチウムイオン電池および
ナトリウムイオン電池用正極材料」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「微細組織制御による発電用熱電変換材料の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「高性能液相化学水素貯蔵材料の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「高性能ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「人工層状構造を有する多機能材料の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「放電プラズマプロセスによる次世代二次電池用コンポ
ジット電極の創製」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「ダイヤモンド高濃度ホウ素ドーピングへの創製に向けた
基盤研究」

公益財団法人新産業創造研究機構
「高性能ディスプレイ用有機半導体の超臨界下合成技術
の開発」

一般財団法人日本自動車研究所
「車載電池の性能評価手法の技術開発」

一般財団法人電気安全環境研究所
「定置用リチウムイオン二次電池の安全性評価技術等の
開発」

コドモエナジー株式会社
「無電力で発光する蓄光陶磁器の高輝度化を目的とした
釉薬塗布技術の高度化研究」

発表：誌上発表177件、口頭発表490件、その他55件

ナノ材料科学研究グループ

(Materials Science Research Group)

研究グループ長：香山 正憲

(関西センター)

概要：

ユビキタスエネルギーデバイス開発の鍵を握るのは、
ナノ界面機能材料（触媒、燃料電池電極、蓄電池材料、

水素吸蔵材料等々）など優れた機能材料の開発であり、
特に金属/無機ナノヘテロ界面は優れた機能が期待さ
れる。電子顕微鏡観察や走査プローブ顕微鏡観察と第
一原理計算との連携は、こうした材料の構造や機能の
基礎的解明に威力を発揮し、解明を通じた設計技術の
確立や新規材料探索が期待される。当グループは、第
一に、電子顕微鏡観察や走査プローブ顕微鏡観察、第
一原理計算など、ナノ・ミクロの解析技術を用いて、
金属/無機ナノヘテロ界面系をはじめとするナノ界面
機能材料の原子・電子構造や機能のメカニズムの解明
を行い、ナノ材料科学のフロンティアを切り拓く。第
二に、ユビキタスエネルギーデバイスの新機能材料開
発や蓄電池、燃料電池の機能や劣化メカニズムの解明
など、材料開発・デバイス開発に基礎解析からの具体
的貢献を行う。第三に、ナノ・ミクロ解析技術とコン
ピュタ技術の連携・融合により、基礎解析を材料開発
に積極的に活かして効率的に新材料を開発する新しい
方法論—マテリアミクス—の基盤技術の確立を図る。
以上により、当ユニットの本格研究の一翼を担い、ユ
ニットのコア技術の醸成を図る。

新エネルギー媒体研究グループ

(New Energy Carrier Research Group)

研究グループ長：清林 哲

(関西センター)

概要：

携帯電話から電気自動車に至るまで、電池に対する
要求は、エネルギー密度や安全性、寿命、コスト、資
源・環境に対する配慮などなど、あらゆる側面におい
て今後も増す一方と予想される。当グループでは、現
行の電池では実用化されていないものの、上記の電池
に対する要求に応える鍵となるべき材料・物質を探索
している。例えば、現行のリチウムイオン電池に多用
されているコバルトなどの希少遷移金属を含む無機材
料を、有機物に置き換えられれば、省資源や低コスト
化に繋がり得る。リチウムそのものにも資源の偏在な
どの問題があり、ナトリウムで代替できれば資源量の
制約からは逃れられる。二価のイオンであるマグネシ
ウムを上手く利用できれば電池の高エネルギー密度化
が図れるかも知れない。水素化物で新しい電池系が構
築できないか、とも考えている。以上のように、既存
の電池材料に代わる新しい材料系の可能性を追究して
いる。

今年度の研究課題としては以下を想定している。

(1) リチウムに代えてナトリウムやマグネシウムなど
を用いた電気化学デバイス、(2) レアメタルなど希少
資源を用いない有機物による電池材料、(3) その他現
行のリチウムイオン電池を代替するポストリチウムイ
オン電池、(4) 新しい電池系構築を指向した水素貯蔵
材料・水素化物の探索と、その性能評価・構造解析。

次世代燃料電池研究グループ
(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：五百蔵 勉

(関西センター)

概 要：

次世代の燃料電池に資する新技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。高い耐酸化性を有する酸素欠損型チタン酸化物を担体に用いたカソード触媒の開発を継続して行い、実セル環境においても従来触媒に比べ高い高電位耐性と1000時間レベルで安定な発電特性を実現できることがわかった。一酸化炭素酸化活性の高い新規な有機錯体系アノード触媒の開発については、白金ルテニウム触媒粒子の水素酸化活性を阻害しないロジウムポルフィリン錯体の構造や担持法を見出した。亜鉛-空気電池の可逆空気極触媒としてペロブスカイト型酸化物とアンチモンドープスズ酸化物担体の複合化手法の検討を行い、炭素担体を用いた従来触媒と同等の初期活性が得られることがわかった。

レドックスメディアータを用いた新規なレドックスフロー電池型の燃料電池システムに関する開発を行い、燃料極側メディアータを適切に選択することで多様な燃料を低温でも同時に利用できる可能性を見出した。

その他、固体高分子形燃料電池・水電解可逆セルに関する高性能酸素極触媒の開発、非白金錯体系酸素還元触媒材料の開発、アルカリ形燃料電池用触媒材料の開発に関する研究等を行った。

蓄電デバイス研究グループ
(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：小林 弘典

(関西センター)

概 要：

電動クリーンエネルギー自動車の利便性向上のため、さらに、高効率でのエネルギーマネージメントが可能となるスマートシティ/スマートコミュニティ実現のためには、十分な信頼性・安全性を兼ね備えた高エネルギー密度の蓄電池が必須であることから、当研究グループでは、「(1) 高性能蓄電デバイスの研究」並びに「(2) 車載用並びに定置用リチウムイオン二次電池の評価技術の開発」に取り組んでいる。(1)に関連して、リチウム系を中心とした新規電極材料の開発並びに新型蓄電デバイスの創製に関する研究を行ってきた。新型蓄電デバイスとしては、無機全固体電池の研究開発に取り組んでおり、デバイス化のための重要な要素技術である電極のシート化技術やセラミックス積層体作製技術等の開発に成功しつつある。また、硫化物系正極についても昨年度に比べてさらなる性能向上が図られた。(2)に関連して、車載及び定置用蓄電池について各種試験を実施することで残存性能評

価手法の開発や安全性評価技術等について国際標準化を見据えた技術開発を実施してきた。

電池システム研究グループ

(Battery System Collaborative Research Group)

研究グループ長：境 哲男

(関西センター)

概 要：

本研究グループでは、多様な企業との資金提供型共同研究を実施しており、必要な専門性を有する人材からなる連携チームにおいて、新材料開発とそれらの高度解析、電池システムでの性能実証、安全性評価までを総合的に推進している。また、その中で、基礎から応用までを総合的にマネジメントできる研究開発人材の育成を図っている。1) 高出力化が可能なファイバー型ニッケル正極の連続製造プロセスを開発し、数Ahクラスの電池を試作して性能実証。2) 開発した高容量シリコン系負極を用いた1-3Ahクラスの電池を試作して、性能実証と安全性評価。この中で、開発した耐熱性セパレータや耐熱性バインダ、耐熱性SUSラミネートセルなどの性能実証。3) 磁場勾配NMRを用いた拡散係数測定を通して、セパレータ膜とイオンとの相互作用状態や膜の空隙構造とイオン移動特性との相関性を調べ、セパレータに関わるリチウム電池性能支配因子を解明。4) 融点100℃のLiFTA塩に異種アルカリ金属FTA塩を混合し室温域(33℃)での熔融に成功。45℃以上の温度での遷移金属酸化物正極や炭素負極の安定作動を実証。マグネシウム金属二次電池に適した電解液構築のため種々のパーフルオロアニオンからなるマグネシウム塩を合成。マグネシウム塩の熱安定性が微量水分に大きく依存することを実証。5) 金属多孔体上に緻密なパラジウム系合金薄膜をめっきした水素分離膜と、400℃以上での耐久性を有するメタノール水蒸気改質触媒を組み合わせたリアクターを開発して性能実証。6) 超高速液体クロマトグラフィーあるいはキャピラリー電気泳動を基本とする解析手法を構築して、リチウムイオン電池の劣化関連物質等を解明。

デバイス機能化技術グループ

(Photonic Device Application Group)

研究グループ長：谷垣 宣孝

(関西センター)

概 要：

持続可能社会実現のため、主に家庭やオフィスにおける省エネルギーに資する光デバイスの開発を目標とする。無機材料技術、有機・高分子材料技術、材料プロセス技術、光計測技術、理論解析を駆使して、光デバイス研究を進める。(1)有機・高分子材料の分子配向に着目した光-電気エネルギー変換素子(有機EL

素子、有機薄膜太陽電池)の開発、(2)ガラス材料等を用いたサブ波長構造を持つ光機能デバイス(屈折・回折素子、反射防止レンズ、拡散・導光など)の開発、(3)大容量光データ記録のための二光子吸収材料の研究、(4)光デバイスを目指した複合材料のナノ構造制御の研究、(5)可視光通信やセンサを志向したプラズマモニック波長フィルタの開発、(6)ナノ構造制御した希土類含有酸化物蛍光体の開発等を行っている。省エネルギー、省資源に貢献するデバイス技術とともに、製造プロセスの省エネルギー化についても取り組んでいる。また、光マネジメント技術をベースにして未利用の光を効率よく使う技術(集光・拡散・導光・波長変換)についても研究している。

ナノ機能合成グループ

(Synthetic Nano-Function Materials Group)

研究グループ長：清水 洋

(関西センター)

概要：

ナノテクノロジーをベースとして、ナノ空間の制御による材料の高機能化や新材料の開発を行い、実用的なモジュール、デバイス化技術も含めた総合的な研究開発を旨とした活動を行っている。具体的には、(1)金属酸化物による新規かつ実用性に優れた熱電材料とモジュール化技術の研究開発、(2)ナノ細孔を持つシリカ粒子の内部修飾による新たな高機能材料の研究開発、(3)液晶性材料の独自の特徴を生かした新規なエレクトロニクス応用を目指した研究開発、(4)金ナノ粒子やナノカーボンから金属酸化物に至る種々の材料系における機能性ナノ集合構造の構築と応用技術の研究開発、(5)革新的水処理技術の開発等により新たな省エネルギー、新エネルギー技術の研究開発を通して新産業創出を目指す。また、関西地域のナノテクノロジー研究開発の尚一層の促進と新産業創出に貢献すべく、地域的視野から国際的な視野に至る広範な視野の中で新たな情報発信拠点として材料創製及び機能システム創製のための独自の研究活動を展開している。

高機能ガラスグループ

(Advanced Glass Group)

研究グループ長：赤井 智子

(関西センター)

概要：

民生のエネルギー技術開発の中で照明の省エネルギーは重要な課題となっている。その中で高効率蛍光ランプに用いられるレアアースの資源問題は重要な課題であり、その使用量低減化技術の開発は重要である。また、普及がはじまりつつある、固体照明においてより高性能を達成するためエネルギー効率を向上させる部材の開発、材料設計基盤技術の開発は重要である。

照明の省エネルギー・省資源を目的として、当グループでは、(1)希土類を使用する高効率蛍光ランプ用蛍光体の使用量低減技術、(2)LED照明用蛍光材料、材料設計基盤技術の開発を行っている。またさらなる省エネを達成するために蓄光材料の開発も行っている。ランプ用蛍光体技術としては、高輝度に発光するシリカを用いた保護膜、ガラス管に塗布できる凹凸構造膜を開発し、蛍光体の使用量が低減できることを示した。また、廃蛍光体からTbを含む緑色蛍光体を分離・回収して、新品の99%のランプ光束が得られることを示した。蓄光材料の開発については、蓄光体と同等程度の屈折率を有するガラス組成を開発した。また、バインダーを使用せずに複合体を作製することで60分後の残光輝度が従来製品の約1.3倍となることを示した。光線追跡シミュレーションによって残光輝度を向上させるために最適な形状を明らかにした。

エネルギー材料標準化グループ

(Research Group for Standards of Energy-related Material)

研究グループ長：境 哲男

(関西センター)

概要：

エネルギー材料標準化グループは、燃料電池・水素・蓄電技術の円滑な社会への普及を目指して、それら各技術に関わる材料及び応用システムの標準化・規制整備・安全性確保に資すべく、その裏付けとして必要な基礎データの取得を推進する。

燃料電池技術に関しては、日本電機工業会と連携し、マイクロ燃料電池等の標準化推進に必要な評価を実施するとともに、燃料電池の評価に資する研究開発を行っている。水素技術に関しては、水素製造用シフト反応触媒の研究開発、水素貯蔵材料の特性・耐久性に関する検討、水素利用脱硝技術に関する研究開発を行った。蓄電池技術に関しては、蓄電デバイス研究グループと連携してリチウムイオン電池の安全性の標準化推進に資する研究開発を行うとともに、つくばイノベーションアリーナ推進室と連携して蓄電池基盤プラットフォームの運営に参画し、電池材料及び電池構造評価に資する研究基盤を整備した。熱電変換技術に関しては、ナノ機能合成グループと連携し、熱電変換材料及びモジュールの評価技術に関する標準化の可能性に関する検討を行っている。

イオニクス材料研究グループ

(Ionics Research group)

研究グループ長：蔭山 博之

(関西センター)

概要：

リチウム二次電池用をはじめ、高エネルギー容量お

よび長期でのサイクル特性に優れる二次電池用材料の開発を進めるとともに、高効率でクリーンな燃料電池を目標として、新たなアニオン膜電解質材料の固体高分子形燃料電池への適用可能性の評価を進めている。また、二次電池用の新規材料について、その機能発現や状態・形態変化を調べる計測分析法の開発も進めている。リチウム二次電池に関しては、電気自動車用途の二次電池製造を行う電池メーカーが、当所がNEDOプロジェクトにて産学官連携で開発を進めてきた鉄-マンガン系酸化物正極材料を用いて、NEDO実用化助成事業において研究開発を実施している。当研究グループは、この助成事業にも再委託先として参画し、実用化に向けた更なる高機能化に繋がる材料設計指針を提供するため、電池容量やサイクル特性の劣化などの電池特性と電池材料の状態・形態の変化との関連性に関する研究を行っている。一方、固体高分子形燃料電池に関しては、技術研究組合 FC-Cubic へ参画し、電池特性に密接に係る電極触媒と高分子電解質（アイオノマー）界面での状態と物質移動特性の関係などについての研究を進めている。

ダイヤモンドデバイス化研究グループ
(Devices Diamond Research Group)

研究グループ長：鹿田 真一

(関西センター)

概 要：

ダイヤモンドは、熱伝導率、絶縁破壊電界で物質中、最高の値を有し、高いキャリア移動度、耐放射線性など極めて優れた性能を有するワイドギャップ半導体材料である。SiC 等の他材料を圧倒的に凌駕する高耐圧、低損失、高速動作の性能が予想され、究極の冷却フリー・高出力の新概念の省エネパワーデバイスとして期待されており、そのためのウェハ及びデバイスの開発を進めている。上記ミッションを達成するため、具体的に下記の第三期目標を掲げ、研究テーマを実施している。①次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。②省エネルギーに効果的な次世代ダイヤモンドパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術の高度化により低欠陥高品質エピタキシャル膜の製造技術を開発する。また、実用的な縦型構造を有し、低損失かつ冷却フリーで250℃において動作するパワーダイオードを開発する。

本年度は、①2インチウェハ製造技術を高度化する。具体的には低欠陥結晶成長に向けた、種結晶の評価を行う。またダイヤモンド接合ウェハの低欠陥合成へ向けた研磨損傷とその影響を評価する。という目標に対し、成果として、X線トポグラフィ等による評価により種結晶欠陥評価を可能にし、選別することが可能に

なった。また研磨損傷層の深さを同定し、結晶をコピー製造する条件の一つを明確化した。②複合欠陥がデバイス逆方向特性に及ぼす影響を定量的に解析する。

またドリフト層エピタキシャル成長に及ぼすプロセスの影響を解析し、低欠陥エピの方針を探る。という目標に対し、成果として逆方向電圧1kV以上の耐電圧デバイスには45°複合欠陥はデバイスに致命的なキラー欠陥であることをデバイス実証した。また大きな影響を有する表面起因の欠陥に関して、UVアシスト研磨により、動作層となるドリフト層エピ欠陥増加は抑制されることを示した。また大きな影響を有する表面起因の欠陥に関して、UVアシスト研磨により、ドリフト層エピ欠陥増加は抑制されることを示した。

⑪【環境管理技術研究部門】

(Research Institute for Environmental Management Technology)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：田尾 博明

副研究部門長：近藤 裕昭、田中 幹也

所在地：つくば西

人 員：62名 (62名)

経 費：827,594千円 (507,721千円)

概 要：

1. 部門のミッション

環境管理技術研究部門では、持続的発展可能な社会の実現に向け、経済産業の発展と安全・安心な環境を両立させるため、産業起源の環境負荷の管理・低減・再資源化に関する科学技術研究開発を行い、環境技術産業の振興・創出を図るとともに環境関連政策の立案・実効へ貢献することをミッションとしている。

2. 研究開発の方針

社会的・政策的ニーズおよび緊急性の高い研究課題として、環境診断、環境負荷低減・修復技術、レアメタル等金属・化成品のリサイクル技術および地球温暖化対策技術評価などを第3期中期における部門の重点課題に設定し、研究を行っていく(3.参照)。

産総研の他ユニットとの共同研究推進、産学官連携による製品化と標準化研究を重点的に進める。また、「製品」に繋がる「第2種基礎研究」の実践とともに新規技術シーズを創出する「第1種基礎研究」を推進する。

3. 重点研究課題等

[重点課題1] 環境診断技術の開発

化学物質・重金属の国際規制に対応するため、製

品及び産業プロセスにおける有害物質の迅速検出法を開発し、標準化を行う。また、生物応答に基づく有害性のスクリーニング技術を開発する。さらに、環境修復技術に必要な、分析効率（スピード・コスト・労力）を現状比5倍以上に向上させた環境微生物の迅速検出法を開発する。これらの技術開発を通して、将来、誰もが容易に身の回りの生活環境情報にアクセスできる社会、自然の浄化機能を活かした安全で安心な社会、生体診断やトキシコゲノミクスなど次世代の環境診断産業において国際競争力を有する社会の創出に貢献する。

[重点課題2] 環境負荷低減技術、修復技術開発

水や大気に含まれる低濃度の環境負荷物質を、従来比で最大4倍の総合処理効率（処理能力/エネルギー消費）で処理可能な浄化技術を開発する。具体的には、ナノ空間材料や特殊反応場を利用した選択的吸着技術、触媒技術等を活用して、反応選択性や効率の向上を図る。また、残留性有機汚染物質（POPs）等難分解性物質を焼却によらずに完全に無機化できる反応技術、さらには有価物への変換技術を開発する。また、太陽光や植物等の自然界が有する環境浄化能力を促進、拡大強化することにより、環境負荷が少なく、オンサイトでも利用可能な土壌、水、空気的环境修復技術を開発する。例えば、これまで困難であった低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトの低環境負荷型浄化・修復を可能とするために、既存法に比べて除去コストを1/4に縮減する浄化技術を開発する。

[重点課題3] レア金属等金属・化成品の有効利用・リサイクル技術の開発

レア金属等の有用な材料の安定供給に資するため、使用済み電気・電子製品等の未利用資源を活用する技術を開発する。具体的には、金属や化成品の回収・リサイクル時における抽出率、残渣率、所要段数、利用率等の効率を50%以上向上させる粒子選別技術、元素レベルでの分離精製技術及び精密反応技術を開発する。

[重点課題4] 地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価

二酸化炭素の海底下地層貯留技術や海洋中深層隔離に必要な環境影響評価のため、二酸化炭素の漏えいや注入を想定した室内実験等により、微生物活性や、炭素等の親生物元素の挙動等、物質循環の駆動にかかわる過程へ与える影響について評価手法を開発する。また、環境影響を最小限に抑えた、生態系内炭素貯留を可能とする、森林や海域内生態系の炭素固定メカニズムの解明とその強化方法、モニタリング及び環境影響評価技術を開発する。

内部資金：

標準基盤研究

「水中ふっ素化合物の定量のための流れ分析法」
「全有機炭素測定による光触媒水質浄化性能評価方法の開発」

戦略予算

「戦略メタル国内資源循環プロジェクト」
「アジア戦略「水プロジェクト」」
「高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発」

外部資金：

経済産業省 平成25年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング」
「センサーネットワーク化と自動解析化による陸域生態系の炭素循環変動把握の精緻化に関する研究」

経済産業省 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

「多核金属錯体の CO₂多電子還元機構の解明」
「クラスター化学に基づく（光）エネルギー変換システムの研究」

経済産業省 平成25年度国際標準化推進事業委託費（国際標準共同研究開発事業）

「ナノ・マイクロバブル技術に関する国際標準化」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）

「時間分解スペクトルを用いた CO₂還元光触媒反応の機構解明」

戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「アンモニア合成とプロセス解析」

復興促進プログラム（A-STEP）探索タイプ

「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」
「土壌中 VOC の太陽光による無害化処理を可能とする光触媒式パッシブリアクターの開発に資する光触媒材料調製」

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフ

ィージビリティスタディステージ探索タイプ
「エレクトロスプレー反応場を利用した繊維・紙加工技術の開発」

「活性炭素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用」

「繊維導電性加工に用いる金属ナノ粒子分散液の量産化技術開発」

復興促進プログラム

「生体分子のセンシングデバイスへ応用可能なマイクロ流路用金型の作製技術開発」

「微量元素の挙動解析のための熱分解／誘導結合プラズマ質量分析装置 (Pv/ICP-MS の開発)」

その他 (国立大学法人東京大学)

「残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究」

その他 (国立大学法人東京大学)

「大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用」

その他 (国立大学法人名古屋大学)

「フィードバックパラメタリゼーションを用いた詳細なダウンスケールモデルの開発と都市暑熱環境・集中豪雨適応策への応用」

その他 (国立大学法人広島大学)

「製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価」

その他 (独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構)

「平成24年度貿易投資円滑化支援事業 (実証事業・鉱物資源案件) における技術改良試験に関する委託」

「平成25年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る選鉱・製錬技術調査研究 (海底選鉱について)」

その他 (民間受託)

「1,4-ジオキサンの分解特性に関する研究開発」

文部科学省 機関補助金

「国際共同研究の推進 アジア GEO Grid イニシアチブ」

文部科学省 科学研究費補助金

「インドにおける医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染状況」

「海洋科学トレーサの組み合わせによる南大洋における人為起源二酸化炭素吸収量の見積もり」

「氷で制御されたナノ-マイクロ空間の分析化学」

「選鉱・製錬技術を用いた2次電池からのレア金属の分離と回収」

「分子制御による融合マテリアル形成の計算科学シミュレーション」

「固体プラズマを利用した光応答性高分子の創生に関する研究」

「酸素安定同位体連続観測と群落多層モデルを用いた森林生態系の呼吸・光合成の分離評価」

「垂直細孔配列メソ多孔体膜付着グラフェンナノ複合体

／複合膜の創製」

「温室効果ガス観測衛星「いぶき」による発生源解析のための局所 CO₂輸送モデルの開発」

「降水試料濾過フィルターを用いた元素状炭素粒子の現在・過去の地表面性沈着量評価」

「希薄溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究」

「乾性沈着表面抵抗の定量法の開発」

「ハイブリッドゲルによる新規陰イオン吸着剤の開発」

「未知環境微生物群の機能強化による重金属汚染土壌のオンサイト修復技術」

「スマートパーティクルセンシングデバイスの開発」

「分子制御による融合マテリアル形成の計算学シミュレーション」

「白金族抽出における外圏サイズ認識効果の解明及び新規分離試薬開発」

「生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究」

「電気化学的手法を用いた廃棄物系有機物からの高純度水素の製造技術の開発」

「リボソームタンパク質を指標とするアスペルギス症原因菌の新規系統分類」

「硫酸イオン活性化機能をもつ環境浄化用触媒の開発」

「地下圏炭素・エネルギー動態に関与する中核微生物群の同定と新機能解明」

「北極海海水・周辺氷河融解による有害化学物質再放出現象の定量的評価研究」

「大気圧プラズマ由来ラジカル種の触媒等固体化表面における反応機構解明」

「放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解」

その他 (財団等助成金)

「ナノ空間を利用した高リサイクル鋳物砂による無機系砂型鋳造技術の高度化」

「大風量低濃度排ガス用直接加熱式吸着回収装置の研究開発」

「代替フロンの加水分解反応速度再評価と省エネルギー処理システムの提案」

「都市型ブルーカーボン：新たな沿岸海域炭素循環像の構築」

「ソーシャルネットワークサービスを活用したスマートセンサによる住宅環境管理システムの開発」

「光触媒による高塩濃度中細菌の処理機構の解明」

「増えずに生き続ける代謝経路戦略ー地球炭素循環の鍵を握る微生物新機能ー」

「東日本大震災による海洋生態系への影響調査に関わる情報共有ネットワーク (Marine Ecosystem Assessment Network in Tohoku : MEANT) 構築の推進事業」

「マイクロバブルアシスト型光触媒反応による難分解性物質汚染水浄化技術の開発」

「アルミニウム資源循環の高度化を目的とする建材スクラップ選別技術の研究」

発表：誌上発表184件、口頭発表376件、その他48件

計測技術研究グループ

(Measurement Technology Research Group)

研究グループ長：鳥村 政基

(つくば西)

概要：

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させた次世代環境診断技術を開発するため、その基盤となる分析装置、センサ類の試作と性能評価を実施している。平成25年度は、1) 有害試薬を使わないモニタリング法として、試作したオンライン連続監視システムについて廃水処理デモプラントでの性能評価を行った。また、石炭中微量重金属の分析法の国際標準化に向けて、産総研コールバンクの石炭について種々の微量元素分析データをさらに拡充した。2) オンサイト型計測法として土壌・地下水の重金属や環境基準濃度レベルの VOC が測定可能な振動子センサの機能向上をセンサ表面の化学修飾技術を用いて検討した。3) 化学物質の生体影響評価を行うための新たな指標遺伝子の存在を明らかにし、従来の指標遺伝子よりも有用性が高いことを確認した。また、化学物質の生体影響を計測するための標識発光酵素の大幅な改良を行い、高い輝度を誇る人工生物発光酵素の樹立を達成した。4) 質量分析装置を利用した環境微生物の迅速識別法の汎用性を高めるために、測定試料を微生物から真菌に拡大し、識別用データベースで利用できる登録マススペクトルデータ数を大幅に増やした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5

未規制物質研究グループ

(Potential Pollutants Group)

研究グループ長：忽那 周三

(つくば西)

概要：

未規制物質研究グループは、化学物質の環境対策の指針を構築するために必要な、化学物質の環境分析法の開発、環境動態の解明（環境分析、関連物理化学定数の測定・推算）および有効利用・無害化のための反応系の開発を行う。平成25年度は、国際的な規制物質である PFOS 等残留性有機フッ素化合物群（PFASs）について、北極海における国際合同調査航海等に参加して地球規模で環境試料を採集した。採集試料の分析・解析をすすめ、外洋海水、降雨中等の PFASs の3次元濃度分布、経年変化データを得た。また、外部研究機関と共同し、医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染をインドにおいて調査した。光化学大気汚染等

については、カルボン酸生成に関わるアルデヒド類の水和反応が気液界面で水中よりも促進されること及びその機構を理論計算により明らかにした。反応系の開発では、二酸化炭素光還元活性をもつ二核金属錯体触媒について、触媒ユニットを系統的に変えて米国研究機関と共同で過渡赤外分光法による測定を行い、高効率触媒では光吸収直後に一部の電子が核間移動することを明らかにした。また、フッ素系冷媒について、加水分解処理速度の攪拌依存性を評価した。

研究テーマ：テーマ題目6

環境分子科学研究グループ

(Environmental Molecular Science Research Group)

研究グループ長：脇坂 昭弘

(つくば西)

概要：

分子・クラスターの構造・反応特性、ナノ粒子・エアロゾルの生成・複合化、及び金属-有機化合物間相互作用による配位高分子の形成に関する分子科学的研究に基づき、「環境診断技術の開発」、「レアメタル等金属のリサイクル技術の開発」及び「環境負荷低減技術開発」に関する研究を行っている。具体的には、1. エレクトロスプレー法による低環境負荷加工技術（ナノ粒子合成法、染色・抗菌加工法）の開発、2. 配位高分子のイオン交換反応と分別沈殿を利用したレアメタル分離・回収技術の開発、3. 質量分析法による溶液中のクラスター構造解析技術を液体混合物の分離・精製法の最適化に適用する研究、4. 環境中のフッ素化合物の水和クラスター構造解析法の開発、5. 化学物質の長期毒性作用機構と生体分子の構造変化の関係を解明するためのタンパク質側鎖構造解析法の開発、6. 光触媒ナノ材料合成法の開発に関する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

環境負荷制御研究グループ

(Environmental Purification Technology Research Group)

研究グループ長：根岸 信彰

(つくば西)

概要：

有害化学物質リスク削減を目的として、1) 空気・水・土壌等の環境中汚染物質・有害化学物質の光分解除去とその機構解明、及び環境浄化材料やシステム開発の実施、2) 低温プラズマと触媒の複合化システムにおけるシナジー効果の機構解明、3) 光触媒材料の性能試験方法の標準化、を行った。1) VOC 汚染された土壌浄化では、地下水中溶存トリクロレンの効果的な気液分離には毛細管現象を使ったシステムが有効であ

ることを見出し、これに接続する光触媒システムを構築し参照触媒を上回るトリクレン分解性能を得ることに成功した。また、非金属可視光応答型光触媒の開発では、濃硫酸及びアミンを用いる窒化炭素の分散法を見出した。2) VOC 分解に向けたプラズマ触媒の複合作用では、イオン交換した Ag 担持の役割を明らかにした。また、レーザー計測により表面近傍のプラズマ中における活性種の挙動の観察に成功した。水中パルス放電におけるマイクロバブルの生成や静電噴霧におけるコロナ放電と伝導度の影響を明らかにした。アンモニア合成ではチタン酸バリウムや Ru、K、Cs などを同時に担持したゼオライト触媒が有効であることを確認した。3) 標準化研究ではアジア9カ国のセルフクリーニング試験結果を取り纏め、プロシーディングとして発表した。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目7

吸着分解研究グループ

(Adsorption and Decomposition Technology Research Group)

研究グループ長：加茂 徹

(つくば西)

概要：

当グループは、吸着技術や分解技術を駆使して VOC や廃プラスチック等による環境負荷を低減するための革新的な技術やシステムの開発を目指している。クレゾール混合溶媒に微量なリン酸や硫酸を添加し FRP 製 LP ガス容器を200℃で処理すると、約2時間で長いガラス繊維が回収された。リン酸は硫酸に比べて可溶化の促進効果は小さいが、溶媒の重質化は抑制された。ヘスの法則と燃焼化学の熱勘定の手法を参考に熱分解装置の伝熱面積の算出方法を確立し、実用装置の設計を行った。また、実用機の試料供給では、粉砕品よりグラッシュ品が供給効率で優れていることを明らかにした。新興有機性汚染物質 (PPCPs) 削減に応用可能なチタニア結晶面制御グラフェン複合体を合成した。吸着濃縮効果及び光吸収効率を高めた複合膜状光触媒を作成し、正味の速度定数で評価して非複合膜より約1.4倍高い触媒分解活性を実現できた。糖類等のバイオマス由来物質と、有機テンプレート剤を用いた水熱合成により、階層的または規則的なナノ構造を有する炭素ナノ構造体を合成した。汎用ステンレス等の熔融アルカリ共存下の表面処理による防食技術を検討し、従来のゾル・ゲル法に Al 等を添加したシリカコーティングの有効性が見出された。また、シリカコーティングの厚膜化の見通しが得られた。

浄化機能促進研究グループ (Advanced Remediation Group)

研究グループ長：尾形 敦

(つくば西)

概要：

有害化学物質によるリスク削減のために、(1)自然が持つ浄化能力を強化した低コスト・原位置型土壤修復技術の開発、(2)水環境保全及び廃棄物低減に貢献する排水・廃液処理技術の開発、(3)生物機能の解明及び高度な解析技術に裏打ちされた基礎的知見の集積を行っている。

(1)では、重金属汚染サイトでセレンの還元を担う未知微生物群を同定した。また、昨年度までに分離培養された新規な金属還元微生物群を生理学的に特徴づけ、その新規分離菌の一種が既知菌に比べて極めて高い金属還元能を有することを明らかにした。

(2)では、膜分離活性汚泥リアクターを設計・構築し、有機物負荷を上昇させながら長期間の運転を行った。同時に、アンモニア濃度の減少、油の完全分解処理と許容限界、膜ファウリングの発生等の変化を追跡し、この間の微生物群集遷移を次世代シーケンスで明らかにした。

(3)では、沿岸域に蓄積したヘドロの嫌気微生物分解が新規な独立栄養性イオウ酸化細菌の活性化を起点にして起こることを見出した。一方、遺伝子工学的手法による環境浄化に適したラッカーゼの作出では、酵母におけるラッカーゼの分泌生産系を遺伝子構造および培養条件について最適化した。

研究テーマ：テーマ題目9

リサイクル基盤技術研究グループ

(Advanced Recycling Technology Research Group)

研究グループ長：大木 達也

(つくば西)

概要：

戦略メタルの安定供給に資するため、未利用の人工及び天然資源を対象とした物理選別技術を開発した。リサイクル技術と生産技術の融合を目指した戦略予算「戦略メタル資源循環技術(都市鉱山)プロジェクト」を推進し、「戦略的都市鉱山研究拠点」を始動した。また、多種多様な電子素子を複数同時回収可能な「多管式気流選別機」の開発に着手し、複管型の高さを2/3にコンパクト化するとともに、複管型と同サイズで3管型にできることを突き止めた。蛍光体については、高勾配磁選機の連続処理システムを開発するとともに、蛍光ランプ選別装置の処理速度を約40%向上させ、1.2秒/本程度の処理を可能にした。一方、レーザー3次元解析法によるソーティング技術では、廃車スクラップ選別の自動供給装置を開発し、実用機への展開を可能とした。海底熱水鉱床に関しては、我が国研究機関に標準試料を配布するハブ機能を果たすとともに、高勾配磁選により鉛を分離できる可能性を見出

した。また、海底選別機の連続試験機を試作、33時間の連続運転試験を実施して、自動操業の安定性が確かめられた。

研究テーマ：テーマ題目3

金属リサイクル研究グループ

(Metals Recycling Group)

研究グループ長：田中 幹也

(つくば西)

概要：

近年、途上国の急速な経済成長による金属資源の枯渇懸念や価格高騰を背景に、金属循環型社会の構築が重要課題となっている。当グループでは、これを実現するための技術の確立に貢献することを目指して、溶媒抽出法や吸着法等の湿式法、および熔融塩を用いた電解法に関して、省エネルギー的で高選択的な金属分離回収技術の開発を行ない、一次資源（天然鉱石）および二次資源（使用済み製品、廃棄物）からの金属回収に関する新規プロセス、新規手法を提案することを目指している。今年度は、(1) 使用済み無電解ニッケル液からのニッケル回収、(2) 白金族金属の分離剤開発、(3) ネオジム磁石廃棄物を対象とした希土類元素の回収、(4) 希土類元素高選択性吸着剤の開発、(5) 熔融水酸化ナトリウム中での廃超硬工具からのタングステン電解酸化溶解、(6) 熔融塩電解精製による太陽電池用 Si のリサイクルおよび製造方法の開発等について研究した。

研究テーマ：テーマ題目3

大気環境評価研究グループ

(Atmospheric Environment Study Group)

研究グループ長：村山 昌平

(つくば西)

概要：

当グループでは、大気環境における観測・シミュレーション技術を基盤として、森林生態系の炭素固定能のモニタリング技術、産業活動の環境影響評価手法及び地球温暖化防止のための対策評価手法の開発に関する研究を行っている。平成25年度は、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林及びタイの熱帯林において炭素収支観測を継続した。また、情報通信技術の導入により、停電や測器不良による欠測期間を大幅に縮小できた。高精度大気主成分濃度及び同位体測定手法を開発し、成層圏大気循環の長期変動評価や酸素濃度の高精度航空機観測に応用した。海洋貯熱量の変動要因の解明するために大気上端正味放射量と海面水温の関係を調査した。九州北部地域での PM2.5 組成の変動に関する解析を行うとともに、利尻島・札幌における元素状炭素粒子の沈着フラックス経年変化のレコード復元を進めた。福島原発事故起源の放射性エアロゾルについて、

つくばにおける大気中の放射性核種の担体が2011年8月より硫酸塩から土壌粒子にほぼ移行したことを明らかにした。南大洋及び昭和基地にてエアロゾル粒子の物理・化学特性に関する観測を実施した。数値モデルを用いて、名古屋都市圏の温熱環境の現状再現実験及び将来予測実験を実施した。

研究テーマ：テーマ題目10

海洋環境評価研究グループ

(Marine Environment Study Group)

研究グループ長：鈴木 昌弘

(つくば西)

概要：

海洋環境評価研究グループは、海洋を利用した産業活動が環境に及ぼす影響や効果を評価する手法を開発することにより政策策定の根拠としうる知見の提供を目的としている。平成25年度は、温室効果ガス排出抑制技術として期待される二酸化炭素の回収貯留 (CCS) 技術に関わる環境影響評価に向けて、海水中の $p\text{CO}_2$ モニタリングセンサーの開発、南太平洋海域での研究航海にて高水圧下における原核生物への CO_2 影響の評価し、さらに英国における海域二酸化炭素放出実験のデータ解析を進め、 CO_2 漏洩時の堆積物中のリンの挙動を明らかにした。合わせて沿岸海洋生態系の創生による大気二酸化炭素削減と沿岸環境浄化技術の評価として、製鋼スラグを用いた藻場・干潟造成技術に関わる擬似現場実験を実施した。スラグの化学特性、栄養塩・微量金属の挙動およびメタゲノム解析を進めてきた。

研究テーマ：テーマ題目11

水環境工学研究グループ

(Hydro-environmental Technology Research Group)

研究グループ長：清野 文雄

(つくば西)

概要：

水環境工学研究グループは、第2期中期目標期間において水環境を浄化・修復・保全する新しい水処理技術を実現するための基盤を確立することを目指している。より具体的には、(1) シクロデキストリン、ナノシート等を利用した有害化学物質の吸着回収技術、(2) 水素、触媒等を利用した硝酸の還元無害化技術、ならびに(3) マイクロバブル、オゾン等を用いた酸化無害化技術をターゲットとして、それらの特性を徹底的に解明し、実用化技術の開発へ向けた基礎データを構築するものである。

上記目的を達成するため、当グループでは、基盤研究として分子動力学・量子化学計算を用いて有害物質の吸着回収・凝集化機構のシミュレーション解析を進めるとともに、量子化学計算結果に基づいてホウ素、

セシウム等の新規吸着剤の合成に取り組んでいる。

応用研究としては、ナノシートならびに環状分子を用いたより選択性の高い吸着剤の開発、ナノ粒子、マイクロ気泡、ナノ気泡界面等の特殊反応場を利用した有害化学物質の還元処理技術または酸化分解処理技術の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目12

【テーマ題目1】化学物質有害性評価手法の高度化に関する研究

【研究代表者】 鳥村 政基（計測技術研究グループ）

【研究担当者】 鳥村 政基、青木 寛、金 誠培、谷 英典（常勤職員4名）

【研究内容】

国内外での化学物質の規制強化に伴い、多数の物質の生体影響評価が必須となるため、膨大な数の生体影響試験を高速かつ分子レベルで解析するシステムの開発を推進する必要がある。安全安心な社会の実現に向けて、製品や産業プロセスから排出され環境中に存在する化学物質やナノ粒子等の測定、及びこれらへの暴露によって引き起こされる体内の健康状態の変化をモニタリングすることができる迅速で信頼性の高い分析法が必要とされている。このため、特定配列を持った遺伝子の存在をわずかな量でも検出できる高性能遺伝子プローブの開発、さらにこれらプローブがそれぞれ異なる遺伝子配列を持ったものを並べて利用できる再現性の高い検出能力を持った遺伝子センサアレイチップの開発が必要である。また、遺伝子組み換え技術を生物が持つ酵素やタンパク質の持つ発光機能や化学物質認識機能へと融合することにより、環境中や生体内の化学物質やホルモンを高感度にモニタリングする分析システムの開発も望まれる。さらに、幹細胞等のヒト細胞を利用した新しい化学物質の生体への影響評価試験技術の開発が強く期待されており、その可能性を最先端の分子生物学的手法に基礎を置く評価技術により判断する必要がある。平成25年度は、遺伝子センサアレイチップの表面処理に工夫を加えることでこれまでよりも再現性の高い遺伝子センサ素子を準備できることがわかり、この方法で作成した素子をアレイ状に高密度化した遺伝子発現解析システムの構築に大きな可能性を見出すことができた。また、これまで開発を進めていたストレスホルモン等を検出するための分子発光プローブについては、細胞・非細胞系の分析手法を開発し、ES細胞から心筋組織への分化誘導にも成功したことで化学物質の心臓への影響評価に使える可能性を示すことが出来た。また、ヒト細胞等計測での利活用の可能性が期待される細胞について、ノンコーディング RNA を重点的に解析した結果、従来のがん抑制遺伝子等よりも高い応答性を有する新規バイオマーカーを何種類か同定した。また、マウス ES 細胞において細胞形態の変化および RNA を重点的に解析した結果、化学物質暴露量に依

存した細胞生育速度の変化が起こることを見出すことにも成功した。さらに、細胞内に人工的に特定遺伝子を発現させることにより、通常の化学物質への応答性を超える化学物質に過敏な細胞を樹立することにも成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 分子プローブ、ストレスホルモン、可視化、細胞

【テーマ題目2】エレクトロスプレー法による低環境負荷加工技術の開発

【研究代表者】 脇坂 昭弘

（環境分子科学研究グループ）

【研究担当者】 脇坂 昭弘、小原ひとみ、寺本 慶之、山田 奈海葉、鶴島 修夫、鈴木 昌弘、尾形 敦（常勤職員7名）

【研究内容】

エレクトロスプレーは、ノズルとこれに対向する電極との間に高電圧を与えて強電場を形成し、ノズルから強電場中に液体試料を供給することにより、ノズルの電位と同符号の電荷を有する液滴が生成し、それらが電場の方向に移動するスプレー現象である。我々は、気中及び液中でのエレクトロスプレー現象を制御して極微小反応場を形成する技術（エレクトロスプレー反応場）を開発し、これをナノ粒子合成反応に適用して、従来技術よりもナノ粒子の凝集を抑え、しかも高効率・低環境負荷な合成が可能なることを明らかにした。

気中エレクトロスプレー反応場は、正・負の電位を与えた2本のエレクトロスプレーノズルを対向させ、その間に1.5 kV/cm 程度の電場を形成することによって構成される。各ノズルから正および負に帯電した液滴がスプレーされ、それらは2本のノズル間の電気力線に沿って飛行するため、電場中央付近で正・負液滴間の衝突が起こる。正・負液滴間で衝突した後の液滴の平均粒径をレーザー回折法で計測したところ12.62 μm となり、さらに静電レンズ系で選別を行うと4.68 μm まで制御できることを見出した。これは二液混合が可能なる最小の反応場がエレクトロスプレーによって形成されたことを示している。このエレクトロスプレー反応場における液滴どうしの衝突・混合は、正・負液滴間の静電引力によるものであり、同符号（正・正または負・負）の液滴間の衝突は静電反発力によって排除される。このため、衝突・混合する液滴は、正・負液滴間に限られ、極めて高選択的に二液混合を行うことができる。

気中エレクトロスプレー反応場を用いた金ナノ粒子の合成反応を以下に示す。塩化金酸 (HAuCl₄) 溶液と還元剤のアスコルビン酸溶液を正・負各エレクトロスプレーノズルからスプレーし、正・負にそれぞれ帯電した塩化金酸溶液とアスコルビン酸溶液の液滴間で混合することによって、Au³⁺から Au への還元が起こった。生成した Au は凝集するが、衝突後の極微小液滴をポリビニル

ピロリドン（PVP）溶液中に素早く吸引・回収することで凝集を抑え、金ナノ粒子分散液が得られた。動的光散乱スペクトル（DLS）と TEM 像により、金ナノ粒子の平均粒径 5 nm を確認した。同じ塩化金酸溶液とアスコルビン酸溶液をフラスコ内で混合すると、300 nm～3 μm の巨大な粒子が生成した。本エレクトロスプレー反応場による極微小体積での素早い混合と回収が、ナノ粒子合成を可能にしたと言える。また、従来法として、二液を数十～数百マイクロメートルサイズの細管内で混合する既存のマイクロミキサー技術を用いて、Au³⁺を還元し金ナノ粒子を合成する方法が試みられているが、細管内壁に金が堆積して閉塞を起こすため、実用化には適していない。気中エレクトロスプレー反応場は気中の液滴内が反応場となるため、反応体積を極限まで小さくできること、さらに、閉塞による反応効率低下が起こらない点で従来法より優れている。しかしながら、気中で衝突した液滴を吸引などによって回収する必要があるため、気中飛散による回収効率低下が問題となった。この問題の解決のため液中エレクトロスプレー反応場技術を開発した。

ヘキサンなどの誘電率の低い液体媒体中で、気中と同様にエレクトロスプレー反応場を形成することができた。ヘキサン中で正・負のエレクトロスプレーノズルを対向させ、各エレクトロスプレーノズルに+3 kV と-3 kV をそれぞれ印加し、各ノズルから塩化金酸水溶液とアスコルビン酸水溶液をスプレーすると、ヘキサン中で静電的に各水溶液の液滴を衝突・混合させることができた。これにより正・負液滴の衝突後の飛散の問題は解消され、高効率回収が可能となった。この液中エレクトロスプレー反応場で合成した金ナノ粒子分散液の平均粒径も5nm以下となることを確認した。

これら気中及び液中エレクトロスプレー反応場によるナノ粒子合成技術を、金属ナノ粒子触媒調製技術、金属ナノ粒子分散液濃縮技術、及び防藻・抗菌加工技術に適用する研究を行っている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エレクトロスプレー、ナノ粒子、マイクロリアクター

【テーマ題目3】 クリティカルメタル安定供給に資する天然資源高度分離技術の開発（分野重点課題）

【研究代表者】 田中 幹也
（金属リサイクル研究グループ）

【研究担当者】 田中 幹也、大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、林 直人、田中 幹也、成田 弘一、大石 哲雄、尾形 剛志、加茂 徹、小寺 洋一、半田 友衣子
（常勤職員12名）

【研究内容】

我が国の持続的発展には、種々の資源・環境制約から

近未来の供給困難が懸念される戦略的金属資源（クリティカルメタル）の確保が急務である。そのためには廃製品リサイクル（都市鉱山開発）とともに、未利用天然資源からの分離回収技術の開発が必要である。特に、深海底に多量に賦存する鉱物資源や陸上資源であるリン鉱石、螢石鉱床等には微量の希土類元素が含まれており注目が集まっている。これらの資源は低品位であったり組織が複雑であったりする難処理鉱であるため、経済的・環境調和的にクリティカルメタルを採取するには高度な選別・分離・精製技術の開発が必須である。本研究では、これらの低品位・難処理の天然鉱石から希土類等のクリティカルメタルを採取するための分離・精製技術の開発を行なう。今年度は以下の2項目について研究を行なった。

- (1) 低濃度の希土類元素含有試料からの浸出試験：低濃度の希土類元素を含有する試料を対象に、鉱酸（塩酸、硝酸、硫酸）による浸出試験を行なった。酸の種類により、塩の生成の有無等の違いが見られ、その塩に取り込まれる希土類元素の挙動について知見を得た。また、酸の濃度などを変えることで、希土類元素をはじめ、鉄、アルミニウム、カルシウムといった主成分元素の浸出率ならびに浸出液の酸濃度等を把握した。
- (2) 模擬浸出液からの希土類元素回収試験：上記の浸出試験で得た知見をもとに、低濃度の希土類元素含有試料からの酸浸出液を想定して模擬浸出液を調製し、希土類元素の回収試験を行なった。模擬液中の希土類元素濃度が希薄であるため、吸着法による希土類元素回収を検討した。吸着剤は産総研において開発した希土類元素に選択的な吸着が可能なジグリコールアミド酸修飾シリカゲルを用いた。吸着剤をカラムに充填し、模擬浸出液からの吸脱着試験を行なったところ、鉄、アルミニウムといった夾雑物は吸着せず、希土類元素、特に中・重希土類元素に選択的な吸着が見られた。吸着した希土類元素は1 M 程度の酸で容易に回収可能で、回収された希土類元素の濃度は10から20倍程度に濃縮できた。比較として市販の吸着剤である強酸性陽イオン交換樹脂についても同様の試験を行なった。強酸性陽イオン交換樹脂では選択性が低いため、希土類元素に対して高い濃度で存在している鉄、アルミニウム等が多量に吸着し、結果として希土類元素と夾雑物の分離が十分に行われなかった。このように市販の吸着剤に対して優れた結果が得られ、低品位・難処理の天然鉱石から希土類元素を回収するための技術として期待できる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 天然鉱山、クリティカルメタル、レアメタル、レアアース、製錬、吸着

【テーマ題目4】 二酸化炭素の生態系内隔離とその監視技術に関する研究

〔研究代表者〕 近藤 裕昭（副研究部門長）

〔研究担当者〕 近藤 裕昭、村山 昌平、田口 彰一、
兼保 直樹、古賀 聖治、前田 高尚、
石戸谷重之、高根 雄也、鈴木 昌弘、
左山 幹雄、鶴島 修夫、山田 奈海葉、
塚崎 あゆみ（常勤職員13名）

〔研究内容〕

産総研が20年以上観測を続けている岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林（高山サイト）及び10年以上観測を続けているタイの熱帯林において陸域生態系における炭素収支観測を継続した。情報通信技術導入システムの構築・運用により、欠測期間が大幅に縮小でき、さらに各サイトから受信した一般気象データ等の自動処理により、準実時間での遠隔監視が可能になった。高山サイトにおいて、環境条件に対する炭素固定能の変化をより詳細に検討するため CO₂、O₂濃度及び CO₂、水の同位体観測結果を利用して、正味の炭素収支を光合成と生態系呼吸に、生態系呼吸を土壌呼吸と葉呼吸に、それぞれ分離評価する手法の開発を進めた。平成25年10月には高山市でサイト開設20周年記念の国際ワークショップを開催し、関連する多分野の研究者と活発な意見交換を行った。

近年、藻場・干潟などの豊かな沿岸生態系が、温室効果ガスの吸収源としても見直されつつある。これら生態系を創生・修復する技術のひとつとして、産業副産物の製鋼スラグと浚渫土を利用したアマモ場造成技術の評価を中国センター阿賀臨海実験場の大型水槽を用いて実施した。様々な比率で混合した製鋼スラグと浚渫土の混合土壌にアマモを移植、汲み上げ海水をかけ流し、経時的に土壌を採取した。これらの試料について、物質循環の駆動者である細菌に着目し、群集構造解析を行った。

また CCS（二酸化炭素回収貯留）技術など深海環境を利用する気候変動緩和技術に関して、より現実に即した環境影響評価を行うため、深海域の優占生物である原核生物を評価対象とした、安価かつシンプル、可搬性に優れる、種々の条件について同時に評価可能、といった特徴を有する高圧培養試験装置の構築を行ってきた。平成25年度は、当該装置の実海域への適用として、学術研究船白鳳丸 KH13-7次航海において、南太平洋上で水深500m 以深の海水を採取し、従属栄養細菌による二次生産速度を測定する際の培養過程に本装置を適用し、現場圧力環境を再現した実験に成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 炭素固定能、陸域生態系、同位体比観測、製鋼スラグ、高圧培養試験

〔テーマ題目5〕 人為的に設計・開発した生物発光酵素 (ALuc)

〔研究代表者〕 鳥村 政基（計測技術研究グループ）

〔研究担当者〕 鳥村 政基、長縄 竜一、佐藤 浩昭、
中里 哲也、青木 寛、野田 和俊、

愛澤 秀信、谷 英典、重田 香織、
黄 昱（常勤職員8名、他2名）

〔研究内容〕

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させたスマートな水質監視用の計測技術を開発するため、その基盤となる分析装置やセンサ類の開発とその性能評価を実施する必要がある。水中の毒性量を評価する水質監視技術確立のため、毒物応答速度や再現性が悪い魚等を利用した既存システムに代わり、応答速度や分析誤差に優れた生物等の分子認識系も利用した毒物センサを開発してきた。また、従来の機器分析技術の問題点を克服した前処理自動化等を施した新計測技術もスマート計測の観点では引き続き重要である。平成25年度は、新たに樹立した人工生物発光酵素 (ALuc) を更に産業利用しやすい形態に発展させるために、いくつかの分子標識を付けることに成功した。また、こうした分子標識が付いた発光酵素は各種のホルモン様化学物質等の簡便な検出試薬として利用可能となるが、実際に産業応用できるような大量合成技術の検討も進めることができた。一方、これら ALuc を利用した種々の簡易計測 (アッセイ) が場所を選ばず行えるようにするために、ポータブルで消費電力が極めて小さい光検出器を試作にも着手し、実用性の高いマルチチャンネル型の光検出器も開発することができた。生物発光技術による環境計測技術以外にも多くの開発課題を推進した。ヒ素やクロムなどの形態別に計測する必要が高い元素の検出技術に関しては、構築した手法の標準化へ向けて手順書の準備と複数機関による評価試験の準備を進めた。環境中微生物を迅速に検出するためのマトリックス支援レーザー脱離イオン化質量分析の技術に関しても、測定対象としての微生物を真菌にまで拡大し、基礎データを取得した。さらに、この質量分析による微生物解析技術をより汎用性の高い識別システムへ発展させるために、データベースの質と量の両方で充実を図った。また、解析する環境中の微生物濃度が低い場合にはこの質量分析技術で直接解析することは難しいが、解析に用いる微生物濃度を十分なレベルに簡便に高めるために開発した微生物電気的濃縮技術を改良することができた。一方、高感度な水晶振動子センサを空気中の有害物質検出技術へ適用させるため、種々の吸着材を振動子表面に形成したものについて、長期間の安定性評価を進めた。また、同センサを液体中でも安定的に利用できる性能を付加するために、センサ表層への高分子鎖の導入についても検討を重ねこれを達成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 毒物センサ、環境微生物、微量元素、ガスセンサ

〔テーマ題目6〕 HFC 冷媒の海水への溶解度

〔研究代表者〕 忽那 周三（未規制物質研究グループ）

〔研究担当者〕 忽那 周三（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ヒドロフルオロカーボン類 (HFCs) は、冷媒等として広く使用されているが、地球温暖化への影響を使用前に評価することが求められている。本研究では、地球温暖化への影響評価に必要な大気寿命推定に関連して、海洋への溶解による大気寿命推定に必要な海水への溶解度を測定した。混合冷媒または単独冷媒として使用されているジフルオロメタン (HFC-32) について、ヘンリー定数と salting-out 係数を 5 - 35℃ の温度範囲でページ法により測定した。ページ法による測定では、気泡と溶液間で気液平衡が成立することを仮定している。通常ページ法で測定対象とする物質よりもジフルオロメタンは水に対する溶解度が小さいため、実験に用いるページ管にガラスらせん板を挿入し、気泡がらせん板の下を伝って上昇することにより気液接触時間を長くして気液平衡が成立するようにした。また、気液平衡を確認するため、溶液体積を 0.25 - 0.35 dm³ の範囲で変えて測定結果が一致することを確認した。さらに、40 - 80℃ の温度範囲で PRV-HS 法によりヘンリー定数を測定し、ページ法測定結果と比較した。ヘンリー定数の温度依存性は、ファン・ホッフ式で整理でき、ページ法と PRV-HS 法の測定結果は実験誤差範囲内で一致した。ジフルオロメタンのヘンリー定数は 2 件文献値 (両文献値は互いに 3 倍程度食い違う) があるが、本測定結果は、25℃ において文献値の 2.4 倍または 0.85 倍に相当した。海洋への溶解では、共存塩により溶解度が減少する効果 (salting-out 効果) を定量評価する必要がある。そのため、海水の主要な塩である塩化ナトリウム、塩化マグネシウム、硫酸マグネシウム等を異なる濃度で共存させて、ページ法により 5 - 35℃ の温度範囲でジフルオロメタンの気液分配係数を測定した。これら気液分配係数とヘンリー定数の比は、共存塩水溶液中のジフルオロメタンの活量係数に相当し、その対数は一般に共存イオン濃度の 1 次または 2 次式で整理できることが知られている。測定結果をこれらの式で整理して、共存イオンごとに係数を決定した。尚、塩化マグネシウムを含む水溶液では、濃度が高い条件 (約 0.1 mol kg⁻¹ 以上) で気液平衡条件が成立しない場合があった。また、上記塩の他にカリウムイオン、カルシウムイオンを加え、各イオン濃度を海水の代表的な値に調整して海水のモデル溶液とし、このモデル溶液に対するジフルオロメタンの気液分配係数を 5 - 35℃ の温度範囲で測定した。測定結果は、上述した salting-out 効果を示す式でほぼ説明できた。15℃ における海水モデル溶液に対するジフルオロメタンの溶解度は、水に対する溶解度から 3 割程度減少した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 地球温暖化、大気寿命、ヘンリー定数、salting-out 効果

〔テーマ題目 7〕 土壌中トリクレン除去を目的とした光

触媒システムの構築とその性能評価

〔研究代表者〕 根岸 信彰

(環境負荷制御研究グループ)

〔研究担当者〕 根岸 信彰 (常勤職員 1 名)

〔研究内容〕

土壌汚染の代表的な VOC であるトリクレンを光触媒により除去するシステム構築の検討を行い、モデル機の試作とそのトリクレン除去性能評価を実施した。システム構造は地下部分と地上部分の二つから成り、地下部分に関しては土壌にボーリングした縦穴空隙中に浸出した地下水から VOC を分離揮発させる機構として、繊維質構造体を用いた毛細管を検討した。水中に溶存させたテトラクロロエチレンの揮発を通気状態でモニターしたところ、毛細管を用いたシステムではこれを用いない場合と比べて 5 倍以上の長時間に渡りテトラクロロエチレンの蒸散が続くことを確認した。次に、地上部分の光触媒構造体の設計・製作を行った。初期モデルとして、10W ランプでも励起が可能な全高 300mm のリアクターを製作し、溶射法による金網担体への光触媒固定、並びにパンチングメタルへの光触媒固定の二通りを検討した。金網担体のものは僅かな触媒活性しか示さなかったが、パンチングメタル担体のものでは、参照触媒である P25 を担持したものとほぼ同等の触媒性能を示した。これら結果を踏まえて、太陽光励起を前提とした実証サイズに近い全高 1500mm のリアクターの設計・製作を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 光触媒・土壌汚染・VOC・トリクレン・パッシブ浄化

〔テーマ題目 8〕 使用済み工業製品からの資源回収技術の開発

〔研究代表者〕 加茂 徹 (環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕 加茂 徹 (常勤職員 1 名)

〔研究内容〕

使用済み FRP 製 LPG ガスタンクを有機溶媒中で可溶化し、いったん可溶化された FRP を熱分解することで循環溶媒を製造して FRP からガラス繊維を安価に回収できるシステムを構築する。本年度は、長いガラス繊維を巻き付けポリビニルエステルで固めた FRP タンクモデルを各種の有機溶媒中で加熱処理し、可溶化速度に対する溶媒や触媒の影響を検討した。またいったん溶けた FRP を 400~600℃ で熱分解し、回収された液体生成物の組成に対する分解温度の影響を検討した。5 mm に粉砕した FRP は、微量の硫酸やリン酸を添加するとクレゾール中 1~2 時間以内に可溶化できた。FRP タンクモデルの可溶化では、繊維間に溶媒が浸入する時間が必要で、FRP は溶媒が付加した変性樹脂を経て可溶化され、重質な液体生成物として回収された。重質な液体生成物から溶媒を蒸留して得られた蒸留残液の熱分解では、熱分解温度が高くなるに従って液収率が増加し、

600℃で約95%が液体生成物として回収された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔テーマ題目9〕膜分離活性汚泥槽への油添加により誘発される膜ファウリングとその原因微生物群

〔研究代表者〕尾形 敦（浄化機能促進研究グループ）

〔研究担当者〕尾形 敦、堀 知行、佐藤 由也、飯島 孝行（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

膜分離活性汚泥法（MBR: Membrane bioreactor）は、活性汚泥と処理水の分離を MF 膜または UF 膜により行う水処理再生の中核技術である。標準的な活性汚泥法に比べて、省スペースで良好な処理水質が得られるものの、微生物や有機物の付着による膜ファウリング（膜の目詰まり）の問題が深刻化している。本研究では、MBR への油添加によって膜ファウリングと処理性能低下を誘導し、その過程における微生物群の遷移と MBR 荒廃後の膜付着微生物群を次世代シーケンサー（MiSeq, Illumina）により同定した。MBR に230Lの活性汚泥を満たし、水利学的滞留時間2日の条件で人工下水の好気処理を開始した。運転期間を通してファウリング指標である膜間差圧と物理化学的パラメーター（温度、pH、DO、MLSS、TOC、COD-Cr、TN、アンモニア濃度）を追跡した。油の添加濃度を200～800 ppmで段階的に上げたところ、それに伴って膜間差圧が上昇した。油添加濃度が600 ppmを超えると、処理水中の有機物とアンモニアの濃度が急激に増加した。経時的に採取した活性汚泥試料から微生物 DNA を抽出し、16S rRNA 遺伝子の部分配列を標的とした PCR を行った。得られた増幅遺伝子断片を精製し、次世代シーケンサーにより解析した結果、膜間差圧の上昇期と処理性能の低下期に顕著に増加する微生物群が同定された。さらに MBR 内で浮遊菌体としての相対存在量は極めて小さいが、膜上で優占化する未知微生物群が見出された。これらは膜ファウリングまたは MBR 処理性能低下に直接的に関与することが強く示唆された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕膜分離活性汚泥法、膜ファウリング、微生物、次世代シーケンサー

〔テーマ題目10〕都市街区における温熱環境の将来予測・影響評価に向けた屋外温熱環境の実態調査（運営費交付金）

〔研究代表者〕高根 雄也
（大気環境評価研究グループ）

〔研究担当者〕高根 雄也、近藤 裕昭
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

都市域の温熱環境の悪化は夏季に熱中症などの健康被

害をもたらす。温熱環境を表す指数（温熱指数）として、国内では、JIS や ISO7243の標準尺度であり、熱中症患者数と明瞭な相関を持つ湿球黒球温度（Wet-Bulb Globe Temperature: WBGT）がおもに使用されている。しかし、熱中症予防情報として、気象官署やアメダスなどの芝地のオープンスペースで算出・推定・予測された WBGT が発表されているが、都市部で居住・労働する人々の生活空間である都市街区内における WBGT とは異なると考えられ、人々の実感に合いにくいという問題がある。この問題を解決するためには、都市街区内における人々の実感に合った WBGT の現地調査が必要である。温熱指数には、上述した WBGT の他に、PMV（Predicted Mean Vote）や PET（Physiological Equivalent Temperature）など、様々なものがある。上述のように国内では WBGT がおもに使用されているが、欧州では PMV と PET が頻繁に使用されており、どの指数も温熱指数を評価する指数としての世界的なコンセンサスは得られていない。

本研究の目標は、(1) 日本の大都市圏において、WBGT を含む複数の温熱指数の現地観測を行うことにより、都市街区内における人々の実感に合った温熱環境の実態を把握すること、及び(2) 都市街区環境の違いを考慮できる都市気象・建物エネルギー連成数値モデル（WRF-CM-BEM）を用いた都市街区内の温熱環境の予測実験・健康影響評価のための検証用データを取得することである。これにより、温熱指数の世界的（もしくはアジア圏での）コンセンサス作りに貢献することを目的とする。

平成25年度は上記の目標の達成に向け、以下の3つのことを実施した。

- (1) 首都圏で発生する高温の将来予測・影響評価に向けた予備的な数値シミュレーション
- (2) 都市街区の温熱環境を測定可能な人体装着式温熱環境測定器の作成
- (3) 上記(2)を用いた被験者実験の実施

(1)により、本研究で使用する数値モデルは首都圏で発生する高温を再現可能なパフォーマンスを有していることが確認できた。また、(2)・(3)により都市街区の温熱環境を測定することに成功した。今後は、(2)の測定器を改善しながら(3)の調査を更に実施する。さらに、インターネット等を介したアンケート調査を別途行う人々の実感と温熱環境との関係を調べることにより、上記の目的に向けて研究を進める予定である。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕温熱環境、都市、高温、都市気象・建物エネルギー連成数値モデル、人体

〔テーマ題目11〕製鋼スラグを用いた沿岸アマモ場創生技術における栄養塩動態の解析

〔研究代表者〕鈴木 昌弘

(海洋環境評価研究グループ)

〔研究担当者〕 鈴木 昌弘、塚崎 あゆみ、
山田 奈海葉、鶴島 修夫、中里 哲也、
谷本 照己、黄昱
(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

干潟・藻場創生のための基盤材として産業副成物である製鋼スラッグの活用を目指し、製鋼スラッグ土壌の利用が沿海域の栄養塩動態へもたらす影響評価を行った。土壌が底生生物の生息場となっていくことを勘案し、有機物を豊富に含む航路浚渫土を製鋼スラッグに添加した混合土壌について評価した。混合土壌－海水間における栄養塩動態を定量的に把握するため、混合土壌の柱状コアを作製し、海水流水水槽での沈置実験を実施した。スラッグの代わりに珪砂を用いた系を対照区として設置した。

379日経過後のコア試料間隙水中の窒素は、主にアンモニア態で存在し、それに硝酸および亜硝酸態窒素を加えた全窒素濃度はスラッグ混合土壌の方が珪砂混合土壌より高かった。リン酸態リン濃度はスラッグ混合土壌で珪砂混合土壌に対して一桁低かった。スラッグには高濃度のリンが含まれているが、それらのリンは放出されず、むしろ間隙水中のリン酸を吸着しているものと推測される。ケイ酸態ケイ素の濃度には pH 依存性が認められ、間隙水の pH が高いスラッグ混合土壌の5cm 以深で急激な濃度の増加がみられた。コア実験で収集したデータから379日間の堆積物表層から海水への栄養塩の拡散フラックス積算値を算出したところ、いずれの混合土壌においても浚渫土の割合が高い程拡散フラックスは大きくなり、スラッグや珪砂よりも浚渫土の方が栄養塩放出への寄与が大きいことが示唆された。リン酸の拡散フラックスはスラッグの混合により珪砂より一桁小さくなったことから、沿岸基盤材に製鋼スラッグを用いても急激な栄養塩の放出による富栄養化の懸念は小さく、製鋼スラッグは徐放的なリンの施肥効果を有することが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 栄養塩、製鋼スラッグ、沿岸生態系、アマモ場、環境創生

〔テーマ題目12〕 水中の有害化学物質の吸着除去・分解技術に関する基礎研究

〔研究代表者〕 上榎 勇 (水環境工学研究グループ)

〔研究担当者〕 上榎 勇、中山 紀夫、清野 文雄
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

有害化学物質の吸着除去技術の基礎研究では、シクロデキストリン分子の化学物質に対する高度な選択性を利用することにより水中のにおい成分を除去する技術の開発を進めた。まず、ある種の官能基を有する樹脂粒子とシクロデキストリンの水酸基との間の求核置換反応を利用してシクロデキストリン分子を結合した吸着剤の合成

を行った。また、合成した吸着剤等を用いて、ジオスミンならびに2-メチルイソボルネオール(2-MIB)の吸着試験を行い、その性能を検証した。バッチ式吸着試験では、前処理したシクロデキストリン結合吸着剤に、ジオスミンまたは2-メチルイソボルネオールの水溶液を加え、恒温水槽内で振とうし、静置後、水層をガスクロ分析した。流通式吸着試験では、ガラス管に前処理したシクロデキストリン結合吸着剤を充填し、ジオスミンまたは2-メチルイソボルネオールの水溶液を下向流で通液して、通過液をガスクロ分析した。吸着試験によりシクロデキストリン結合吸着剤が、水中のジオスミンおよび2-メチルイソボルネオールの除去に有効であることが確認された。

有害化学物質の分解技術に関する基礎研究では、水素と触媒を併用した硝酸の分解技術の研究に取り組んだ。まず、触媒の担持材を Al_2O_3 からある種の有機材料に変えることにより、ほぼ同等の分解性能を維持しつつ、触媒の製造コストを下げるのに成功した。また、触媒の再生可能性という観点から触媒の見直しを行い、有望な触媒の担持方法を見出した。さらに、 H_2 純ガスの代わりに H_2/N_2 混合ガスをマイクロバブル発生装置を用いて吹き込むことにより、安全性を高めつつ、水溶液中の H_2 濃度を増大させることに成功した。実験は、 KNO_3 水溶液に気液二相流せん断方式のマイクロバブル発生装置を使用して H_2/N_2 混合ガスを吹き込み、イオンクロマトグラフを用いて水溶液中の硝酸イオン、亜硝酸イオン等の濃度の経時変化を測定した。触媒としては、Pd-Cu/ Al_2O_3 触媒を用い、これをセルロース製多孔膜に固定して実験に供した。 H_2/N_2 混合ガスをマイクロバブル化して吹き込むことにより、 NO_3^- 還元反応速度は、通常気泡を用いた場合の約20倍に向上した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水環境、有害化学物質、吸着、酸化・還元処理、マイクロバブル

⑫【環境化学技術研究部門】

(Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：柳下 宏

副研究部門長：大森 隆夫、北本 大

総括研究主幹：藤谷 忠博、新納 弘之、榎 啓二

所在地：つくば中央第5、つくば西

人員：40名 (40名)

経費：544,929千円 (387,004千円)

概要：

1. ミッションと目標

環境影響を考慮しつつ、持続可能な社会とそれを支える化学産業などの進むべき方向を示唆する、

「グリーン・サステナブルケミストリー (GSC)」が提唱されている。GSC とは、簡単に言えば「環境に優しいものづくりの化学」である。環境破壊の主因のように言われることもある化学だが、およそすべての製造業の基盤として、化学なくして「ものづくり」はあり得ない。

本研究部門では、長期的視野も取り入れ GSC をより広くとらえ、「環境共生化学」として以下の技術課題に関する研究を実施する。

- 1) 再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術
- 2) 化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術
- 3) 産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術
- 4) 先端化学材料の評価技術

上記課題に関する最終ゴールは、再生可能資源を用いて環境負荷となる廃棄物を生み出すことなく、また最小のエネルギー使用量で、選択的に目的製品を製造する技術の開発である。一方、現在の産業技術体系は膨大な既開発技術の蓄積に基づいており、産業技術転換には莫大なコストと長期にわたる新技術導入期間が不可欠となっている。そこで本研究部門では、短・中期的観点から既存産業の環境負荷低減技術及びエネルギー効率向上技術の研究開発を、長期的観点から上記最終ゴールを目指す画期的な産業技術の研究開発をバランス良く進める。

また、産総研が産業技術向上のための公的研究開発機関であることを踏まえ、総合研究所としての優位性を活かしつつ、経済性・社会性を考慮した研究開発を進めることが重要である。特に、新産業技術創出のための核となる異分野技術の融合には、化学技術の特徴を活かし、常に積極的に取り組むとともに、製品をイメージし、企業ニーズに適応した研究開発を行っていく。

2. 研究の概要

本研究部門は、独立行政法人の存立のよりどころである第3期中期目標・中期計画の達成に向けて全力を傾ける。また、本研究部門が化学技術分野の研究者の集団であることも考慮して、上記の4つの技術課題を第3期中期計画期間における重点課題として設定している。

近年の社会・経済情勢の変化により次の3点が本研究部門の研究開発方針に影響を及ぼしている。

- ・原油価格は、今後も高止まりの状況が続く。
 - ・二酸化炭素等による地球温暖化問題が顕在化し、省エネルギー技術の普及とともに循環型資源・エネルギーへの転換加速がより強く求められている。
 - ・複数の材料メーカーとユーザーメーカーが集結して拠点を形成し、先端材料の性能を適切に評価する手法を開発・共有することが望まれている。
- このため、重点課題の1)については、化学製品原

料の石油資源からバイオマスへの転換技術実現の加速が求められる状況にあり、また注目が集まるバイオベース材料については、民間企業との協力を視野に入れつつ、研究開発の重点化・加速化を図る。2)については研究対象を新規分離材料の開発に限ることなく、実用化時期とその規模を見据えつつ、ニーズに合った形で反応・分離・製造プロセスの省エネルギー化に関して研究開発を実施する。3)については、新しい省エネルギー型レーザー表面化学プロセスの開発により製造の高効率化を図り、産業活動の環境負荷低減に貢献するとともに、技術研究組合次世代レーザー加工技術研究所の技術開発に協力する。さらに4)については、次世代化学材料評価技術研究組合で行う有機エレクトロニクス材料等の評価・標準化技術、及び基礎解析技術の開発に協力する。

3. 体制・運営

1) 体制・運営に関する工夫・努力

本研究部門は、職員および外部研究員で100名程度の規模の研究ユニットである。従って、研究部門長のみによるフラットな組織管理・運営は困難と考え、研究グループ長を一次管理者、研究部門長を二次管理者とする二階層による組織管理・運営を基本とする。研究グループ内の予算配分・個々の研究者の研究課題設定・外部資金への応募等については、研究グループ長が一次判断を行う。研究グループ内の予算・スペース・勤務時間・各種リスクの管理も、研究グループ長が一次管理者を務める。

研究部門長はライン上にある研究グループ長の一次判断を尊重しつつ、必要に応じてスタッフである副研究部門長・総括研究主幹等の意見を聞きながら最終決定を行う。また、研究部門長は研究グループ間の調整を行うほか、他研究ユニットや産総研外の組織と研究グループとの関係についても総括責任者として調整する。副研究部門長及び総括研究主幹はこれを補佐する。以上のように、研究部門長を中心とするラインとスタッフの役割分担と責任の所在を明確にした形で運営を行っている。

2) 本格研究の考え方

本研究部門における多くの研究は第二種基礎研究、すなわち既知の知識の融合・適用によって社会・産業ニーズに応えようとする研究と位置付けられる。ただし、ともすれば論文・特許等の目に見えやすくアウトプットが現れやすい、開発研究からやや距離を置いた位置に止まりがちとなっている。産業界への技術移転を速やかに進める観点から、本研究部門では第二種基礎研究における上流から下流まで、すなわち第二種基礎研究のシーズから開発研究の導入部までを実施する。また、第一種基礎研究については、第二種基礎研究を実施中にしばしば得られる未知現象の原理解明を中心とし、真に新たな技術シー

ズにつながる可能性のある課題を主対象として研究を実施する。

3) 産学連携・知的財産・成果普及・広報についての考え方

本研究部門は、研究者のオリジナルな成果を核とした技術の研究開発及びその展開を最も高い優先度で推進する。研究課題の実施に当たっては、基本特許となるべき発明を単独で行うことを優先し、強固な知的財産権を確立した後、共同研究等を通じて技術移転を行い産業化を進める。

一方、集中的研究実施体制が効果的と考えられる社会・産業ニーズの大きい課題については、初期段階から国家プロジェクトあるいは資金提供を受けた研究コンソーシアム等を通じた共同研究体制により、加速的に研究開発を推進する。この場合、技術シーズのすべてが産総研オリジナルではないケースも想定されるが、産総研のミッションが産業技術向上への直接貢献であることを踏まえ、さらなる知的財産権の獲得を目指しつつ、技術展開における中核的役割を果たすとともに、国際標準化も視野に入れて活動する。

個別ニーズに応える産業技術の研究開発課題については、競争関係にある民間企業と適切な関係を保ちつつ、技術の早期の完成を目指した受託研究・共同研究を推進する。これらの積極的展開は、場合によっては知的財産権の複雑化を招くが、知的財産関係の情報漏洩には十分留意し、民間企業を含む外部機関関係者との信頼関係醸成に努める。

本研究部門は、ナショナルイノベーションシステムにおける産総研の役割を認識し、学界に止まらず広く社会や産業界を対象として積極的な成果普及・広報を心がけるとともに、「活動の見える化」を推進する。特に、産総研が主として公的資金に基づく組織であることを踏まえ、各種のアウトリーチ活動や、社会への研究活動・成果の紹介に注力する。その際には、一般の人にも理解しやすい明快な広報に努める。

----- 内部資金：

戦略予算 化学系材料の分析用超高分解能走査型電子顕微鏡の整備

外部資金：

農林水産省 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 畑作の省力化に資するバイオプラスチック製農業資材分解酵素の製造技術と利用技術の開発

独立行政法人科学技術振興機構 CREST ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化

独立行政法人科学技術振興機構 ALCA 触媒の表面化

学、構造解析と設計

独立行政法人科学技術振興機構 ALCA 炭素膜の研究開発とプロセス検討

独立行政法人科学技術振興機構 A-STEP バッチ式内部熱交換型蒸留システムの実用化開発

独立行政法人科学技術振興機構 A-STEP セロビオースリピッドの紐状ミセル形成とその実用に関する研究

独立行政法人科学技術振興機構 ALCA 高性能アンモニア分解触媒の開発

公益財団法人名古屋産業科学研究所 戦略的基盤技術高度化支援事業 自動車部品等の軽量化を促進するためのメタルと炭素繊維強化プラスチック(CFRP)のレーザを用いる異材接合技術のシステム開発

文部科学省 科学研究費補助金 プラスチックの嫌気生分解の解析

文部科学省 科学研究費補助金 化学発光法を用いた化学材料評価手法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 金属・有機構造体を用いた機能性分離膜の開発

文部科学省 科学研究費補助金 副生グリセリン利用を指向したキラル酸化バイオプロセスの高度化と応用

文部科学省 科学研究費補助金 パラジウム膜を用いて達成しうる最大水素透過流束の評価

文部科学省 科学研究費補助金 短寿命代替フロン物質の地球温暖化ポテンシャル新指標の開発

発表：誌上発表100件、口頭発表138件、その他14件

界面有機化学グループ

(Interfacial Organic Chemistry Group)

研究グループ長：甲村 長利

(つくば中央第5)

概要：

優れた有機材料は使用される用途に応じて様々な機能を持つ。その機能は有機化学反応や有機エレクトロデバイス中における反応界面にて発揮される。当グループでは、精密有機合成技術と界面評価技術を組み合わせ、反応界面の制御を目的とした機能性有機分子材料の開発および界面制御を考慮に入れた機能性化学品

の精密合成に関わる新規プロセス開発を主眼とした研究を行っている。これにより、高性能・高信頼性エネルギー変換デバイスへの応用や化学材料の品質管理のための迅速評価手法への適用を目指している。

研究テーマ：テーマ題目 4

機能表面化学グループ

(Functional Surface Chemistry Group)

研究グループ長：中村 功

(つくば中央第5・つくば西)

概 要：

物質循環型社会を実現するためには、炭素資源や鉱物資源などの多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源や再生可能資源等を原料とする化学品製造プロセスの構築に向けた技術の高度化が必要とされている。当グループでは、バイオマスを原料とする化学品製造プロセスに必要な触媒による化学変換の技術開発に取り組んでいる。具体的には、セルロース由来の有機酸から芳香族等の有用化学品の合成、乳酸からアクリル酸への変換、およびバイオマスエタノールからプロピレンへの変換に対する高性能触媒の開発研究を進めている。さらに、表面科学的手法等の高度な *in situ* 計測・分析技術も駆使しながら、実用化に向けた触媒の高性能化に関する検討も行っている。

研究テーマ：テーマ題目 1

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：榎 啓二

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、膜利用高効率化学プロセスの構築に貢献することを目的として、膜素材の合成から製膜・評価技術の確立と膜応用プロセスの開発まで、膜分離の基礎から応用にわたる基盤研究を一貫して推進している。膜素材としては、水素のみを選択的に透過する水素透過性金属膜、及び分子スケールの孔で小さな分子を透過させる分子ふるいカーボン膜や金属有機構造体膜、選択透過性を有するゼオライト膜に着目している。膜や分離システムの開発はもとより、高精度・高感度な測定解析手法の開発や計算機シミュレーションを活用した膜・膜モジュールの評価解析も進めている。得られた技術や知見は、分離膜以外へも積極的に展開している。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 4

化学システムグループ

(Energy-Efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長：遠藤 明

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、化学システムの省エネルギー化や環境負荷低減化の分野において、化学工学及び材料科学の観点から材料技術とシステム技術を一体化してとらえた研究を展開し、得られた成果を積極的に社会・産業界に発信していくことを通じて、持続発展可能な社会の構築に資することを目標としている。具体的には、ナノ空間及び界面での物質移動・吸着現象・化学反応に注目し、材料の合成－構造－機能の関係を意識しつつ、グリーン・サステナブルケミストリーの発展に貢献するための材料合成技術・構造評価技術の開発、ナノ多孔材料の特性を活かした反応場の構築及びプロセス開発、省エネルギープロセスの解析とプロセス強化・システム化に関する研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2

バイオケミカルグループ

(Bio-Chemical Processes Group)

研究グループ長：羽部 浩

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、バイオマス等の未利用資源の積極的な活用を目的として、各種の生物・化学プロセスを活用した高付加価値製品の生産技術に取り組むとともに、革新的な産業技術の創出を目指した機能性化学品の利用技術の開発も行っている。具体的には、環境適合性と機能性を併せ持つ新しい材料であるバイオサーファクタントの各種産業分野への応用を目指し、酵素や微生物を利用した製造技術の高度化や用途開拓等を進めている。また、バイオディーゼル燃料の製造等において副生するグリセリンの有効利用を目的として、グリセリンからグリセリン酸を生産する技術の高度化や、グリセリン酸を誘導体化して得られる新規な機能性化学品について、各種物性・機能性の評価を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 1

高分子化学グループ

(Polymer Chemistry Group)

研究グループ長：国岡 正雄

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、持続可能な循環型社会システムに適合し、原料を石油に限定することなく、未利用の再生可能原料（バイオマス・農業廃棄物等）からリサイクル可能な循環型高分子を開発している。その製造に用いる環境適合型プロセス、利用が促進されるような高機能な性能を持つバイオマスプラスチック、バイオマスからの効率的な生産法、及びその基盤技術の開発を行っている。また、環境に負荷を与えない廃棄物処

理として、生分解・再資源化についても併せて検討している。具体的な研究テーマは次の通り。1)循環型高分子材料の利用促進のために、化学的手法（有機合成化学反応・光化学反応）を用いて、熱的・機械的性質や機能に優れた循環型高分子を開発する。2)環境適合技術及びその関連技術を利用して、実際にその製品の实用化に関与している企業とともに効率的生産法を開発する。3)循環型高分子の市場への投入促進のために、バイオプラスチックに関わる再資源化率・生分解率・バイオマス炭素含有率等の測定法の国際規格の原案作りを行う。4)高分子材料の耐久性評価技術の標準化の検討を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

レーザー化学プロセスグループ

(Laser-Induced Materials Processing Group)

研究グループ長：新納 弘之

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、レーザー化学技術の研究に基づく、新しい省エネルギー型レーザー表面化学プロセスの高効率化を行うとともに、先端的な光技術と分野融合による新技術開拓を目的として、光化学表面反応プロセスを駆使した省工程・省部品化を目指すレーザー局所場処理技術の創出を行い、産業活動の環境負荷低減に貢献するグリーンイノベーションに取り組んでいる。特に、太陽電池の高速スクライブ加工並びに超軽量構造材である炭素繊維複合材料に対する省エネルギー型高速加工技術を開発している。

研究テーマ：テーマ題目3

化学材料評価基盤グループ

(Chemical Materials Evaluation Group)

研究グループ長：須田 洋幸

(つくば中央第5)

概要：

有機 EL 素子や有機薄膜太陽電池などの電子デバイスの分野では、素子に用いられる機能性有機・高分子材料や、封止材などの周辺部材の高耐久化・長寿命化が喫緊の課題となっている。当グループでは、産業界のニーズを踏まえた先端化学材料の耐久性評価としての加速劣化試験法の開発、構造及び機能評価技術の高度化、基礎解析技術の開発、劣化機構の解明、評価手法の国際標準化、材料設計指針の確立等の分野横断的な取り組みを推進している。これにより、先端化学材料・部材を迅速かつ確実に製品化につなげる共通基盤的な化学材料評価研究拠点を形成し、我が国化学産業の国際競争力強化に貢献することを目指している。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] 再生可能資源を利用する材料・反応・プロセス技術

[研究代表者] 藤谷 忠博 (総括研究主幹)

[研究担当者] 藤谷 忠博、大森 隆夫、北本 大、中村 功、高橋 厚、桑原 泰隆、羽部 浩、井村 知弘、佐藤 俊、森田 友岳、福岡 徳馬、遠藤 明、山本 拓司、国岡 正雄、田口 和宏、大内 秋比古、船橋 正弘、八木 久彰、大石 晃広 (常勤職員19名、他11名)

[研究内容]

化石資源に替わってバイオ原料から化学品を製造するための技術開発及びプロセス開発は、日米欧を中心に戦略的な取り組みが始まっている。本テーマでは、国際競争力のあるバイオ由来化学品生産プロセスの確立を目指し、バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発、バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発、及びプラスチック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発に取り組み、各基盤技術の確立を図るとともに実用化指向の全体プロセス設計・評価を行っている。

(バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発)

バイオエタノールからプロピレンを製造するための反応プロセス、及び分離プロセスの開発を行った。触媒反応においては、これまでに見出した酸化物系触媒をベンチプラントで使用し、その性能と運転条件の確認を行った。また、ベンチプラントの運転により、触媒の寿命評価も行った。プラント運転の反応結果から、長時間運転で活性劣化することが予測されたので、現行触媒の安定性改良を行った結果、種々の酸化物を加えた触媒が、安定した触媒活性を維持することを確認した。また、反応メカニズムについても明らかにした。

(バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発)

グリセリン酸はバイオディーゼル燃料の製造で副生するグリセリンを原料に微生物生産可能な化学品であり、種々の応用が期待されている。そこで実際に副生する、不純物(メタノール)を含むグリセリンの原料化を目的に、メタノール存在下でも効率的にグリセリン酸を生産可能なプロセスの開発を行った。メタノール存在下で、グリセリンを酸化可能な微生物を利用し、効率的にグリセリン酸を生産することに成功した。また、グリセリン酸の利用技術に関する研究開発も行った。グリセリン酸誘導体として、配糖体の一種である α -グルコシルグリセリン酸を合成し、生体分子保護作用などの機能性を有していることを見出した。

(プラスチック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発)

プラスチック製品は多くの化合物の混合物であり、どの成分にバイオマス由来炭素が含まれているかが重要な要素となっている。プラスチック製品に関わる樹脂成分と添加剤成分のバイオベース度に関わる ISO 国際標準

規格の ISO 案 (ISO/DIS16620シリーズ) を作成し、技術委員会61 (TC61プラスチック) で国際審議を行った。ゴム製品に関わるバイオベース度に関わる ISO 国際標準規格の予備提案を技術委員会45 (TC45ゴム及びゴム製品) に行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオアルコール、バイオサーファクタント、グリセリン、バイオベースプラスチック

【テーマ題目2】化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術

【研究代表者】榎 啓二 (膜分離プロセスグループ)

【研究担当者】榎 啓二、原 重樹、大森 隆夫、根岸 秀之、吉宗 美紀、原 伸生、遠藤 明、川合 章子、山本 拓司、片岡 祥、上村 佳大、池上 徹 (常勤職員12名、他5名)

【研究内容】

化学プロセスを環境調和型プロセスへ変革するために、エネルギー消費の約40%を占める分離プロセスの革新が求められている。この要求に応えるべく、本テーマでは原理的に高効率な膜分離法及び産業分野で広く利用されている吸着分離に関する研究開発を行っている。膜素材・吸着剤の開発から、モジュール化・システム化・評価・解析などの性能実証までに必要な技術を開発・融合させることにより、本格研究を実践している。さらに、開発した技術の用途開拓を積極的に推し進め、化学プロセス以外の用途にも展開することにより、広く社会に貢献することを目指している。

(化学プロセスのための新規分離膜の開発)

分子ふるい炭素膜を用いた化学原料の脱水精製について、水/イソプロパノール分離で優れた分離性能を示した分子ふるい炭素膜の実験結果をもとに、イソプロパノール製造プロセスのシミュレーションを行ったところ、分離精製に必要なエネルギーは0.1MJ/kg と計算された。従来の蒸留法での所要エネルギーと比較し90%以上のエネルギー削減が達成可能であることを明らかにした。

金属有機構造体膜の開発においては、金属有機構造体の一種であるゼオライト様イミダゾレート構造体 (ZIF-8) を用いた気体分離膜の開発を行った。ZIF-8膜の作製は分離層の欠陥低減効果のある対向拡散法を用いた。気体透過特性の解析から、ZIF-8膜は分子サイズの違いに基づいて、優れたプロピレン/プロパン分離性能を示すことを明らかにした。

バイオブタノール分離用シリカライト-1膜の作製と膜性能評価について検討を行った。ブタノール濃度1wt%の実発酵液からの浸透気化法による膜透過流束は、1wt%ブタノール水溶液に比べ低下したものの、分離係数は400以上となり、実発酵液でもモデル水溶液と同等

の膜分離性能を示した。また、分離膜製造コストの低減に向けた検討の一つとして、多孔質支持体上へ種結晶塗布するための泳動電着法に、不燃性で極性を有するフッ素系エーテルを適用することで、安全かつ種結晶塗布に要する消費電力量を従来の1/1,000以下にできる可能性を示した。

(低温廃熱の有効利用が可能な新規ナノ多孔質吸着剤の開発)

低温廃熱において再生が可能な新規ナノ多孔質吸着剤として、メソポーラスシリカが有力な候補であるが、これまで低温における水蒸気の吸着・脱着挙動や、泳動電着法による金属基板上への固定化等の検討を行ってきた。

本年度は材料側からみた吸着・脱着速度の向上法として、細孔構造による吸着速度の差や、圧力差による速度の差に注目して検討を進めた。細孔構造については、シリンダー状細孔が屈曲しているメソポーラスシリカとしないメソポーラスシリカを合成し、それぞれについて水蒸気の吸着・脱着速度を評価したところ、屈曲していないものの方が速度の点で有利であることがわかった。また、泳動電着法による固定化では、これまで TEOS をバインダーとしての製膜を検討してきたが、ポリマーをバインダーとして製膜することで性能低下を最小限に抑えつつ強度の優れた膜の作製が可能であることがわかった。この方法でデシカントロータを設計・製作すると従来の吸着剤を用いた場合よりも省エネかつ装置サイズが半分以下にコンパクト化が可能であることが判明した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】省エネルギー、膜分離プロセス、分子ふるい分離膜、脱水分離、デシカント空調、ノンフロスト、ナノ多孔質材料

【テーマ題目3】産業の環境負荷低減を図るレーザー化学技術

【研究代表者】新納 弘之 (総括研究主幹)

【研究担当者】新納 弘之、佐藤 正健、川口 喜三、高田 徳幸、奈良崎 愛子 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

産業の環境負荷低減に資するグリーンイノベーションを目指して、レーザー化学技術の研究に基づいた新規な省エネルギー型レーザー表面化学プロセスの高効率化と、先端的光技術と分野融合による新技術開拓を目的として、光化学表面反応プロセスを駆使した省工程・省部品化を実現するレーザー局所場処理技術の創出に取り組んでいる。今年度は、太陽電池の高速スクライブ加工、レーザー誘起ドット転写法における転写挙動のダブルパルス照射効果、先端化学材料の光計測技術、並びに、炭素繊維強化プラスチックの高速・高品位レーザー加工について検討を行った。太陽電池のレーザー加工では、加工時の電池特性劣化を抑制した狭隘スクライブ加工に成功する

などの成果が得られた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 光化学表面反応プロセス、レーザー化学技術

〔テーマ題目4〕 先端化学材料の評価技術

〔研究代表者〕 須田 洋幸

(化学材料評価基盤グループ)

〔研究担当者〕 須田 洋幸、権 恒道、陳 亮、水門 潤治、萩原 英昭、滝澤 賢二、山根 祥吾、高橋 利和、内丸 忠文、国岡 正雄、船橋 正弘、大石 晃広、原 重樹、佐藤 正健、奈良崎 愛子、甲村 長利、井村 知弘、村上 拓郎、平 敏彰(常勤職員19名、他5名)

〔研究内容〕

有機エレクトロニクス等の先端デバイスに利用される高機能化学材料は、我が国化学産業の強みである。一方、複数の国内化学メーカーが個々に先端材料開発で競争を行っているため、開発内容の重複に加えて高額な研究設備等への重複投資が起きている。さらに、海外セットメーカーにおける内製化も進んでいることから、国内化学メーカーの開発効率の最大化が求められている。これらを背景に、先端化学材料分野で国際競争力を確保し、また持続可能社会の実現に貢献するために、耐久性評価を始めとする共通基盤的な先端化学材料の評価研究開発を担う拠点の整備が急務となっている。

そこで本テーマでは、化学材料の耐久性評価としての加速劣化試験法の開発、構造・機能評価法の高度化、材料設計指針の確立、を3本の柱として研究を実施している。具体的には、加速劣化試験法開発において、汎用耐候性試験装置を用いた加速劣化試験に加えて、大気化学の知見を活用した独自の加速劣化試験法の開発を目指す。構造・機能評価法の高度化においては、多様な評価・分析装置を用いた新しい構造・機能評価法の開発と、これに基づく劣化機構の提案を目指す。材料設計指針の確立については、加速劣化試験及び劣化機構の解析結果等を反映した材料設計指針を提案・確立することを目指す。

(加速劣化試験法の開発)

有機薄膜太陽電池(OPV)の耐久性評価に関して、電極やバッファ層を劣化させることなく発電層材料の劣化影響のみを抽出可能な加速劣化試験法を考案した。また、雰囲気制御下、薄膜状態で劣化した発電層材料を用いたデバイス特性評価法を検討し、試験法の課題を抽出した。OPV周辺材料の評価に関して、バックシートに用いられるポリエチレンテレフタレート(PET)をサンプルとし、熱と光の2つの劣化ストレスを同時に制御することで、引張強度において従来の耐候性試験の10倍以上の劣化加速性を確認した。また、封止デバイス中の酸素濃度を非破壊で検出する手法の開発に着手した。

(構造・機能評価法の高度化)

OPVの劣化機構解明に向けて、溶液状態で光酸化した発電層材料の劣化に伴う構造・機能変化を評価した。P型半導体であるポリチオフェンの光酸化過程において、スーパーオキシドが劣化活性種として関与することをスピントラップ ESR法により明らかにした。また、高分解能 MALDI-TOFMSにより劣化生成物の組成式を決定し、新たな劣化機構を提案した。加速劣化したPETについて、これまで未解明であった非晶部の劣化構造変化を陽電子消滅法により明らかにした。ケミルミネッセンス分光法により、ポリエチレングリコールの酸化劣化における発光種比率の変化から、新たな劣化機構を提案した。

異なる吸着基を持つ色素で構成された色素増感太陽電池(DSSC)の熱耐久試験におけるデバイス特性変化を検討した。その結果、酸化チタン表面から脱着しやすい色素ほど電荷の再結合割合が増大して電流と電圧の低下を招くことが示唆され、本手法が熱劣化機構の解明に有用であることが分かった。

(材料設計指針の確立)

OPVにおいて、ポリチオフェンの光酸化における活性種及び最終劣化構造解析から、耐久性向上にはスーパーオキシドとの反応を抑制可能な構造を導入するなどの分子設計が有効であることが示唆された。

DSSCにおいて、色素と酸化チタンとの吸着が熱耐久性向上に重要であるとの設計指針に基づき、酸化チタンと強固に吸着可能なホスホン酸含有色素を設計・合成・利用したところ、想定通りに熱耐久性が向上した。

一方、MALDI-TOFMS法において、測定試料とマトリックスとの親和性を増大させた界面活性型マトリックスを再生可能資源から設計・合成・利用し、質量分析感度を著しく増大させることに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 先端化学材料、耐久性評価、加速劣化試験、構造・機能評価法、材料設計指針

⑬【エネルギー技術研究部門】

(Energy Technology Research Institute)

(存続期間：2004.7.1～)

研究ユニット長：角口 勝彦

副研究部門長：宗像 鉄雄、小原 春彦、竹村 文男、羽鳥 浩章

首席研究員：周 豪慎

総括研究主幹：山崎 聡、嘉藤 徹

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、つくば東、つくば西

人員：112名(112名)

経費：1,902,736千円(952,998千円)

概要：

1. ミッションと目標

エネルギー技術研究部門は、地球温暖化の防止、限りあるエネルギー資源の有効利用およびエネルギーの安定供給確保を同時に達成するための研究開発を進め、持続発展可能な社会を実現するとともに産業競争力の強化に資することをミッションとする。

太陽光・水素・クリーン燃料等のクリーンエネルギー技術の研究開発、燃料電池等の分散型エネルギー技術の研究開発、蓄電・蓄熱・水素貯蔵等のエネルギー貯蔵技術の研究開発、およびこれらの技術を体系的に統合し電力・ガス・熱の需給を適切にマネジメントする分散型エネルギーネットワーク技術の研究開発を行う。これらの研究開発を通じて、高効率・低環境負荷で柔軟性・利便性の高いエネルギー供給を可能とする総合エネルギー産業の成長と、わが国の長期的エネルギービジョン、エネルギー政策の立案に貢献する。

2. 主要研究項目と研究推進手段

エネルギー技術研究部門では、次に示す4つの産総研第3期中期計画項目について研究開発を進めている。

- 「I-1 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発」に関しては、多様な再生可能エネルギーの利用拡大に向けて、先進性の高い太陽光の発電・利用技術、出力変動の大きな自然エネルギーの大量かつ高効率な利用を可能とする電力ネットワーク・マネジメント技術、バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術に関する研究開発を行う。
- 「I-2 省エネルギーによる低炭素化技術の開発」に関しては、省エネルギー推進による低炭素社会の実現のため、運輸用途に向けた安全で安価な高エネルギー密度蓄電池材料や燃料電池自動車用水素貯蔵技術に関する研究開発、自動車エンジンシステムの高度化技術、住宅・ビル・工場等における設備を効率的に運用し需給合理化を図る電力マネジメント技術、エネルギー密度・パワー密度共に優れた電力貯蔵用キャパシタ技術に関する研究開発、定置用燃料電池の高効率化技術に関する研究開発、未利用熱エネルギーの高度利用技術に関する研究開発を行う。
- 「I-3 資源の確保と高度利用技術の開発」に関しては、枯渇性資源の最高効率活用による物質循環型社会実現のため、石炭ガス化プロセス等に関わる高度利用基盤技術に関する研究開発を行う。
- 「I-6 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発」に関しては、二酸化炭素削減のための技術と取組の評価に資するために、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネ

ギーシステム等、革新的なエネルギーシステム関連技術開発や導入シナリオに関する分析と評価を行う。

これらの中期計画達成のために、以下の戦略的研究課題を設定するとともに、第1期、第2期中期目標期間を通じて蓄積してきた実績と多様な研究ポテンシャルおよび産学官に跨る幅広い連携体制を活かしつつ、それぞれの課題について複数の研究グループが機能的に協力して研究推進を図る。

1) エンドユースの省エネルギー技術に関する研究

電力、熱（燃料）等の需要の低減による一次エネルギー消費削減を目的として、主にエネルギーの最終消費側に導入される省エネルギー技術に関わる研究を行う。具体的には様々な排熱発生場所に適用可能な熱電変換技術、発電効率の高い分散型電源である固体酸化物形燃料電池（SOFC）の性能向上、適用性拡大、耐久性向上に向けた研究を行う。また高効率な電力変換を目指した低抵抗高耐压パワーデバイスに関する研究、自動車エンジンシステムの高度化技術の研究、バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術に関する研究開発を行う。

2) プロセスの省エネルギー技術に関する研究

産業部門における製品製造過程で消費される大量の一次エネルギーの削減を目的とした省エネルギー技術に関わる研究を行う。具体的には炭素繊維材料の製造過程における耐炎化工程の省略を可能とする技術等の研究開発を行う。また従来プロセスに比べてエネルギー消費が少ないプラズマ技術を使った新たな製造プロセスについても検討する。

3) エネルギー生成技術に関する研究

利用率の低いエネルギー資源の新規開拓を目指し、褐炭等の低品位炭の触媒ガス化技術の開発、高品位燃料への転換技術の開発を行う。さらに将来の太陽エネルギー変換技術として、人工光合成のメカニズムを応用して、酸化物半導体光電極を開発する。

4) エネルギー貯蔵技術に関する研究

エネルギー媒体として優れた特長を持つ水素を取り入れた電気、熱、水素を自在に操れる統合型水素エネルギー利用システムを開発する。高圧水素ガスを利用した燃料電池自動車（FCV）の導入・普及に向けて安全性が確保された水素インフラを構築するための技術開発を行う。さらに次世代の二次電池について、有望視されているリチウム・空気電池等の革新的電池を開発する。

また、上記1)～4)の他、新たな展開やブレークスルーをもたらす革新的・萌芽的エネルギー技術の研究にも積極的に取り組み、次世代プロジェクトの芽を育てる。

内部資金：

「分散型エネルギーのマネジメントシステムの開発」
「グリーングリッド対応大電力汎用変換器に関する研究」

外部資金：

経済産業省

日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業
「高効率 CO₂還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究」
「色素増感起電力を利用した水分解水素製造」
「蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析」
「ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料」
「クリーンアップ石炭ガス化ガスのための SOFC 燃料極開発」
「再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究」
「水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究」
「熱電変換モジュールの性能評価技術の開発」
工業標準化推進事業委託費
「戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化）」

総務省

戦略的情報通信研究開発推進事業

「ダイヤモンドを用いた次世代量子暗号用素子の基盤技術開発研究」

農林水産省

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業

「耕作放棄地を活用した大規模スケールでの藻類バイオマス有効利用技術の確立」

科学技術振興機構

戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）

「統合水素エネルギー利用システムの性能向上に資する水素貯蔵材料、及び貯蔵方法に関する基礎的研究」

戦略的創造研究推進事業（CREST）

「超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築」
「SOFC 高性能化のためのイオンー電子流れ解析技術の開発」
「高性能・高機能なギ酸脱水素化触媒の開発」
「センサデバイス性能向上及びプロセス基盤技術」

戦略的創造研究推進事業（ALCA）

「超高耐圧高効率小型真空パワースイッチの作製と評価」
「高温超伝導固定化巻線技術の研究開発」
「リグニン由来溶液の詳細構造解析と反応経路の解明」

「アンモニア内燃機関の技術開発」

「金属-空気電池における正極および電解質の開発」

戦略的創造研究推進事業（ACT-C）

「プロトン応答性錯体触媒に基づく二酸化炭素の高効率水素化触媒の開発と人工光合成への展開」

国際科学技術共同研究推進事業（戦略的国際共同研究プログラム）

「PEFC 性能向上のためのマイクロポーラス層（MPL）付ガス拡散層（GDL）および流路構造の最適化」

「マイルドな熱分解とガス化を組み合わせた化学基幹物質製造プロセスの開発及び低品位炭の水熱抽出・改質技術の開発」

研究成果展開事業（研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP））

「革新的なダイヤモンド熱電子発電技術の開発」

「車載に向けたダイヤモンド薄膜を使った熱電子発電素子の開発」

「半導体ダイヤモンドの開発」

「次世代型無煙薪ストーブのための除煙ユニットの開発」

「単結晶性 LiMn₂O₄ ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発」

「高活性・抗菌性・化学的安定性を有する可視光応答型酸化タングステン光触媒の実用化」

研究成果展開事業（戦略的イノベーション創出推進プログラム）

「次世代鉄道システムを創る超伝導技術イノベーション」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

先導的産業技術創出事業

「次世代パワー集積回路の実現に向けた低抵抗 P チャネル型 GaN 素子の開発」

水素利用技術研究開発事業

「高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化」

風力等自然エネルギー技術研究開発

「風力等自然エネルギー技術研究開発／風力発電高度実用化研究開発／10MW 超級風車の調査研究（発電機）」

固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発

「固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」

最先端研究開発支援プログラム

「低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発」

独立行政法人日本原子力研究開発機構

国家課題対応型研究開発推進事業

「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材

料の量子ビーム融合研究」の「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」]

東京大学

最先端研究開発支援プログラム再委託

「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」
平成25年度エネルギー使用合理化技術開発等委託費再委託
「平成25年度「エネルギー使用合理化技術開発等委託費（革新的構造材料等技術開発（革新炭素繊維基盤技術開発）」」

独立行政法人日本学術振興会

平成25年度科学研究費助成事業（科研費）

「MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン」（基盤研究（A））

「急速合体加熱と定常中性粒子ビーム加熱を駆使した球状トーラスの限界ベータ検証実験」（基盤研究（A））

「錯体水素化物における原子・イオン輸送機構の解明-中性子散乱と陽電子消滅の相補利用」（基盤研究（A））

「省エネ用半導体の実現に向けたマクロ・ナノ統合結晶成長法の構築」（基盤研究（B））

「地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究」（基盤研究（A））

「超高密度パワーSOC（Supply on Chip）用集積回路基板の研究」（基盤研究（B））

「不均一構造導入による圧電体膜の圧電特性向上に関する研究」（基盤研究（C））

「レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用」（基盤研究（B））

「燐光寿命を利用した気体流れの温度速度相関計測」（基盤研究（B））

「中性子散乱による鉄系超伝導体のスピン揺動の研究」（基盤研究（B））

「中性子線補足療法のための革新的ナノ粒子剤に関する研究」（基盤研究（B））

「超高性能鉛カルコゲナイド系バルク体熱電材料の創製」（基盤研究（C））

「水蒸気を水素・酸素源として利用する重質炭化水素の軽質化技術の開発」（基盤研究（C））

「不凍タンパク質の融解抑制機能の発現」（挑戦的萌芽研究）

「レーザー航跡場とビーム航跡場のハイブリッド多段加速による超高エネルギー電子加速」（挑戦的萌芽研究）

「レーザーブレイクダウンしきい値近傍のパラコレーションモデルによる統一的理解」（挑戦的萌芽研究）

「無消光で校正不要な定量可視化用感温中空マイクロカ

プセルの開発」（挑戦的萌芽研究）

「希土類系高温超伝導多芯細線作製技術の開発」（挑戦的萌芽研究）

「フェロアロイを用いたV系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明」（若手研究（B））

「大面積単結晶グラフェン膜の carpet-like 成長プロセスの研究」（若手研究（B））

「水素貯蔵材料の表面酸化による弾性作用の発現と水素貯蔵温度の低下メカニズムの解明」（若手研究（B））

「グラフェン膜の革新的大気圧低温生成法の開発」（若手研究（B））

「エレクトロスピンニング法による Na イオン電池用正極材料のナノ構造制御」（若手研究（B））

「水素吸蔵合金の耐久性向上を目指した水素吸蔵放出に伴う空孔形成回復メカニズムの解明」（若手研究（B））

「オペランド軟 X 線吸収/発光分光を用いた二次電池電極材料の電子状態解析」（若手研究（B））

「電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルの開発」（研究活動スタート支援）

発表：誌上发表355件、口頭発表615件、その他47件

エネルギーネットワークグループ

(Energy Network Group)

研究グループ長：安芸 裕久

(つくば中央第2)

概要：

エネルギー利用効率の改善や炭酸ガス排出の削減、化石燃料への依存度低減、需要側・供給側双方の多様な要求の実現など、エネルギーを取り巻く種々の要望をかなえるために、再生可能エネルギーを始めとする分散型エネルギー源の導入と普及が期待されている。しかし、電力やガスなどの既存のエネルギーのネットワークは、分散型のエネルギー源の導入を想定していないため、分散型エネルギーの導入に制約が生じてしまう。こうした制約を打破し、分散型エネルギー源を大規模かつ有効に用いるためには、個別機器の制御運用だけでは限界があり、多数のエネルギー機器をネットワーク化して運用する技術が必要である。そこで、分散電源を大規模に導入した場合の電力系統の電圧安定化や需給バランス維持のための制御・運用技術、負荷の平準化技術など分散型発電、電力貯蔵、可制御負荷等からなるエネルギーネットワークの運用技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

ターボマシングループ

(Turbomachinery Group)

研究グループ長：壹岐 典彦

(つくば東・西)

概要：

持続可能社会の実現をもたらす分散型エネルギーネットワーク技術の開発を積極的に推進している。

[1]ガスタービンシステムの研究として、タービンを石炭ガス化装置や燃料電池と組み合わせたシステムなど様々なサイクル計算を行い、燃料改質ガスの燃焼特性など関連する研究を行っている。[2]ターボ機械を出口として想定したデバイス・制御技術に取り組んでいる。セラミック熱交換器などのエネルギーデバイスの開発やその評価技術について研究開発を進めている。流れの能動的制御に関して、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (DBD-PA) の開発を進めており、減速領域にできる剥離の抑制について研究している。更にターボ機械の漏れ流れを減らす新しいプラズマアクチュエータを考案し、開発を進めている。[3]ターボ機械に関わる材料・プロセス技術に取り組んでおり、サスペンションプラズマ溶射技術を始め、炭素/炭素複合材料 (C/C)・炭素繊維強化プラスチック (CFRP)・セラミック基複合材料 (CMC) 等について研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目2

燃焼評価グループ

(Combustion Control Group)

研究グループ長：土屋 健太郎

(つくば西)

概要：

燃焼に伴って生成するダイオキシン類、多環芳香族化合物等の有害物質の排出低減に向けた研究を行っている。有害物質の生成機構を明らかにして本質的な生成抑制を可能にする方針の下、実機の燃焼条件を模した基礎的な燃焼装置を用いて、クロロベンゼンやダイオキシン類に代表される有機塩素化合物の生成挙動や反応機構の解明に取り組んでいる。本年度はダイオキシン類のデノボ合成のベースとなる塩化銅を触媒とする反応を量子化学計算の手法によって調べた。その結果、 HO_2 ラジカルと HCl から容易に HOCl が生成することがわかった。PCB に代表される有機塩素化合物を分解し無害化処理する研究も行っている。本年度は、新規に開発した脱ハロゲン触媒をプロモアニソールやプロモジフェニルエーテルなどの臭素系難燃剤に適用し、これらの化合物をほぼ完全に脱臭素化することを確認した。

また、金属とその酸化物の酸化還元反応を利用した新しい燃焼器の開発を目的とする研究も進めている。新規に開発した媒体粒子を用いて、加熱および加圧状態での反応実験を行って粒子の流動特性を詳細に調べ、媒体粒子が運転特性に与える影響を明らかにした。

統合水素システムグループ

(Integrated Hydrogen System Group)

研究グループ長：中納 暁洋

(つくば東)

概要：

不安定な再生可能エネルギーの導入促進を図るには分散型エネルギーシステムの高度化が必要である。その分散型エネルギーシステムを構築する上で欠かせないエネルギー貯蔵・変換において統合水素システムグループではエネルギー媒体としての水素の有効性に着目し、水電解装置、燃料電池 (または一体再生型燃料電池)、水素貯蔵装置等からなる統合型水素エネルギー利用システムの研究開発を進めている。統合型水素エネルギー利用システムは電気に加え熱や物質 (水素) も併給可能な特長を持ち、再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る定置型の水素システムである。その実用化に向け国内外の研究者・技術者と協力し、一体再生型燃料電池とその要素技術開発、水素吸蔵合金を用いた水素貯蔵装置の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目3

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概要：

熱電変換は特殊な半導体や金属 (熱電材料) を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する技術である。熱電材料に温度差を与えると起電力が発生する効果 (ゼーベック効果) を用いて、熱エネルギーから電気エネルギーを取り出したり、逆に熱電材料に電流を流すことで生じる吸熱効果 (ペルチェ効果) を用いて物を冷やしたりすることができる。また、熱電変換は温度が低く捨てられている低品位な未利用熱でも、電気エネルギーに変換することができる。一方、熱電変換の効率は熱源の温度、熱電材料、モジュールの性能に依存するため、その実用化普及には材料からモジュール開発、高温と低温の熱源との熱交換方法などまで幅広い研究開発が必要である。当グループでは、未利用熱を効率よく電気エネルギーとして回収するための材料とモジュールの開発を進めている。経済性を良くするためにはさらに、熱電変換用の材料の高性能化が重要であり、このための材料開発を実施している。また長時間使用したときの劣化モードの調査や加速試験の方法も含め、モジュール性能評価技術の開発も実施している。

研究テーマ：テーマ題目4

エネルギー貯蔵材料グループ

(Energy Storage Materials Group)

研究グループ長：吉澤 徳子

(つくば西)

概 要：

電力貯蔵はエネルギー利用の多様化と高効率化のために重要な技術の一つであり、大規模な定置型用途から自動車・モバイル機器への搭載用途まで、二次電池やキャパシタなどの電力貯蔵デバイスとして我々の社会に必須のものとして利用されるに至る。炭素材料は、導電性や化学的安定性などの優れた基礎的物性に加え、結晶からアモルファスにわたる構造多様性を有することから、電力貯蔵デバイスの電極用部材として一部が既に実用化されている。さらに最近脚光を浴びる一連のナノカーボン材料の登場により、精密な構造的要素の制御が可能になりつつあり、ナノカーボン材料が持つ種々の特性を必要に応じて、いわばテーラーメイドで引き出すことで、蓄電デバイスの性能をより高いステージへと引き上げることが期待できる。当グループでは、長年培ってきた炭素材料のナノ構造制御・解析技術を活かして、電気化学キャパシタ用高性能電極の開発を中心に行っている。また、革新的省エネルギーシステムの要素技術となりうる水素製造技術や水素貯蔵技術に関しても、ナノカーボン材料技術を駆使しつつ、先導的な研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6

先進プラズマ技術グループ

(Innovative Plasma Technologies Group)

研究グループ長：榊田 創

(つくば中央第2)

概 要：

プラズマ現象は太陽など宇宙において普遍的であり、地球上においても様々な科学・産業分野において利用され、人類の発展に貢献してきている。当グループでは、プラズマ等に関する技術を核として更に発展させることで、エネルギー・環境を始めとして様々な分野への融合・展開を図り、新産業創出を目指して研究開発を行っている。

平成25年度は、主に次項に関して研究を進めた。プラズマ医療に関して、文科省科研費新学術領域「プラズマ医療科学の創成」、経済省「医療機器ガイドライン策定事業」、及び経済省「国際標準開発事業」を通して、外科手術用低侵襲プラズマ止血機器の早期実用化に向けた活動と現象の理解に関する研究を行った。特に、プラズマ医療機器に関する国際電気標準化について New working item proposal のドラフト版の作成を開始した。

高効率緑色レーザー光の実現のため、波長変換結晶内の損傷機構を数値シミュレーションにより計算し、

光吸収機構について評価を行った。

高効率に大面積の成膜を可能とさせるために、マイクロ波方式の新規大気圧プラズマ CVD 装置の開発を行った。

放電による高効率ガス処理に関する研究に関して、複数の極短パルス放電の制御によるエネルギー効率の向上に向けた研究を進めた。

パルス電子ビームによる表面処理を目的とし、電子ビームシステム装置を組み上げた。

炭素電極を用いたアーク放電と RF 放電により、炭素プラズマの定常維持に成功した。

アリカリ金属熱電発電の高効率化に関する研究として、新規な電極製作技術の開発を進めた。

また、第5回プラズマ医療・健康産業シンポジウムを共催し盛況の内に終了した。

水素エネルギーグループ

(Hydrogen Energy Group)

研究グループ長：中村 優美子

(つくば中央第5)

概 要：

水素エネルギー社会を実現するためには、気体で希薄なエネルギーである水素の効率的な輸送・貯蔵法を確立することが不可欠である。水素貯蔵材料は、液体水素と同等以上の高い体積水素密度で水素を貯蔵できる材料であり、燃料電池自動車の燃料タンクを始めとする、多くの用途に利用できるものと期待されている。自動車用としては、現状では質量水素密度が十分ではないため、これを向上させることが課題とされている。当グループでは、これまでに軽量な水素貯蔵材料の開発を進め、世界最高レベルの約3質量%の水素吸蔵量を持つ材料の開発に成功しているが、さらに軽量な金属からなる新規材料の提案及び開発を目指している。また、定置用水素貯蔵システムに利用する材料として、体積貯蔵密度が高く、コストの低い材料の開発を進めている。これら材料開発を支える基盤研究として、水素貯蔵材料の結晶構造および局所構造を解析するための水素雰囲気下 (in-situ) における X 線回折法・PDF 法、中性子回折法、陽電子消滅測定法、固体 NMR 法など各種測定手法の開発と材料解析への適用を進めている。

研究テーマ：テーマ題目7

太陽光エネルギー変換グループ

(Solar Light Energy Conversion Group)

研究グループ長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概 要：

太陽光エネルギーの高効率な利用によるクリーンエネルギーの生産プロセスの提案と実証を最終的な目標

とし、新しい次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池、及び太陽光エネルギーを利用して水を直接分解し水素を合成し、さらに炭酸ガスを固定する人工光合成について研究を行っている。色素増感太陽電池については、モジュールを構成する単セルの高効率化を目指した技術開発を中心に、耐久性の向上に向けた基礎的知見を得ることを目指している。具体的には、近赤外光まで利用できる錯体増感色素の開発およびその新規色素を有効利用できる酸化物半導体電極や電解液、セル構成法の開発を行い、2020年までに単セルの変換効率15%以上の実現を目標としている。人工光合成については、水を水素と酸素に完全分解するための高性能光触媒や光電極の半導体材料の開発、反応機構の解明、可視光を高効率で利用する反応システムの設計、炭酸ガスをギ酸に還元したりギ酸から水素を取り出す錯体触媒開発、環境浄化光触媒開発等を行い、その実現可能性について検討している。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目8、テーマ題目9

新燃料グループ

(Advanced Fuel Group)

研究グループ長：鷹背 利公

(つくば西)

概要：

「エネルギー安定供給の確保」と「地球環境への適合」の観点から、埋蔵量が豊富な未利用低品位炭、非在来型石油等の重質化石資源を、高効率でクリーンな燃料に転換する技術開発を実施する。グループの主要な研究開発目標は次の3項目である。1. クリーンコールテクノロジーとして、低品位炭の触媒ガス化技術の開発、溶剤改質あるいは水熱抽出による原料化と高品位燃料への転換技術の開発を行う。2. 重質油および超重質油のアップグレーディング技術として、溶剤凝集緩和、超臨界水分解、水素化分解、水蒸気による酸化分解等の技術開発を行う。3. 多様な重質化石資源の利用拡大のための基盤技術として、新規詳細構造解析法の開発およびそれをを用いた反応性評価法を開発する。

研究テーマ：テーマ題目10

クリーンガスグループ

(Clean Gas Group)

研究グループ長：鈴木 善三

(つくば西)

概要：

石炭・バイオマス・未利用廃棄物などの有機物をクリーンに、かつ、高効率で使用することを目的として、石炭・バイオマス・プラスチック廃棄物等を対象に、主として流動層技術を応用した装置により燃焼・ガス

化・熱分解し、エネルギー・燃料ガス・液体燃料・化学原料に転換する方法の研究を実施している。この他に、加圧条件でのバイオマスの固定層ガス化、触媒循環流動層を用いたメタンからのベンゼンの選択的合成プロセスの開発、アンモニアを水素媒体とする新エネルギーシステム、中国を念頭に置いた低温脱硝触媒の開発等、固体を含む多相系の反応装置を中心としてエネルギー・環境問題に資するための研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6

エネルギー社会システムグループ

(Socio-economics and Policy Study Group)

研究グループ長：村田 晃伸

(つくば東・西)

概要：

長期的視点に立って、新しいエネルギーシステムの導入シナリオや社会経済的側面等について研究する。具体的には、基盤的研究や広範な調査研究により取得する評価データに基づいて、次のような分野の研究を推進する。(1)技術の社会的受容性や地域への分散電源の導入促進に係る制度的側面、(2)二酸化炭素の回収隔離に関する政策研究、(3)エネルギー経済モデルなどを用いた長期的エネルギーシナリオの分析、および(4)技術導入による社会へのインパクトに関する研究。これらの研究開発を通じて、国内外の研究者や政策担当者とのネットワークも醸成し、国際戦略的視点をも踏まえて、エネルギー技術政策及びそれとリンクした二酸化炭素削減に係る政策を支援・提言する役割を果たす。

研究テーマ：テーマ題目11

熱・流体システムグループ

(Thermal and Fluid System Group)

研究グループ長：平野 聡

(つくば東・西)

概要：

再生可能エネルギー、人工排熱等の未利用エネルギーの導入を促進し、高効率のエネルギー需給とエネルギー利用効率の向上を図った分散型エネルギーネットワークシステムの構築を目差して、熱・流体システムに関わる要素技術や計測・制御技術の開発およびシステム化の検討等を行い、低炭素社会の実現に資することをグループの目標としている。

具体的なテーマとして、固体酸化物形燃料電池(SOFC)の総合効率向上を目指した研究開発、再生可能エネルギー熱利用計測技術の開発、未利用熱エネルギーの革新的活用技術の研究、相変化を利用した高効率の蓄熱技術に関する研究、100℃超の熱利用を可能にする次世代ヒートポンプシステムの研究開発、大地の熱的機能を利用する冷暖房・給湯システムの研究、

水の過冷却制御による冷熱輸送媒体の高機能化の研究、感温燐光粒子や蛍光体粉末を用いた流体温度・速度分布の同時計測手法の開発等を行っている。

研究テーマ：テーマ題目12

超電導技術グループ

(Superconductor Technology Group)

研究グループ長：山崎 裕文

(つくば中央第2)

概 要：

液体窒素温度で電気抵抗がゼロとなる高温超電導酸化物の電力機器などへの応用を目指して、超電導材料・素子の作製・評価技術、マグネット製作技術と応用技術、冷却技術などの研究を行なっている。別に記載する主要テーマ・外部資金テーマ以外の研究内容と成果を以下に記す。

超電導送電ケーブルの実用化に向け、長距離冷却技術の確立のための要素技術研究を行っている。平成25年度は、冷却システム設計で重要な電気絶縁紙の極低温冷媒中での熱伝導率の測定を行い、真空中に比べて熱伝導率が5倍程度大きくなる現象を見いだした。材料研究では、MOCVD法で作製した高品質 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ 超電導薄膜の臨界電流特性の評価と透過電顕観察を行い、高い臨界電流密度をもたらしている主要な磁束ピン止め中心が ab 平面に平行な転位や逆位相境界であることを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目13

燃料電池システムグループ

(Fuel Cell System Group)

研究グループ長：嘉藤 徹

(つくば中央第2)

概 要：

燃料電池システムグループでは、大幅な炭酸ガス排出削減、省エネルギーが期待できる固体酸化物形燃料電池(SOFC)についてセル性能評価技術、システム評価解析技術の研究開発を行うとともにそれら試験方法の規格・標準化を通して、SOFCの早期実用化を支援する。また、SOFCシステムのさらなる高効率化を目指し、ガスサイクル技術や排熱利用技術の検討、ゼロエミッションSOFCシステム等、次世代SOFCの可能性と、それらの開発時の課題を明らかにするための基礎研究を実施している。さらにこれらの研究で蓄積した電気化学技術、セル作製技術を利用し、高温水蒸気電解による水素・燃料技術、レドックスフロー蓄電池等についても研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目14

燃料電池材料グループ

(Fuel Cell Materials Group)

研究グループ長：山地 克彦

(つくば中央第5)

概 要：

固体酸化物形燃料電池(SOFC)の耐久性・信頼性の向上は、商用化・本格普及のために重要な技術課題である。当グループでは、SOFCセル・スタックの耐久性・信頼性の向上に関する研究開発を主として行っており、スタックメーカー及び大学等と協力しながら、その劣化機構解明・耐久性向上を推進している。10年(9万時間)以上の耐久性を確保するためには、微少な化学変化や不純物反応挙動を詳細に捉える必要がある。そこで、微量成分の検出感度が高い2次イオン質量分析法(SIMS)、結晶相の微妙な変化を検知できる顕微ラマン分光法などを適用し、構成部材・材料の特定部位での変化を詳細に分析し、劣化機構を解明している。実機試料に含まれる微量成分をppmレベルで分析し、劣化に及ぼす影響を明らかにするとともに、不純物による加速劣化試験法も検討している。また、劣化機構・反応機構をより詳細に解明するための新規分析・解析法の検討も行なっている。さらに、次世代SOFCに適用される材料の基礎研究も行なっている。

研究テーマ：テーマ題目15

エネルギー界面技術グループ

(Energy Interface Technology Group)

研究グループ長：周 豪慎

(つくば中央第2)

概 要：

固体・液体・気体の界面において、物質・イオン・電子の移動、吸着、注入や、酸化・還元など物理化学の現象を解明すると共に、それらを上手く利用した、クリーンなエネルギー貯蔵/変換デバイス(=リチウムイオン電池、ナトリウムイオン電池、金属-空気電池など革新蓄電池)や環境保全技術(=超親水/超撥水界面技術、環境汚染検出素子など)の開発を目標としている。

平成25年度は、高性能リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池のための優れている活物質などを利用した電極の合成と電池性能の評価、リチウムイオン電池の安定性と劣化メカニズムの解明、革新的な電解液や触媒などを利用した水系・有機系・固体電解質系などのリチウム-空気電池や、ナトリウム-空気電池などの開発、およびリチウムレドックスフロー電池などの研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目16

電力エネルギー基盤グループ

(Energy Enabling Technology Group)

研究グループ長：西澤 伸一

(つくば中央第2)

概要:

将来の電力化社会では、電力エネルギーが時空を超えてユビキタスに利用される。そのため、2030年までに高度電力エネルギーマネージメントシステムの実用化に不可欠な次世代エレクトロニクスの実現を目指し、以下の研究開発を行っている。1) 次世代パワーデバイスとその材料研究 (パワーエレクトロニクス産業の基盤となる次世代ウェハ基礎研究、GaN およびダイヤモンドなどの次世代半導体素子の実現を目指した物性、デバイスおよび応用基礎技術の研究、ダイヤモンド特有の電子物性をいかした発光素子、光センシングと駆動、新型パワーデバイスなどの新規デバイスの研究、Si 極限パワー半導体とその材料・プロセス技術)、2) パワーエレクトロニクスシステム集積化技術の研究 (次世代パワーエレクトロニクス信頼性設計技術の研究、超小型高熱流束冷却技術とその応用研究、ポリダイヤモンドを使った3次元集積化技術の研究、パワーエレクトロニクス統合設計法とそれによるバーチャルプロトタイプングの研究)、3) 新グリッドの応用基礎技術の研究 (新グリッドのエネルギーマネージメントのキーとなる超小型電力変換技術およびインテリジェントスイッチ技術の研究、外部と連携による新しいグリッドコンセプトの研究)

研究テーマ: テーマ題目17

資源変換触媒グループ

(Resource conversion Catalyst Group)

研究グループ長: 竹村 文男

(つくば中央第5)

概要:

循環型資源利用とエネルギーセキュリティーに貢献するため、バイオマスや石炭等原料からの輸送用燃料製造のための統合化技術構築を目的として、ガス化により得られる合成ガスから炭化水素製造のための触媒技術の高度化を中心とした開発を行っている。

平成25年度は、合成ガスのフィッシャートロブシュ (FT) 反応による灯油留分製造技術の応用として、低級炭化水素製造のための触媒および反応技術の研究を行った。また燃料や化学品中間体への展開が期待される合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成について企業との共同研究を継続した。ガス化を経由しないバイオマスの直接熱分解による液体燃料製造技術についても、生成液体中の酸素含有量低減のための触媒開発を継続した。さらに炭化水素含有藻類油からのジェット燃料・軽油製造のための水素化分解用触媒開発について、新たに研究に着手した。

研究テーマ: テーマ題目18

水素材料先端科学グループ

(Hydrogen Industrial Use and Storage Group)

研究チーム長: 飯島 高志

(つくば西)

概要:

水素エネルギーの実用化にあたっては、実際に水素環境下で使用する機器類に対する水素脆化の度合いや進展状況を正確に計測し、評価することが必要になる。そこで、水素脆化の機構解明のための原子・分子レベルでの観察等を通じて、水素と金属の相互作用を微視的に明らかにするとともに、高圧水素ガス中での金属材料の破壊靱性評価など、水素脆化評価技術を体系化し、評価手法の標準化を図るとともに、試験データ蓄積しデータベースを充実させる。

[テーマ題目1] 電力平準化・グリッド自律運用のためのエネルギーマネージメントシステム技術

[研究代表者] 安芸 裕久

(エネルギーネットワークグループ)

[研究担当者] 安芸 裕久、村田 晃伸、韓 世昊

(常勤職員3名)

[研究内容]

風力発電、太陽光発電を始めとする再生可能エネルギー発電に対する期待が高まっている。これらの発電技術は化石燃料を消費せず二酸化炭素も排出しないために地球温暖化対策として重要性が高いが、反面では出力が不規則に変動するという短所を抱えている。出力変動に対して何の対策も取らずに、これらの電源を大量に電力システムに導入すると、系統周波数や配電線電圧の適正な管理を困難にする可能性が指摘されている。スマートグリッドは、風力発電や太陽光発電の出力変動が電力システムに与える悪影響を緩和して電力システムへの受入れ可能量を大幅に拡大する技術として注目を集めているが、スマートグリッドの実用化には蓄電池や負荷制御などの要素技術開発が不可欠である。

本研究は、風力発電、太陽光発電の出力が不規則に変動したときに系統の周波数変動を安定化させるための負荷制御技術を開発し、試作器の開発等により実証することを目的としている。負荷制御技術は高価な蓄電池による制御を補完し、電力システム側にも需要家の側にも大きく負担を増やさずに、風力発電等の再生可能エネルギー発電の導入量を拡大する効果を発揮すると期待される。

本年度は、低圧配電システムにおいて、各住宅の連系状況やインピーダンスなど配電線状況を自動的に把握する技術の基礎的な方法の提案とシミュレーションによる評価を行った。住宅間における温水融通における効果を実験により評価した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 再生可能エネルギー発電、スマートグリッド、配電系統

〔テーマ題目2〕 エクセルギー再生技術に関する研究開発

〔研究代表者〕 壹岐 典彦（ターボマシングループ）

〔研究担当者〕 壹岐 典彦、井上 貴博、鈴木 雅人、
瀬川 武彦、藤田 和宏、松沼 孝幸、
岡田 孝、川添 美智子、川添 義徳、
千坂 文武、袖岡 賢
（常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

熱・化学エクセルギー再生と自己熱再生の概念を適用して、SOFC システム内で発生する熱・未燃燃料を高度に利用して、SOFC および SOFC-熱機関ハイブリッドシステムの高効率化を図るとともに開発上の課題を把握する。そのために、システム構成、評価手法について研究するとともに、自己熱再生に必要な装置の基盤技術を研究している。エクセルギー再生に必要となる600~1000℃の高温で使用可能な熱交換技術の開発を進めた。セラミック熱交換器の熱交換部のために、高温域において、高い熱伝導率と信頼性を両立させるセラミック基複合材料の製造技術に取り組んだ。セラミック材料特有の脆性破壊を薄層の積層によって回避する構造とした開発複合材料について、伝熱特性を調べた。また、セラミック熱交換器の断熱部のために、高温域断熱構造壁形成技術に取り組んだ。熱の放散を抑制する遮熱壁を形成するため、サスペンションプラズマ溶射法（SPS法）の開発と適用を進め、溶射のパラメータを適切に選択することにより、粒子径および気孔率の幅広い制御が可能で、緻密な構造と多孔質の構造とを作り分けることができることを示した。またサスペンションの微粒化過程について基礎的研究も行い、噴霧挙動を調べて安定的な成膜法の開発に役立つ知見を得た。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 SOFC、エクセルギー、熱交換器、セラミック基複合材、プラズマ溶射

〔テーマ題目3〕 統合型水素利用システムの開発

〔研究代表者〕 中納 暁洋

（統合水素システムグループ）

〔研究担当者〕 中納 暁洋、伊藤 博、宗像 鉄雄、
鈴木 かほり（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

統合型水素エネルギー利用システムは純水素をエネルギー媒体とする高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術および燃料電池技術を駆使した定置型の水素システムであり、再生可能エネルギーや余剰電力を水素に変換・貯蔵し、必要に応じて電力、熱、水素の供給を行うことができ、省エネ、負荷平準化、系統安定制御、水素インフラ、災害・非常時などに貢献できる水素システムである。その実現にはシステムを構成する各要素技術の更なる高性能化が必要になる。統合型水素エネルギー利

用システムの水素貯蔵装置については合金反応熱の高効率回収を目的とする2重螺旋コイル型熱交換器を配した横置型水素吸蔵合金タンクに関し、高圧ガス保安法に係らない10気圧（G）[ゲージ圧]未満で運転ができる日本仕様の水素吸蔵合金タンク的设计・製作を行い、その性能評価試験を実施した。水素の吸蔵は組成（H/M）0.18から開始し、水素流量11.0NL/min、循環水入口温度32℃、循環水流量1.12L/min の条件の下、9時間の吸蔵を行った。一方、水素放出試験は水素流量7.6NL/min、循環水入口温度12℃、循環水流量0.46L/min の条件の下、13時間かけて行った。水素吸蔵については H/M=0.94でタンク内圧力が10気圧（G）に到達したことから合金タンクの最大許容貯蔵量まで水素を吸蔵させることが出来なかった。そのため合金利用率は約94%に止まり水素吸蔵量は5920NLであった。一方、水素放出では7.6NL/min の流量で13時間安定的に水素を放出できることを確認した。合金タンク内に設置した4か所の熱電対の温度データより水素の吸蔵、放出共に実験後半でタンク内に不均一な温度分布が観測されたが、循環水の入口と出口の温度差はそれぞれ約3.0℃と約4.7℃で安定していた。合金の反応熱回収量は吸蔵過程で6.84MJ、放出過程で6.62MJ、熱回収率は吸蔵時で89.4%、放出時は89.8%と共にほぼ90%近い良好な結果を得た。

水電解・燃料電池一体型セル（可逆セル）の開発では、酸素極側ガス拡散層（GDL）に撥水性を付与するための PTFE 処理工程に工夫を施し、これまでの処理方法を適用した場合と比較して GDL 断面（厚み）方向の PTFE 分布を均一化させることが可能となった。この GDL を装備した可逆セルの運転試験を繰り返し行い、その結果、均一な PTFE 分布を有する GDL を用いることにより、水電解性能にほとんど影響を及ぼさない一方、燃料電池運転時には高加湿条件下で性能を改善することを確認した。また、GDL 単体のガス透過試験を行い、孔径や濡れ性、透過度を測定し、これらパラメータと可逆セル性能との相関関係を調査した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素システム、水素貯蔵、水素吸蔵合金、
水電解・燃料電池一体型セル、水電解、
燃料電池

〔テーマ題目4〕 熱電変換による SOFC の排熱利用

〔研究代表者〕 山本 淳（熱電変換グループ）

〔研究担当者〕 山本 淳、小原 春彦、李 哲虎、
太田 道広、木方邦宏、國井 勝、
高澤 弘幸、西当 弘隆、長瀬 和夫、
高島 泰子、島田 和江、天野 雅継
（常勤職員4名、他8名）

〔研究内容〕

燃料電池システムの内部には、燃料ガス、空気、水蒸

気等の様々な物質間で熱交換が行われており、中には大きな温度勾配を伴うエクセルギーロスが大きい熱交換部位もある。このような部分に熱電発電モジュールを取り付けることにより電力を回収し、燃料電池セルスタックの発電出力に加えてさらに出力を得ることができれば、燃料電池システム全体の効率を上げることができる。

本研究では1kW級 SOFC に組み込む事を想定した、小型で信頼性の高い高性能熱電発電モジュールの開発を目標としている。ビスマステルル系材料よりも高温領域（300℃以上）で利用できる新規熱電材料の開発と発電モジュールの試作を実施している。これまでにスクッテルライト、亜鉛アンチモン、硫化物、鉄系化合物等の性能向上に取り組み、新規材料を用いた発電モジュールの試作ならびに評価を実施してきた。平成25年度はモジュールの発電性能評価方法について再検討し、内部抵抗について AC 抵抗/DC 抵抗同時測定技術を確立した。また SOFC システムからの低温排熱回収（～100℃）については第3世代の熱交換器形発電ユニットをを試作し、温度差85℃に於いて12W/L の出力密度を実証し、コンパクト熱交換器型の熱電発電技術を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池（SOFC）、熱電発電、熱電モジュール、排熱利用、熱交換器

【テーマ題目5】高パワー密度電気化学キャパシタの開発

【研究代表者】吉澤 徳子
（エネルギー貯蔵材料グループ）

【研究担当者】吉澤 徳子、曾根田 靖、棚池 修、加登 裕也、児玉 昌也、井元 清明、山本 恭世、山口 貴史
（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

自然エネルギーの出力変動緩和や負荷平準化など、電力貯蔵技術には幅広い用途が期待されている。特に高速充放電（パワー密度）が必要とされる場面においては、電気化学キャパシタが重要な役割を担うことになる。キャパシタの高パワー密度化において、活性炭等の多孔質カーボンが持つ複雑な細孔構造は、イオンのスムーズな拡散を阻害する要因となる。カーボンナノチューブではこの問題は改善されるが、コスト面等で実用化にはまだ高い障壁がある。そこで本年度は、良好なキャパシタ電極特性を示すことを昨年度に明らかにした MgO 鋳型メソポーラスカーボン（MgO-MPC）に関し、試料の調製条件と構造をより詳細に評価し、キャパシタ特性との関連付けを行った。MgO-MPC は我々が開発に寄与した、工業的に生産可能な初のプレート法カーボン材料であり、電解質イオンの移動に影響の大きいメソ孔領域（2～50nm）のサイズ制御が可能で、使用する系に応じ

た最適な電極を容易に実現しうる点に特徴がある。クエン酸マグネシウムから調製された MgO-MPC の場合、700～1000℃の処理温度範囲では細孔構造に大きな変化は見られないが、電気伝導度の観点からキャパシタ電極としては900℃以上の熱処理が必要である点を明らかにした。またキャパシタ特性を左右するメソ孔の容量への寄与は電解液が1M TEABF₄/PC、メソ孔サイズが約3nm の場合、5A g⁻¹以下で約35%とほぼ一定となり、30A g⁻¹以上で50%に達することが判明した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】電力貯蔵、電気化学キャパシタ、ハイブリッドキャパシタ、メソポーラスカーボン、低温特性、高速充放電特性

【テーマ題目6】エネルギーの高効率分散型利用のための化学系エネルギー貯蔵媒体改質技術の開発

【研究代表者】高木 英行
（エネルギー貯蔵材料グループ）

【研究担当者】高木 英行、安藤 祐司、松岡 浩一、倉本 浩司、姫田 雄一郎、山本 恭世、相澤 麻実、熱海 良輔、加藤 義重
（常勤職員5名、他4名）

【研究内容】

化石資源や再生可能エネルギーを効率的かつ有効に活用するためには、貯蔵・輸送性に優れたエネルギーキャリアを用いた分散型エネルギーシステムを確立する必要がある。本テーマでは、エネルギーキャリア利用したエネルギーシステム構築に対し基盤となる R&D として、「化学系エネルギー貯蔵媒体の効率的な改質および利用技術の確立」を目的とした研究開発を遂行する。メタノールやエタノール等のアルコールは液体化学系水素貯蔵媒体として、水素ステーション等への安定した水素供給への利用が期待できる。また、アンモニアを用いれば二酸化炭素を排出しない水素供給サイクルの構築が可能になる。ギ酸は、二酸化炭素/水素の変換に伴う熱力学的エネルギーの変化が小さいため、改質に伴うエネルギー損失の低減が期待できる。本研究は、これら化学系水素貯蔵媒体から高効率で水素を製造するための触媒および反応操作を探索し、得られた知見を元に水素製造プロセッサを開発することを目的とする。

本年度は、高効率アンモニア分解プロセスを利用した水素製造技術の開発に向けて、調製した触媒の担体、細孔構造がアンモニア分解活性に及ぼす影響を、流通式触媒活性評価装置を用いて評価した。その結果、担体の細孔構造、担体の種類によってアンモニア分解に大きな影響を与えることを見出した。さらに、調製した触媒によるアンモニア分解のメカニズムも明らかにした。また、エタノール改質反応に対する金属担持触媒の活性を、流動層反応器ならびにマイクロ波照射型改質反応器を用い

て評価した。その結果、コバルト触媒は、貴金属触媒と同程度の高いエタノール転化率を与え、かつ副反応であるメタン生成も抑制できることを見出した。マイクロ波照射によるエタノール改質に関しては、通常の電気炉加熱による改質とはメカニズムが異なることが示唆された。さらに、昨年度までに開発したギ酸分解触媒を利用した水素、二酸化炭素の連続分離に関するプロセス開発のための基盤研究も展開し、加圧-冷却の組合せによる純水素製造の可能性を示すことに成功した。

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の燃料多様化 (バイオマス、低質炭) を目標として、固体炭素を直接利用する発電方式の開発も進めた。燃料極として熔融塩 (硫酸ナトリウム) を用い、これの酸化還元反応を利用しながら電気化学的に酸素を輸送して燃料電池反応を進めるといものである。800°C付近で用いて数ミリの直径を有する石炭粒子を用いて熔融塩を還元でき、酸素キャリアーとして機能する可能性を確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】分散型エネルギーシステム、化学系エネルギー貯蔵媒体、水素製造、アンモニア、アルコール、ギ酸、触媒

【テーマ題目7】水素・再生可能エネルギーに関する研究

【研究代表者】中村 優美子
(水素エネルギーグループ)

【研究担当者】中村 優美子、榊 浩司、浅野 耕太、松本 愛子、榎 浩利、Kim Hyunjeong、野口 一夫
(常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

低炭素社会の実現のためには、再生可能エネルギーの導入拡大とエネルギー利用の高効率化を進めていく必要がある。太陽光・風力等の1次エネルギーを利用して貯蔵可能な2次エネルギーである水素を製造し、建物や車両において燃料電池などを用いて水素を電力や熱に再変換する「水素エネルギーシステム」は、その実現に大きく寄与する。このシステムは既存の電力システムやマイクログリッドとも共存可能で、電力平準化にも役立つ。そこで、本課題では、水素エネルギーシステムの構築を目指した水素の製造・貯蔵・利用技術の研究開発を行うこととし、当グループでは、本システムに適用するための水素貯蔵材料の研究開発を行ってきた。

定置用水素貯蔵システムに用いる水素貯蔵材料として、コストが高く資源的制約の大きいレアアース元素を用いない TiFe 合金に着目し、繰り返し耐久性および水分耐性 (水電解水素を想定した場合) に優れた合金の開発を進めてきた。圧力サイクル試験 (温度一定) の結果から、Fe の少量を Mn および V で置換した組成が適していることがわかり、システム試験容器への搭載に向けた組成

最適化および50kg 級ロットの試作に着手した。また、実システムでの耐久性をより正確に評価するため、実システムの温度・圧力変化が模擬可能なサイクル試験機の構築を新たに行い、評価試験を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵、水素貯蔵材料、定置用水素貯蔵システム

【テーマ題目8】色素増感太陽電池の高機能化と信頼性向上のための基盤研究

【研究代表者】佐山 和弘
(太陽光エネルギー変換グループ)

【研究担当者】佐山 和弘、北尾 修、草間 仁、小西 由也、小野澤 伸子、舩木 敬、杉原 秀樹、春日 和行、中澤 陽子、船越 裕美 (常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

クリーンで無尽蔵な太陽光エネルギーの高効率な利用を目的として、次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について検討し、高効率な光電変換を実現するための技術開発を行っている。色素増感太陽電池は、酸化チタン粉末などの安価な素材を利用し、製造プロセスが容易なため、大幅なコストダウンが期待されている次世代の太陽電池であり、近年大きな注目を集めている。色素増感太陽電池はパワーデバイス用途だけでなく、電極基板材料や色素を変えることによって形状や色彩に多様性をもたせることが容易な電池である。基板をガラスからプラスチックフィルムに変えることでフレキシブルな電池を作ることが可能であることに加えて、朝夕の斜めからの太陽光や室内などの弱い場所でも高い光電変換性能で発電することからインテリア用、インドア用太陽電池としての利用も期待されている。研究の具体的な内容としては、近赤外光まで利用できる錯体増感色素の設計合成、酸化チタンを代表例とする酸化物半導体電極の製造技術、酸化還元電解質溶液の構成・調製法、対極、セル構成法等の要素技術について検討し、世界最高水準の光電変換特性を持つ色素増感太陽電池を開発する。

平成25年度は、新規ルテニウム錯体色素の開発、電解質溶液系の最適化、計算科学と色素合成との融合連携、反応機構解明、色素増感起電力応用研究などを行った。太陽エネルギー変換効率の向上方法として複数の色素を組み合わせる色素カクテルを検討した。基本性能の高い産総研独自色素であるテルピリジントリカルボン酸とフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化ルテニウム錯体色素に対して、有機色素を同時に酸化チタンアノードに吸着させることにより、短波長吸収が補填され光電流が増加し、世界最高レベルの光電変換効率11.1%を達成した。光安定性の高い新規ルテニウム錯体色素の開発については、基準色素に含まれるイソチオン

アナト (NCS) 基は、色素の中で最も弱い部分と言われており、NCS 基を有しない色素開発を行った。色素の安定性を加速試験で評価したところ、基準色素のブラックダイは照射によって色やスペクトルが変化し光電変換効率の低下もみられたが、NCS 基をピリジンジカルボキシラトという配位子で置換した色素は高い光安定性を持つことを確認した。実験と理論計算との融合による高性能色素開発指針を探る検討として、密度汎関数法 (DFT) 計算を用いて開放電圧の向上に資する色素開発の因子を調べた。色素酸化体とヨウ化物イオン I⁻との強い相互作用、および大きな ΔG_0 値 (色素 HOMO のエネルギーレベルとレドックスポテンシャルとのエネルギー差) が開放電圧に強く相関していることを初めて見いだした。開発した新規色素および論文に報告された各種増感色素に関しては、前年度に引き続き、順次データベースに情報を格納して更新した。色素構造、分子量、慣用名、異性体、溶液中の吸収スペクトル、吸光係数、吸収末端波長、各吸収 max 波長、酸化還元電位、(HOMO、LUMO)、電池特性 (J_{sc} , V_{oc} , ff, η_{sun}) IPCE スペクトル、IPCE 最高値、LHE、測定条件などを整理した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】色素増感、太陽電池、錯体色素、電解液、計算科学

【テーマ題目9】人工光合成技術の研究開発

【研究代表者】佐山 和弘

(太陽光エネルギー変換グループ)

【研究担当者】佐山 和弘、姫田 雄一郎、草間 仁、小西 由也、小野澤 伸子、三石 雄悟、福 康二郎、砂 有紀、眞中 雄一、前川 秀、徐 紹安、Wang Nini、斉藤 里英、王 万輝、藤本 一正、間島 悠、寺島 直宏

(常勤職員7名、他10名)

【研究内容】

太陽光エネルギーの効率的な利用技術の確立を目指し、自然が巧妙に行っている光合成プロセスを手本として、太陽光エネルギーと水と炭酸ガスから、クリーンエネルギーである水素や炭化水素等の有機系資源の製造を可能とする、人工光合成技術の開発を行っている。特に、太陽光エネルギーの大半を占める可視光エネルギーを利用した水の分解による水素製造技術の実用化のための検討を行う。また、炭酸ガスを還元によるギ酸製造およびギ酸からの水素製造の錯体触媒に関する技術開発を行い、基礎的知見を集積する。さらに、環境浄化のための高性能な光触媒を開発する。

産総研が開発してきた BiVO_4 光電極は水分解特性は n 型酸化半導体光電極で最も優れている。本質的な半導体特性を制御するために各種金属ドーピングを行い、Mo や

W の共ドーピングによる光電流の向上効果を見いだした。 V^{5+} を高価数元素に置換することによりキャリア密度の増加や電荷分離の促進、導電性向上に寄与したと推察される。また、電解液組成についても炭酸塩電解液に異なるアニオンの塩を添加することで電流-電圧特性の改善が見られた。高速自動半導体スクリーニング装置を活用した高性能な半導体探索については、新規な Cu 系や In 系、Fe 系の p 型半導体や Pb 系や Cr 系の n 型半導体組成などを多数見出した。また、レドックス媒体を用いる光触媒-電解ハイブリッドシステムのための光触媒反応系開発に関しては、 WO_3 半導体の表面処理条件 (Cs で反応サイトを形成) を最適化し、 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ レドックスの対アニオン過塩素酸とすることで反応が促進される効果を見出した。レドックスとして蓄えられる太陽エネルギー変換効率は 0.38% へ向上した。この値は光触媒反応の中で最高であり、バイオマスエタノール原料の高収量作物として注目されている雑草植物の値 (0.2%) よりも高い値である。また、新規の鉄系半導体光触媒を開発した。Ti-Sr を添加した Fe_2O_3 光触媒がヨウ素系レドックスで酸素発生できることを見いだした。安価で安定な材料であり、レドックス反応できる酸化物としては最も長波長まで利用できる (~600nm) ことが特徴である。環境浄化のための高性能な光触媒については、耐アルカリ性を持つ酸化タングステン光触媒の高性能化について検討した。ビスマス添加した酸化タングステンが光触媒活性と耐アルカリ性ととも抗カビ性を同時に併せ持つことを見いだした。

また、二酸化炭素の水素化・ギ酸の脱水素に関する研究では、プロトン応答性配位子およびペンダントベース効果に基づいて、新たな高性能触媒を見出すことができた。そこで、ヒドリド錯体生成の加速効果を検証するために、モデル触媒を用いて、ギ酸脱水素化反応における重水素や重水を用いた同位体効果を調べた。その結果、水分子が水素分子のヘテロリシス開裂に強く関与していることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、人工光合成、光電極、水素製造、炭酸ガス、ギ酸

【テーマ題目10】先進的クリーン燃料製造技術の研究

【研究代表者】鷹觜 利公 (新燃料グループ)

【研究担当者】鷹觜 利公、シャーマ アトゥル、松村 明光、川島 裕之、森本 正人、崎元 尚土、丸山 一江、竿留 良明

(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率でクリーンに利用する技術開発のため、触媒を用いた低温ガス化に関する研究開発を行なっている。これまでの研究

成果において、水蒸気をガス化剤とする触媒ガス化では、600～700℃という低温において、選択的に水素と二酸化炭素が生成するため、水素製造と二酸化炭素固定化技術への応用が期待されている。また、ガス化剤として、新たに水蒸気＋二酸化炭素の混合ガスを用いることにより、生成ガスとして水素と一酸化炭素の合成ガスが得られ、水蒸気と二酸化炭素の比率を変えることにより、合成ガス比を制御して一段階で合成ガスを製造することができるを見出している。この技術開発により、未利用資源である低品位炭を原料として、合成ガスからクリーンな燃料、化学原料であるメタノール、ジメチルエーテル（DME）、メタン等の最終製品の製造が高効率で可能になる。そこでこの新規の合成ガス製造技術を商業化プロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化装置を用いた実証試験を行っている。

平成25年度は、連続式触媒ガス化装置内の反応管を改良し、安定的にガス化が進行することが確認できた。その改良した装置で、豪州 Loy Yang 褐炭を用いて650℃での連続触媒ガス化試験を実施し、連続的に安定して合成ガスが製造できることを実証した。また、生成ガス中の副生ガスをリアルタイムで定量分析を行い、従来の高温ガス化からのガス性状に比べて、副生ガスの生成が極めて少ないことが明らかとなった。さらには、触媒再生試験を実施し、回収した触媒の分析から触媒劣化の割合が確認できた。

この低温触媒ガス化プロセスは、従来のガス化プロセスに比べ、10ポイント以上極めて高い効率で合成ガスが製造できるため、CO₂排出量の大幅な削減が可能である。将来のビジネスモデルとして、褐炭を多量に有する豪州やインドネシアで、このプロセスを利用してクリーンな燃料、化学原料の製造が可能となることから、現地でのエネルギー安定供給と大幅なCO₂排出量の削減に貢献できる。また、最終製品が輸送可能な燃料、化学原料であるため、これらを産炭国から輸入することにより、我が国の安全で安定なエネルギー供給に貢献する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】低品位炭、低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造

【テーマ題目11】エネルギー技術評価に関する研究

【研究代表者】村田 晃伸

(エネルギー社会システムグループ)

【研究担当者】村田 晃伸、遠藤 栄一、西尾 匡弘、益田 泰輔、近藤 康彦、梁 建国、時松 宏治、関 成孝、田中 加奈子

(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

低炭素社会の実現のためには、革新的なエネルギー技術の大幅な導入が必要であり、そのためには政策に立脚した技術開発・導入普及の推進が不可欠となる。その過

程において、実現すべき技術のポテンシャル評価と研究開発動向、開発・導入シナリオの明確化等が求められる。本研究では、①エネルギー技術開発・普及に関するエネルギーシナリオ分析、②環境・資源制約下でのエネルギー・資源需給等に関するモデル構築、等を行った。

① 水素等の新しいエネルギーキャリアの導入拡大や、天然ガスの大規模利用が将来のエネルギーシステムの課題として重要性を増してきている。これらのエネルギーキャリアの導入普及には大規模なエネルギーインフラの構築が重要であり、エネルギーシナリオの分析にはエネルギーキャリア輸送チェーンを考慮した評価が不可欠である。そのため、分析ツールとしてのエネルギーシステムモデルにもエネルギーキャリア輸送チェーンを組み込むことが必要である。このような背景から、平成25年度においては、MARKAL (Market Allocation) モデルの多地域化に取り組んだ。具体的には、石油、石炭、天然ガス、電力、等のエネルギーキャリアの生産、輸送、貯蔵、などのフローと輸送コストの現状を把握することを目的とするデータ調査を実施した。同時に、従来は日本全体を一つの地域としてきた MARKAL モデルを、都道府県、電力供給地域、等を単位とする階層的な多地域モデルに拡大する作業に着手し、プロトタイプモデルを開発した。また、24年度までに実施した「新エネルギー関連技術等に関する温暖化防止効果の定量的貢献に関する調査」で検討した温室効果ガス削減に資する17の研究開発技術を継続し、17技術の導入による二酸化炭素排出削減効果を技術別に分析した。その結果、経済性を重視する場合には、石炭ガス化 FC 複合サイクル発電の導入効果が最大であり、可変速モータの導入等がそれに次ぐこと、二酸化炭素排出削減を重視する場合には、CCS 付き天然ガス複合サイクル発電の導入効果が最大であり、再生可能エネルギーの導入効果も明確に見られる、等の知見を得た。

② 資源制約を考慮に入れた鉱産物資源需給の評価手法の開発においては、エネルギー消費量が大きい鉄鋼に関する最新の需要推計方法を反映する需要推計の高度化作業を実施した。環境影響評価についても、最新の評価モデルを反映する作業を実施した。これら資源環境に関する高度化した評価手法と、これまで開発してきた他モデルとのリンケージを図る作業を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】革新的エネルギー技術、環境制約、資源制約、シナリオ、持続性指標

【テーマ題目12】SOFC の高度排熱利用技術に関する研究開発

【研究代表者】平野 聡 (熱・流体システムグループ)

【研究担当者】平野 聡、竹村 文男、遠藤 尚樹、上山 慎也、稲田 孝明、染矢 聡、

馬場宗明、小林 成嘉、高橋 三餘、
計良 満（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

一般家庭などの小規模需要に対してコジェネレーションシステムを導入して、省エネルギーを促進する試みが模索されており、実際に都市ガスを燃料とした1kWクラスの小型分散用のガスエンジンやPEFC（固体高分子形燃料電池）システム、SOFC（固体酸化物形燃料電池）システムも試作・販売されている。しかし、大規模発電プラントの発電効率の向上、負荷変動が激しい小型分散発電源の特性、初期コストなどを考慮すると、それらの導入による省エネルギー効果には多くのメリットを見出せない状況にあり、より効率の高いシステムの開発が望まれている。

最近のSOFCの技術的発展は目覚しく、DC端出力で60%を超える発電効率を得られる例もある。さらに、SOFCに加え、その排熱でガスタービンを動作させる複合システムでは、発電効率がさらに向上することがサイクル計算により示されている。しかし、高効率が期待できるSOFC-ガスタービン複合システムは、マイクロガスタービンを用いても、150kW以上の規模が対象となる。他方、スターリングエンジンは、現状の技術レベルでも、数kWクラスにおいて20%を超える熱効率を有する上、作動ガス温度も500℃から700℃とSOFCの排出ガス温度に近く、SOFCとの適合性も優れている。また、ガスタービンとは異なり、SOFC内を加圧する必要がないため、現在コジェネレーション用として開発しているSOFC技術の多くを流用できる利点もある。

そこで、SOFCとスターリングエンジンの小型複合システムに注目し、これまでにサイクル計算によるSOFC-スターリング複合システムの性能予測、1kWクラスのスターリングエンジンの開発・評価、高温熱交換部のヒータ構造の研究および起動用バーナの開発、SOFC開発状況の調査と、複合システムの実現に必須となる燃料再循環技術などの検討を行ってきた。その結果、低空気過剰率での動作が可能となれば、複合システム化により10%以上の効率向上が見込まれることがわかった。

SOFCの動作温度は750℃から900℃と高温のため、小型システムにおいては、回転部を持たないエジェクタポンプを燃料の再循環に用いることが有効である。すなわち、新気の燃料を流速の早い駆動流とし、セル出口のアノードガスを吸引させて運動エネルギーを与え、ディフューザで圧力回復させるものである。セル出入口前後の圧力損失を上回る圧力回復ができれば、アノード排ガスを再循環できることになる。モデル解析によれば、セルでの圧力損失が100Paの場合に、その回復に必要な駆動流の流速は、175m/s以上と見積もられた。そこで、燃料再循環用エジェクタの設計・試作を行い、常温から600℃に至る過程での再循環率と回復圧力の温度依存性

を調べ、高温においても燃料再循環に必要な再循環率と回復圧力がほぼ得られることを明らかにした。また、定格1kWのSOFCスタックを用いて、アノードガスの燃料リサイクル予備実験を実施し、燃料リサイクル時のメタン改質器、エジェクタ等の温度管理方法、装置内物質移動等を考察するデータを得た。

平成25年度は、定格1kWのSOFCスタックを用いて、外部からの水蒸気供給が不要となるレベルのアノードガス再循環実験を実施した。その結果、燃料再循環率が高まり、水蒸気の外部供給量が低下するにつれて、発電量は増加した。再循環時の電池スタックの長手方向には、改質反応で50℃程度の温度分布が生じることもわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池、複合システム、スターリングエンジン、エジェクタ

〔テーマ題目13〕 大型風車用小型軽量超電導発電機のための基盤技術開発

〔研究代表者〕 山崎 裕文（超電導技術グループ）

〔研究担当者〕 山崎 裕文、淵野 修一郎、古瀬 充穂、岡野 真、名取 尚武
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

自然エネルギー導入量の飛躍的拡大は、我が国が取り組むべき最重要課題の一つである。風力発電に関しては発電サイトの総発電容量を増大させる風車の大型化と洋上への拡大が大きなトレンドとなっており、高電流密度・高磁界を特長とする超電導技術を利用することで、信頼性が高く軽量の大容量発電機を製作することが可能である。洋上風力発電の普及拡大を大きく促進することを目的として大型風車用超電導発電機を製作するための基盤技術を開発するが、本研究で開発する要素技術は、風車用発電機のみならず、小型軽量の船舶用モーターなど超電導回転機一般に応用可能である。

10MW級の次世代洋上風車用発電機への超電導の応用について、大学・産総研・メーカー等で構成する調査WGを主催して、どのような方式の超電導発電機が望ましいかの検討を進めてきた。風車用発電機の電磁設計を行い、超電導マグネットの高磁界を活用できる空心コイル方式（回転子のみ超電導）で発電機の超小型軽量化が可能であるが、高価な高温超電導線材を大量に使用するため、10MW級発電機に要望される3~4億円というコストの実現は困難であることが分かった。発電機の低コスト化を重視する観点から、超電導線材使用量が1桁程度少なく済む鉄心利用方式を採用するとともに、鉄心の周りに配置する超電導コイルのみを冷却するコイルモジュール方式が妥当であると結論した。平成24年度までに、コイルモジュール方式における真空容器の構成法・コイル支持方法などを検討し、侵入熱を理論的に見積るとともに、実際に真空容器を製作し、銅製のダミー

コイルを極低温窒素ガスで冷却して問題なく冷却できることを確認した。

平成25年度には、引き続きダミーコイルの極低温ヘリウムによる冷却試験を行って熱侵入量の評価を行い、10MW 級風車用超電導発電機の超電導コイルモジュールへの侵入熱を約700W と試算した。また、極低温冷媒を静止系から回転子に供給する極低温冷媒給排装置について、回転数の低い大型風車用発電機ではセルフポンピング効果が期待できないため、信頼性の高い方式の確立が重要な課題となっている。このため、内蔵型冷媒循環ポンプと回転・静止型熱交換器から構成される独自方式を考案し、その概念設計を行った。これらの成果を元にして、古河電工、前川製作所とともに NEDO の「10MW 超級風車の調査研究 (H25～26)」公募に「10MW 超風車用超電導発電機の要素技術研究開発」というテーマで応募し、採択された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 超電導マグネット、超電導風力発電機、超電導コイルモジュール、極低温冷媒給排装置

【テーマ題目14】 ゼロエミッション SOFC の先導研究

【研究代表者】 嘉藤 徹 (燃料電池システムグループ)

【研究担当者】 嘉藤 徹、門馬 昭彦、田中 洋平、根岸 明、野崎 健、永田 進、高野 清南、飯村 葉子、吉原 美紀 (常勤職員3名、他6名)

【研究内容】

50%を超える発電効率を有する固体酸化物形燃料電池 (SOFC) システムの開発を目指し、燃料利用率を90%以上まで向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術の開発、および SOFC システムと二酸化炭素回収システムを組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価することを目標にした研究を展開している。

平成25年度は、燃料利用率の向上に関連し SOFC スタックの最大許容燃料利用率のスタック温度分布依存性などを調査した。具体的には円盤形スタックについて現状のセルデータを用い、積層方向の温度差がスタック内の各セルにおける燃料流量に与える影響等を検討し、スタック積層方向の温度分布と最大許容燃料利用率の関係およびそのとき得られる発電効率の関係を計算した結果、最大温度差60-160K では最大許容燃料利用率は90-85%以下、発電効率は67%から63%程度まで低下することが判明した。

また、今後運転圧力を高圧化することを想定し、電解質支持型セルと電極支持型セルについてセル出力の圧力依存性を調査した。その結果、電極の薄い電解質支持型セルでは起電力以外には圧力依存性は観測されなかったが電極支持型セルでは圧力上昇により過電圧の低下が観測されたので燃料の電極内拡散および電極反応速度式を

考慮して、発電特性のシミュレーションモデルを構築した。

アノード排ガスを燃料入り口に戻して未燃燃料の有効利用を図るアノード排ガスリサイクル技術については、平成24年度に整備したアノード排ガスリサイクル用ガス供給システム等を用いてセルの発電試験を行うとともに数値モデルを高精度化しリサイクル時の単セルの発電特性を1%以下の高精度で計算可能とした。また昨年度作成した SOFC システムの効率計算モデルに、単セルの発電特性、現在開発中のリサイクルプロアの特性等を組み込み、アノード排ガスリサイクルシステム効率を計算した。その結果、現状の技術の利用により定格時55%程度の発電効率が期待できることが判明した。

排熱利用技術については平成24年度試験した50W 級セルスタックの発電特性を参考にして、熱電発電技術 (TEG:ゼーベック効果を利用して熱エネルギーを電気エネルギーに変換) を家庭用小型 SOFC システムの空気予熱器、温水用熱交換器、改質器等に導入することで得られる発電出力と発電効率の向上を数値計算により評価した。その結果、効率向上には改質器に熱電発電を設置することが最も良く、その場合、システムの発電効率を2pt 程度向上できることが判明した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高効率 SOFC、燃料利用率、アノード排ガスリサイクル、排熱有効利用

【テーマ題目15】 高効率発電における電極高性能化に関する研究

【研究代表者】 山地 克彦 (燃料電池材料グループ)

【研究担当者】 山地 克彦、西 美奈、岸本 治夫、Katherine Bagarinao、堀田 照久 (常勤職員5名)

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の高性能化のためには、セル・スタックの発電効率の向上が必要である。そのためには、高い燃料利用率で安定に作動する電極の開発が必要となる。本研究では、高い燃料利用率 (70%以上) でも、信頼性・耐久性が高い燃料極の開発指針を得るために、SOFC 燃料極 (ニッケルと酸化物が接する界面) 近傍における、ガスとそのイオン化、固体表面・固体中での移動・拡散などの相互作用を感度よく検出する解析技術を開発している。

昨年度もこれまでと同様、我々が開発した酸化物基板上に作製したニッケル薄膜におけるニッケル凝集挙動の評価技術を用い、燃料極を構成する酸化物成分に期待されているプロトン伝導性セラミックスを用いた場合の影響について検討を行った。一般的な YSZ や GDC を用いる場合に比べ、燃料雰囲気下での Ni の凝集挙動が異なることが明らかとなった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高効率 SOFC、燃料利用率、その場観察、相変態

【テーマ題目16】 超高エネルギー密度二次電池の開発

【研究代表者】 周 豪慎

(エネルギー界面技術グループ)

【研究担当者】 周 豪慎、劉 銀珠、北浦 弘和、岡垣 淳、張 涛、宋 智平、王 永慶 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

高性能リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池のための優れている活物質などを利用した電極を合成して電池特性を評価した。大容量を有する新型リチウム-空気電池用空気極触媒、固体電解質を利用した全固体型リチウム空気電池の研究開発を行っている。主な成果は以下の通り。

- (1) 非水系リチウム空気電池について、固体電解質とゲル状の空気極を作って、空気中にも安定したリチウム空気電池を評価した。これらの関連成果は学術誌 *Nature Communications*, (2013) に掲載。
- (2) 東京大学と共同で、高分解 TEM で Li (NiCoMn)O₂-Li₂MnO₃ 中原子レベルの構造を解明した。関連成果は学術誌 *Angewandte Chemie International Edition*, (2013) に掲載。
- (3) 空気極の副反応を抑えるために、カーボンフリーの ITO/Ru とカーボン表面に RuO₂ で修飾した触媒を開発した。関連成果は学術誌 *NanoLetter*, (2013) と *Angewandte Chemie International Edition*, (2014) に掲載。
- (4) 世界で初めて、ナトリウムイオン電池に使う電極 Na (Ni_{0.5}Ti_{0.5})O₂ を開発した。関連成果は学術誌 *Chemical Communications* (2014) に掲載。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リチウム-空気電池、全固体型リチウム空気二次電池、リチウムイオン電池、ナトリウムイオン電池

【テーマ題目17】 環境エレクトロニクスの研究

【研究代表者】 西澤 伸一

(電力エネルギー基盤グループ)

【研究担当者】 西澤 伸一、大橋 弘通、中島 昭 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

民生領域ではモータが電力使用量のおよそ半分を占め、その省エネルギー化が重要な開発課題になっている。モータの省エネルギー化に関して、インバータ導入率の向上およびその高効率化による省エネルギー効果の促進がキーテクノロジーになる。インバータ導入率向上には、インバータの小型高パワー密度化による低コスト化が重要技術の一つである。現在、特にモータ用インバータは

モータ故障に対応する保護回路機能としてのコンデンサーが組み込まれており、これがインバータ回路の小型化の大きな障害になっている。ここでは、モータ故障にともなう過電流を、従来はコンデンサーに回避させていた方法から、耐量の高いワイドバンドギャップ半導体の熱容量を利用して回避させる方法を提案している。今年度は、特にモータドライブ用 GaN デバイス集積化技術として、世界ではじめて同一基板上に n 型および p 型トランジスタを作成し、動作実証を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ワイドバンドギャップ半導体、先進モータ、省エネルギー

【テーマ題目18】 木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】 竹村 文男 (資源変換触媒グループ)

【研究担当者】 竹村 文男、高原 功、稲葉 仁、劉 彦勇、村田 和久、楊 立群 (常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

平成25年度は、合成ガスのフィッシュヤートロプシュ (FT) 反応による灯軽油留分製造技術の応用として、低級炭化水素製造のための触媒および反応技術の研究を行った。Al₂O₃ に担持させた鉄系触媒に、K、Mn を添加することにより、CO 転化率や C2-C4 オレフィン選択率が向上すること、K や Mn の添加量には最適があることを見いだした。K 添加触媒については、ガス組成を変えた場合についても調べた。使用済み触媒の昇温還元や熱重量分析により、K、Mn の適量の添加により、CO 不均化による炭素質の生成を抑制することを推定した。

また燃料や化学品中間体への展開が期待される合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成については、引き続きモリブデン系触媒について検討し、混合アルコール選択率をさらに向上させるためには、メタン等の炭化水素生成のさらなる抑制が必要であることを明らかにした。メタノールの脱水、DME の CO 挿入、酢酸メチルの水素化分解といった三つの反応を利用した間接法については昨年度の成果を元に、論文投稿を行った。

ガス化を経由しないバイオマスの直接熱分解による液体燃料製造技術については、生成液体中の酸素含有量低減のための触媒開発を継続した。H25年度は熱分解反応ガスと触媒の接触方法を工夫したステンレス反応管で引き続き検討し、原料増加により、有機相のバイオオイル液体を取得することを目指した。最適な金属修飾ポラス担体系触媒を用いることにより、収率はまだ低いですが、バイオオイルを実際に得ることができた。今後液収率の改善と共に、含窒素や硫黄化合物の低減などがさらに必要であることを確認した。

さらに炭化水素含有藻類油からのジェット燃料・軽油

製造のための水素化分解用触媒開発について、モデル物質であるスクワレンの反応に適した触媒探索を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】FT 触媒、アルコール合成触媒、熱分解触媒、水素化分解触媒

⑭【安全科学研究部門】

(Research Institute of Science for Safety and Sustainability)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究部門長：四元 弘毅

副研究部門長：本田 一匡

総括研究主幹：匂坂 正幸

総括研究主幹：緒方 雄二

所在地：つくば西、つくば中央第5

人員：45名 (45名)

経費：1,186,918千円 (697,148千円)

概要：

本研究部門は、事故や災害の被害予測、技術や製品の健康・環境・経済への影響評価など、幅広い分野にわたる評価技術を総合し、科学的な評価のみならず、社会的な評価も同時に行う、総合的なリスク評価・管理手法を開発することを通じて、安全で持続的発展可能な社会の実現に貢献することを目標としている。このため、これまでに高い評価を受けてきた化学物質リスク評価、フィジカルハザード評価、ライフサイクルアナリシス等、個別の評価手法を融合させ、学際的な融合研究を推進して、安全と持続可能性を同時に追求する「安全科学」の確立を目指している。

平成25年度は、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、物質循環・排出解析、持続可能性ガバナンス、爆発衝撃研究、高エネルギー物質研究、爆発利用・産業保安研究、素材エネルギー研究および社会と LCA 研究の9グループで研究開発を行った。

本研究部門は、環境・安全対策の最適ソリューションを提供し、新規技術に係る評価を行うことを目的として、以下のミッションを掲げている。

ミッション1：従来の枠にとられない学際的な融合研究を推進し、環境リスクや産業・災害リスク、社会システムの持続可能性を評価する手法及びツールを開発する。また、複数の拮抗するリスク（温暖化、資源、生態系、ヒト健康などの間のリスクトレードオフ）の最適化を図るための手法を開発する。

ミッション2：信頼性の高いデータ、使い易い評価ツールを提供し、評価結果を公表するとともに、市民や産業、行政が評価結果を活用できるよう支援する。

ミッション3：評価結果に基づく政策提言や、評価手

法の国際標準化などへの取り組みを通じて、産業の国際競争力の強化に貢献する。

これらのミッションに対応して、平成25年度は、本研究部門のプレゼンスを示す具体的な戦略課題として1)～4)を選定し、融合研究を実施した。

1) 新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

平成25年度は、効率的な有害性評価手法の開発として、酸化チタン、酸化ニッケルナノ材料の体内動態の解析を行うとともに、事業者の自主安全管理技術の開発として、培養細胞試験による有害性評価方法に関する手順書と作業環境での計測手法に関する手引を公開した。また、長繊維カーボンナノチューブの有害性評価に関する研究を実施した。

2) フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

火薬類等の高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、火薬庫土堤の構造や雨水などによる爆発影響低減効果の検討、高圧ガスの漏えい拡散挙動や燃焼性評価、高エネルギー物質の生成や火薬類の熱危険性などのハザード評価に関する研究、爆発被害予測のための起爆・爆轟過程のモデリング、産業保安力向上のためのリレーショナル化学災害データベース (RISCAD) の継続的な運用や保安力評価などの広範囲な研究を行った。

3) リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

短期暴露対応の室内暴露評価ツールを公開し、皮膚と口経路の暴露評価ガイダンス文書を作成した。従来より時空間高解像度の大気と河川モデル試作版を完成した。暴露期間の相違からヒト健康への有害性補正、水質の相違から国内魚種への有害性補正の手法を確立するとともに、生態リスク評価ツールを公開した。中国とベトナムの不法リサイクルによる汚染地域を特定し、ヒトの血中鉛濃度推定で良好な検証結果を得た。低頻度大規模災害の総合リスク評価システムのプロトタイプソフトウェアを構築した。

4) 新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、システム全体が与える新しい影響領域を評価する手法の検討として、環境負荷原単位データベース IDEA の拡充および英語版構築を実施した。海外機関と協働し、水消費による健康被害評価モデルの更新、および生態系サービスへの影響評価モデルを開発した。また、約40の国の鉄鋼マテリアルフロー分析モデルを用いて、中国での自動車鋼板のリサイクルの促進に有効な技術開発を2050年までの導入時期別に示した。

外部資金：

経済産業省 受託研究費「平成25年度産業技術研究開発 (低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料

プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発（開発）」

経済産業省 受託研究費「平成25年度化学物質安全対策（製品含有化学物質の経皮・経口及び吸入暴露に係る調査）」

経済産業省 受託研究費「平成25年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素置換挙動調査）」

経済産業省 受託研究費「平成25年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの危険性評価のための調査研究）」

経済産業省 受託研究費「平成24年度災害に強い産業の形成・基盤整備事業（小型冷凍機への可燃性冷媒使用に係る規制の在り方の検討事業）」

経済産業省 受託研究費「平成24年度災害に強い産業の形成・基盤整備事業（自動車燃料装置用容器の安全性評価事業：液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器の安全性評価）」

経済産業省 受託研究費「平成24年度火薬類の安定的な貯蔵・運搬に係る調査研究事業」

経済産業省 受託研究費「再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発事業」

社団法人日本化学工業協会 受託研究費「事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発」

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia）受託研究費「EAS 諸国における再生可能エネルギーの持続的な活用」

学校法人東京理科大学 受託研究費「微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価」（独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」に係る再委託）

東京大学先端科学技術センター 受託研究費「プラットフォーム化を目指した日常行動に関わる LCA データの整備と教材開発」

特定非営利活動法人安全工学会 受託研究費「事故リスク評価検討調査」（経済産業省 受託研究費「平成25年度現場保安力維持向上基盤事業（現場保安力維持・向上

に向けた調査・分析）」に係る再委託）

民間受託研究費「防爆マットの爆破試験」

総務省消防庁 受託研究費「地震等災害時に救助活動を支援する障害物除去システムの開発」

九州防衛局 請負研究費「針尾島(25)保管庫移設解析業務」

独立行政法人宇宙航空研究開発機構 共同研究費「低毒化ガスジェット装置用推進薬の安全性確認に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 共同研究費「民生部門のエネルギー消費実態調査および低炭素化に向けたシナリオの検討」

社団法人全国火薬類保安協会 共同研究費「土堤の安全性向上に関する研究」

社団法人全国火薬類保安協会 共同研究費「火薬類の包装等に関する研究」

社団法人全国火薬類保安協会 共同研究費「爆発影響低減化の技術基準の作成に関する研究」

民間共同研究費「実包火薬庫の設置に係る技術基準検討に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「QAAR（定量的活性活性相関）手法による化学物質等の有害性推論手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「暑熱環境におけるエネ独立行政法人日本学術振興会費による人間健康の改善効果の評価に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「暑熱環境におけるエネ独立行政法人日本学術振興会費による人間健康の改善効果の評価に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「リスクに対する頑健性と柔軟性を備えた環境調和型サプライチェーン設計手法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「リレ

ーショナル化学災害データベース」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「住宅の Dampness による健康損失の評価と建築的防除に向けた因果構造の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金分担金 (国立大学法人神戸大学)「持続可能な資本主義に関する実験経済学的研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金分担金 (国立大学法人東京大学)「複合リスクガバナンスーリスク俯瞰マップ、領域別事例比較、制度的選択肢」

厚生労働省 科学研究費補助金「中小規模事業場向けのリスクアセスメント手法の開発」

厚生労働省 科学研究費補助金「家庭用品から放散される揮発性有機化合物/準揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究 (サブテーマ：非定常型曝露シミュレーション手法の開発)」

厚生労働省 科学研究費補助金「妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究」

財団法人科学技術融合振興財団 研究助成金「原発等の複雑システムの安全性向上を目的とする「工学システム」と「人・組織システム」の複合体の挙動に関するゲーム理論を基礎としたシミュレータの開発」

公益財団法人 LIXIL 住生活財団 研究助成金「フタル酸エステル類への経皮曝露評価 ～皮膚透過性試験法の確立と応用～」

公益財団法人 LIXIL 住生活財団 研究助成金「建設産業における金属消費量変化の要因分析と将来推計」

公益財団法人鉄鋼環境基金 研究助成金「生物利用性を考慮した重金属の生態リスク評価の効率的手法の確立」

発 表：誌上発表124件、口頭発表180件、その他30件

リスク評価戦略グループ

(Risk Assessment Strategy Group)

研究グループ長：蒲生 昌志

(つくば西)

概 要：

(研究目的) 主に化学物質に関する具体的な課題についてリスク評価を実施しながら、リスク管理を目的としたリスク評価の考え方の検討を行う。

(課 題) ナノ材料のリスク評価、化学物質の代替に伴うリスクトレードオフ解析 (ヒト健康リスク、生態リスク) を中心的課題とする。

(研究内容) ナノ材料のリスク評価については、カーボンナノチューブの簡易自主管理のための「カーボンナノチューブの安全性試験のための試料調製と計測、および細胞を用いたインビトロ試験の手順」を公開してプレスリリースを行った。また、OECD における細胞毒性試験のバリデーション活動に参加した。さらに、酸化ニッケルナノ材料の体内動態に関する分析、二酸化チタンナノ材料の有害性や体内動態に関する材料間比較や物理化学的特性との比較を行った。

化学物質のリスクトレードオフ解析については、ヒト健康に関する有害性評価に用いる動物試験データについて、異なる試験期間 (亜急性と亜慢性) を相互に換算するための係数を主要臓器ごとに算出し、従来の換算係数と比較した。生態影響については、主に金属について、水質と生物利用可能性の関係を解析した。また、生態リスク評価ツール MeRAM0.9.12を安全科学研究部門ホームページ上に公開した。加えて、複数の金属や化学物質に同時に暴露した場合 (複合暴露) の有害性影響を評価するために、情報収集と概念整理を行った。

さらに、放射性物質の除染に係る費用と効果の解析、個人被ばく線量の計測・解析に関する研究に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

環境暴露モデリンググループ

(Environmental Exposure Modeling Group)

研究グループ長：東野 晴行

(つくば西)

概 要：

化学物質のリスク管理において、環境中の濃度を知ることが最も重要な課題の一つと考えられる。環境中濃度は、観測を行うかモデルによる計算で求められるが、新規の物質など観測データが存在しない場合の推定や限られた観測データからの全体状況の把握、将来や過去の状況推定などでモデルの果たす役割は大きいと言える。

このような背景から、当グループでは、化学物質のヒトや生態系へのリスク評価において、最も基礎となる暴露評価技術の開発を行っている。大気、室内、河川、海域等、複数の環境暴露評価モデルの開発と排出シナリオの構築を行い、これらを用いた暴露・リスク評価を他のグループと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の政策に反映させる。平成25年度は、以下に示す内部及び外部資金によるプロジェクトと、他部門との融合・連携研究の推進を中心に研究を進めた。

① リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

- ② 平成25年度化学物質安全対策（製品含有化学物質の経皮・経口及び吸入暴露に係る調査）
- ③ 家庭用品から放散される揮発性有機化合物／準揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究（サブテーマ：非定常型曝露シミュレーション手法の開発）
- ④ 地震・津波および原発事故などの低頻度大規模災害へ最適対応するための次世代リスク評価シミュレーション技術の構築（活断層・地震研究センターと共同で実施）
- ⑤ 地下微生物を利用したメタンガス合成技術（地圏資源環境研究部門と共同で実施）
- ⑥ 放射性セシウム廃棄物等の管理に関する安全性評価技術（地圏資源環境研究部門と共同で実施）
また、これまで開発してきたモデルや研究成果の普及や維持管理にも努めた。

研究テーマ：テーマ題目 3

物質循環・排出解析グループ

(Substance Flow and Emission Analysis Group)

研究グループ長：恒見 清孝

(つくば西)

概要：

新規物質のリスク評価や代替物質のリスクトレードオフ評価を通じて、物質の代替・開発の意思決定や排出抑制対策などの行政、企業のリスク管理に還元することを目標として、物質フロー推定手法や環境中への排出量推定手法の開発、発生源の同定手法、環境中動態推定手法およびヒト・生物の暴露量推定手法の開発を行っている。平成25年度は、以下の研究を実施した。

- ① 環境排出量推計手法の開発
 - ・可塑剤1物質と難燃剤2物質を対象に、樹脂表面からハウスダストへの直接移行量を測定した結果、複数物質で気中への放散速度の数倍～数十倍で、振とう／静止による移行速度への影響が小さいことを明らかにした。ガラスビーズ等の模擬ダスト試験体を樹脂表面に設置し、ある時間静止させる簡易なハウスダスト移行試験方法を確立した。
 - ・米国、欧州が公表する金属の製造から廃棄までの各プロセスの大気排出係数情報とその信頼性評価結果を収集、整理することで、鉛の国別大気排出量推定の精度改善に不可欠な網羅的かつ精度を考慮した排出係数データベースを作成した。
- ② 環境中動態推定手法の構築
 - ・アジア各国の暴露濃度推定の感度解析を行い、土壌から植物への移行パラメータが最も重要な要因であることを示した。中国の数カ所において、プロトタイプモデルでヒトの鉛暴露量推定を行い、既報の血中鉛濃度の実測値と比較した結果、1/2～2倍の範囲で一致した。

- ・アジア対応リスク評価ツール構築に向けて検証データ蓄積のため、可搬型蛍光 X 線分析装置を導入し、海外の土壌汚染サイト等で簡易に測定を行える体制を整えた。
- ③ 工業ナノ材料の暴露評価手法の開発、リスク評価及び適正管理の考え方の構築
 - ・カーボンナノチューブ（CNT）の作業環境濃度計測手法として、熱炭素分析や小型計測器の有用性を評価し、計測事例とともに「作業環境計測の手引き」をとりまとめて WEB で公開した。正確な方法と簡易な方法の状況に応じた使い分けを提案した。
- ④ エネルギーキャリアとしての水素活用における先進的リスク評価
 - ・水素エネルギーキャリア候補物質のアンモニアを対象に、スタンドにおける漏洩事故時のアンモニア濃度空間分布をヒト健康影響の重篤度毎に推定するモデルのプロトタイプを構築した。
 - ・既存の燃料電池車普及シナリオを参考に2030年までの水素ステーション導入シナリオを作成した。2030年における大気汚染物質と二酸化炭素の排出の増減量を計算し、二酸化窒素が現状の場合に比して関東の平均で10%減、オゾンが2%増という結果を得た。
 - ・水素ステーションに関する現状の社会受容性調査を目的に、予備的なオンラインアンケートを実施した。水素ステーションの建設については過半数が肯定的であり、そのリスク認知はガソリンスタンドのイメージからの類推によって形成される可能性があることが明らかになった。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 3

持続可能性ガバナンスグループ

(Sustainability Governance Group)

研究グループ長：岸本 充生

(つくば西)

概要：

持続可能な社会に向けて、行政・事業者・市民それぞれが果たすべき役割を支援するための評価手法を開発し、それらが社会に実装されることを目標に次のような研究を実施した。1つ目は、新規技術の社会受容のために必要な安全性確保のあり方を事例ベースで検討した。特に、カーボンナノチューブを例に、自主安全管理のあり方を探るとともに、有害性情報及び欧米の法規制情報の収集や発信などを実施した。2つ目は、環境に配慮した金融システム構築に向け、実験経済学の知見に基づいた経済実験を実施した。その結果、環境に配慮した投資が進捗した場合、環境価値が投資市場に内部化されることによって、予期しない株価の変動が起こることが確認された。市場を不安定にさせる要因を排除するための制度設計についての研究を継続する。3つ目は、労働者の安全向上に資する情報収集

を目的として茨城県内の中小企業を対象にリスクアセスメントに関するアンケート調査を実施した。個々の中小企業は労災発生率は高いものの従業員数が少ないゆえに年あたりの労災発生件数としては少なく、結果として自らの事業所が比較的安全であると誤認している可能性が示唆された。自事業所を安全と評価している経営者に対して安全向上のインセンティブを効果的に与える方法の開発が今後の課題として得られた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4

爆発衝撃研究グループ

(Explosion and Shock Waves Group)

研究グループ長：中山 良男

(つくば中央第5)

概要：

本グループは、固体および液体などの凝縮系の高エネルギー物質等の爆発現象の解明とそれらの爆発影響を低減化するための基礎研究を行っている。高エネルギー物質の爆発安全に関する研究では、爆発現象や爆風の減衰機構の解明を目的に、独自の数値計算プログラムを開発し、水による爆風の減衰効果の定量評価に関する研究を行った。また、低毒化ガスジェット装置用推進薬等の安全性を評価するために、推進薬が衝撃起爆される圧力の推定や爆ごう速度の測定等を行った。爆発影響評価の関係では、爆風波の密度変化を定量的に可視化する手法を少量の爆発実験に適用して、データを収集した。爆発影響の低減化に関する研究では、土堤による爆風の低減効果の評価するために、少量の爆発実験でデータを収集した。さらに、実験を再現する数値計算を実施し、土堤と爆風の干渉挙動に関する研究を行った。行政的ニーズに対応するため、室外大規模実験に参加し、新しい構造の火薬庫土堤の安全性評価、爆風や爆発破片等の爆発影響を低減化する技術の開発を行った。このほかに、材料合成関連で制御爆破による炭素系新材料の製造開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目2

高エネルギー物質研究グループ

(Energetic Materials Group)

研究グループ長：松永 猛裕

(つくば中央第5、北センター)

概要：

当グループは、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的にしている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は大きく分けて3つあり、①化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究

においては、主として外部の依頼による発火・爆発性の評価を行っている。②火薬類の有効利用に関する研究については、爆発性のある物質を含有する物の安全な処理技術、爆発を使った新材料合成等に関する研究を行う。③高制御花火の開発においては、グリーン、ミニマムエミッションをキーワードに人と環境に優しい花火を創成することを目指す。特に、落下物、煙、塩素、硫黄の低減化、および、花火用新素材の探索について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

爆発利用・産業保安研究グループ

(Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group)

研究グループ長：和田 有司

(つくば西)

概要：

本研究グループでは、火薬類等の高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施している。火薬類の安全に関する研究では、火薬庫土堤による爆発影響低減化へ向けた検討のため、種々の条件の土堤の地盤振動と飛散物影響を評価した。また、震災時に使用する人命救助用の新しいミニプラスティング技術の開発、爆発影響評価の数値解析で重要となる爆轟ガスの状態方程式に関する研究を実施した。高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、半導体産業などで利用が拡大している支燃性ガスおよび代替フロンとして着目される微燃性冷媒の爆発危険性評価、化学プラント等における爆発影響予測手法の開発、水素供給用導管の安全な水素への置換方法の調査、LP ガス自動車用ドーナツ型容器や可燃性冷媒を使用した空調機の火炎暴露試験等を実施した。産業保安に関する研究では、リレーショナル化学災害データベース(RISCAD)の継続的な運用、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法 PFA の普及活動、安全基盤と安全文化からなる保安力評価項目と事故原因との関連性分析等を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

素材エネルギー研究グループ

(Material and Energy Sustainability Assessment Group)

研究グループ長：玄地 裕

(つくば西)

概要：

持続的発展可能な社会に向けて、素材、エネルギーの利活用に関するあるべき方向の提言を導く研究を以下の2つのテーマを中心に遂行している。

① 素材、エネルギーの持続可能な利活用評価

バイオマス起源の素材、エネルギーをはじめとする社会での利活用に対し、ライフサイクルアセスメント、システム分析、アンケート・聞き取り調査などを通じて環境、経済、社会等の側面から評価を行っている。平成25年度は、未利用の国内の木質、草本資源等を原料とした新規素材の可能性、タイにおける自動車燃料としての適合性を評価した。

また、東アジア地域における持続可能な再生可能エネルギーのあり方を検討するために、各国で実施されている特徴的な小規模再生可能エネルギー事業のレビューを行い、持続可能な形態で事業を運営するために留意すべき要件を抽出した。

- ② 低環境負荷技術・行動による環境改善効果の評価
環境負荷低減技術・行動のライフサイクルを考慮した環境影響評価に必要な要素研究を進め、環境影響や受容性を定量化することを試みている。平成25年度は、低環境負荷技術の経済評価のために発展途上国での大気汚染に対する経済価値について分析を進め、経済価値に対してどの様な要因が影響を与えるかについて定量的な分析を行った。さらに、環境負荷を低減させる行動と経済的な負担、利便性に対するトレードオフについての検討を開始した。

研究テーマ：テーマ題目4

社会と LCA 研究グループ

(Advanced LCA Research Group)

研究グループ長：田原 聖隆

(つくば西)

概要：

新たな技術や政策の導入に対して、その影響を評価することは必要不可欠であるが、現状では直接的な影響の定量評価に留まっている。間接的な影響も含めた、統合影響評価モデルを構築する必要がある。そこで、本研究グループでは、産業への影響（産業構造変化など）と、社会（消費者）への影響を分析するモデルをそれぞれ作成し、それらを用いて統合影響評価モデルを完成させることを目標としている。産業への影響は、サプライチェーン分析やマテリアルフロー分析（MFA）によって評価し、消費者への影響は、消費者行動分析によって評価する。最終的に、産業影響、社会影響モデルを統合し、産業戦略や政策評価に活用できるものにする。本年度の具体的な研究成果は、統合影響評価モデルで基盤となるインベントリデータベース（IDEA ver. 2）および、産業影響評価用データベース（IDEA マトリックス）の構築を行った。IDEA マトリックスは、既存の IDEA に生産量の情報を付加することで、我が国全体の物質のやりとりが記述できるものである。このマトリックスを用いて単位プロセスデータの見直しを実施した。また、水資源消費や土地利用の影響を評価するためのデータを拡充

し、英語マニュアルを作成した。新バージョンを日本語版/英語版を同時にリリースする。環境影響評価手法の開発では、ETH Zurich、CIRAIG、TU Berlin など海外機関と協働し、水消費による健康被害評価モデルの更新、および生態系サービスへの影響評価モデルを開発した。また、環境影響評価手法に関する国際的合意形成を目指す UNEP/SETAC の協働プロジェクトにおいて、海外のステークホルダーと共に評価手法の課題抽出と今後の手法開発について議論し、イニシアティブ獲得に向けた活動も実施した。また、資源供給リスクを表すクリティカルリティを主な金属について算出し、都市鉱山の利用可能性を考慮した資源循環戦略の枠組みを提示した。研究成果や研究に用いたインベントリデータベースやソフトウェア、手法、指標などは、論文、HP、ソフトなどにより公開し、ライフサイクル思考だけではなく、リスク評価、ハザード評価などを用いた持続的発展可能な社会構築における環境や安心安全に関する基盤技術として蓄積を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

【研究代表者】 蒲生 昌志（リスク評価戦略グループ）

【研究担当者】 蒲生 昌志、本田 一匡、岸本 充生、五十嵐 卓也、藤田 克英、小倉 勇、篠原 直秀、江馬 眞、張 貴華、斎藤 英典、カザウイ 理香、福井 浩子、蒲生 吉弘、篠塚 るり、鈴木 貴子（常勤職員7名、他8名）

【研究内容】

今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指し、その一つの適用事例として、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行っている。ナノ材料は、その新規な物理化学特性のため、様々な科学技術分野における技術革新をもたらすものと期待されている一方、ナノスケールのサイズに由来する新規のリスクをもたらすという懸念もある。平成25年度は、以下の研究・活動を実施した。

① 効率的な有害性評価のための手法開発

ナノ材料は極めて多様なものが存在し、また、今後も開発・市場化されると考えられることから、効率的な有害性評価の枠組みが必要とされている。そのために、産総研内の他ユニット、外部の大学や研究機関と連携して、下記の2つを柱とする研究プロジェクトを開始した；1）有害性の観点から同等と見なせるナノ材料をグループ化するための考え方（同等性判断基準）を構築すること、2）気管内投与試験を、呼吸器系への有害性に対するスクリーニング試験として確立すること。その中で、安全科学研究部門は、ナノ材料

の体内動態と影響に関する数理モデルの開発を行う。

平成25年度は、複数の酸化ニッケルナノ材料について、臓器中のニッケル分析により、静脈注射後と気管内投与後の体内動態を明らかにした。また、二酸化チタンナノ材料での試験結果に基づいて、1) 肺からのクリアランスや主要臓器間の分配に関する数理モデルを作成し、2) 有害性や体内動態に関する材料間比較を行うとともに物理化学的特性との比較を行った。さらに、二酸化チタン粒子の気管内投与後の肺組織中の分布を蛍光 X 線分析により定量化し、マクロファージ浸潤の局在の様子と比較した。

② 事業者による簡易自主安全管理技術の開発

事業者自らが安全性評価を実施することを可能とするため、ナノ材料製品のカーボンナノチューブ (CNT) 等について、培養細胞試験による簡易な有害性評価技術、及び、模擬排出試験や簡易な暴露評価手法からなる簡便な作業環境暴露評価手法を要素技術として開発を進めている。

平成25年度は、これまで開発してきた手法をまとめて、「カーボンナノチューブの安全性試験のための試料調製と計測、および細胞を用いたインビトロ試験の手順」と「カーボンナノチューブの作業環境計測の手引き」を公開し、プレスリリースを行った。また、CNT の含有状態が異なる製品の切削時と摩耗時に飛散する粒子を計測した。NanoSafety ウェブサイトにおいて、重要な法規制動向について6件の記事を発信し、200件以上の速報を流した。

③ 長繊維カーボンナノチューブの有害性評価

繊維の長いカーボンナノチューブの有害性を確認する目的で、ナノシステム研究部門、ナノチューブ応用研究センター、計測フロンティア研究部門と連携し、生体毒性が低い界面活性剤を使用して長繊維状態を保存した分散液を作成し、気管内投与試験によるラットに対する有害性評価を実施した。長期観察試験の途中である。

④ 国際発信と協力

OECD WPMN (工業ナノ材料作業部会) の活動に貢献した。具体的には、体内動態に関する専門家会合での発表、細胞毒性試験のパリテーション活動への参加、グループ化/同等性/類推に関する各国状況のアンケート調査の主導を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ナノテクノロジー、ナノ材料、リスク評価、有害性評価、暴露評価、リスク管理、カーボンナノチューブ

[テーマ題目2] フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

[研究代表者] 匂坂 正幸 (総括研究主幹)、
緒方 雄二 (総括研究主幹)

[研究担当者] 匂坂 正幸、緒方 雄二、角館 洋三、
中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、
杉山 勇太、松永 猛裕、薄葉 州、
秋吉 美也子、岡田 賢、和田 有司、
久保田 士郎、椎名 拓海、高橋 明文、
松木 亮 (常勤職員16名)

[研究内容]

火薬類等の高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、野外爆発実験や火炎暴露実験などのハザード評価に関する研究、基盤となる計測技術の開発に関する研究、産業保安力向上のための研究を柱として広範囲な研究を行っている。平成25年度は主に下記の研究開発を行った。

① 爆発影響低減手法の検討

水による爆風の低減効果を評価して、爆風と水の相互作用を理解するために、アクリル樹脂製の地下式火薬庫モデルを作製し、水あり、水なし条件において爆薬を爆発させて、モデル内部の高速度カメラ撮影やモデル周囲の爆風を計測する実験を行った。その結果、両条件における爆発生成ガスの膨張の違いから、発生した爆風がモデル内で水との反射を繰り返すことが爆風圧低減化に寄与すると推測された。また、爆薬の周囲に障害物を配置した場合の爆風の低減効果を評価するため、独自の数値計算プログラムを開発し、爆風の伝播と障害物の影響を検討した。その結果、爆風低減効果に対して数値計算は過去に行われた実験の再現に成功し、障害物内部を伝播する圧力波の挙動を解明した。火薬庫土堤による爆発影響低減化へ向けた検討では、実験室内および野外での爆発実験を実施して、土堤の片側の勾配を垂直とした土堤 (片側垂直土堤) の技術基準検討に資するデータの蓄積と、時間降雨量 100mm 超の状況でも、土堤の機能が維持できるような土堤の表面保護手法の評価を行った。

② 爆発性物質の発火・爆発危険性の解明

化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成を爆発現象の基礎的知見に基づき高度化させることを目的とした。

今年度はシュウ酸銀、蟻酸銀などの銀化合物について危険性を詳細に調べた。これらの銀化合物は爆発性が高いために物性がほとんど知られていない。特に窒化銀については 1mg でも容易に爆発するため取り扱いが困難であるが、窒化銀が生成する条件を特定することができた。また、発熱分解エネルギーの測定法の標準化については制定した JISK4834:2013 を基に流通している火薬類の計測を行った。

③ 起爆・爆轟過程のモデリングに関する研究

爆発被害予測のためには、爆轟生成ガスの状態方程式が重要であり、そのパラメータセットは初期密度毎

に異なる。本研究では、真密度の状態式情報を用いた反応流れシミュレーションから任意の初期密度に適用できるパラメータセットを構築する手法を提案した。今年度は提案した手法の妥当性を検証するための爆轟速度測定実験を実施し、測定誤差が0.3%程度となる精度の高い測定手法を確立した。

④ 産業保安力向上のための研究

産業保安力向上のための研究では、事故情報を事故防止に活用するためにリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）の継続的な運用を行い、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法 PFA の普及活動を行った。また、安全文化と安全基盤からなる保安力評価項目と最近起きた大きな化学事故の原因との関連性の分析や保安力評価データ収集のためのデータベースシステムの開発を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 火薬類、火薬庫、保安距離、行政ニーズ、安全性評価、爆風圧、可視化計測、BOS 法、環境低負荷、爆破解体、破碎デバイス、電子制御、破壊実験、ナノリスク、粉塵爆発、混合液化ガス、液体酸素、液体酸素濃度、光吸収、高圧ガス、可燃性ガス、支燃性ガス、微燃性冷媒、爆発影響評価、リレーショナル化学災害データベース（RISCAD）、事故分析手法 PFA、保安力評価、安全文化

〔テーマ題目3〕 リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

〔研究代表者〕 恒見 清孝

（物質循環・排出解析グループ）

〔研究担当者〕 東野 晴行、蒲生 昌志、岸本 充生、梶原 秀夫、堀口 文男、林 彬勲、小野 恭子、井上 和也、石川 百合子、牧野 良次、内藤 航、篠崎 裕哉、加茂 将史、布施 正暁、竹下 潤一（常勤職員15名）

〔研究内容〕

化学物質間のリスクトレードオフ評価の成果発信を行うとともに、暴露解析ツール、有害性推論ツール、リスク評価管理手法等のリスクの定量的評価技術の向上をめざした。

- ① 消費者製品に含まれる化学物質暴露評価手法の開発
室内環境下において消費者製品に含まれる化学物質に対する現実的な暴露評価を可能とすることを目的として、1) 暴露評価に必要な製品に関するデータの収集、2) 製品から媒体への排出移行速度推定手法開発、及び3) 暴露量推定手法の開発を実施した。収集したデータ及び開発した手法を取りまとめ、吸入、経皮、及び経口暴露評価に関するガイダンス文書を作成した。

従来から開発を進めてきた濃度の時間変化と世帯分布が再現できる室内濃度推定モデルを完成し、短期暴露対応の室内暴露評価ツール iAIR ver.1.2sβとして公開した。

② 環境動態モデルの機能向上

大気モデル ADMER については、評価期間を従来の1か月から4時間に詳細化しワーストケースの抽出機能等を搭載したプロトタイプを開発した。河川モデル SHANEL については、水質事故時に対応するため空間解像度を従来の1km から250m メッシュに、時間解像度を月単位から日単位へ詳細化を行った。また、河川モデルから海域モデルへのデータ受け渡しのための出力フォーマットの統一と Google Earth 等を用いた表示機能の改善を行った。海域モデルの開発の一環として、東京湾内における放射性物質の環境中濃度と魚類体内濃度の実測調査を昨年引き続き実施し、現地検証データの調査・解析を行った。

③ 有害性推論モデルの確立

ヒト健康に関する有害性評価に用いる動物試験データについて、異なる試験期間（亜急性と亜慢性）を相互に換算するための係数を主要臓器ごとに算出し、従来の換算係数と比較した。生態影響については、主に金属について、水質と生物利用可能性の関係を解析し、国内魚種への有害性補正の手法を確立して推論手法の適用範囲を拡大した。また、個体群評価のための魚類生活史パラメータを収集した。さらに、生態リスク評価ツール MeRAM0.9.12を安全科学研究部門ホームページ上に公開した。加えて、複数の金属や化学物質に同時に暴露した場合（複合暴露）の有害性影響の評価のために、情報収集と概念整理を行った。

④ アジア対応暴露解析の開発

衛星夜間光強度データを用いて環境排出量の空間割り振り手法を開発し、中国とベトナムの不法リサイクルによる汚染地域を特定することに成功した。アジア各国の暴露濃度推定の感度解析を行い、土壌から植物への移行パラメータが最も重要な要因であることを示した。中国の数カ所で異なる移行パラメータを設定したプロトタイプモデルでヒトの鉛暴露量推定を行い、既報の血中鉛濃度の実測値と比較した結果、1/2～2倍の範囲で一致した。

⑤ 低頻度大規模災害のリスク評価手法開発

プラント事故による有害化学物質と原発事故による放射性物質の漏洩、拡散および避難範囲等を推定するサブシステムを開発した。日本全国で把握されている震源における地震に伴う建物と人的被害、および地震の発生確率を考慮した建物全壊と死亡リスクを1kmメッシュ分布で示すサブシステムを開発した。各サブシステムにより開発された手法、あるいは検討結果を搭載した総合リスク評価システムのプロトタイプソフトウェアを構築した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 消費者製品、暴露解析、有害性推論、サブスタンスフロー、環境動態モデル、アジア対応

〔テーマ題目4〕 新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

〔研究代表者〕 玄地 裕（素材エネルギー研究グループ）

〔研究担当者〕 玄地 裕、田原 聖隆、本下 晶晴、河尻 耕太郎、畑山 博樹、工藤 祐揮、野村 昇、岸本 充生、本田 智則（常勤職員9名）

〔研究内容〕

社会システム（新規技術・政策）の導入による環境・経済・社会への直接的な影響だけではなく、人間の生活行動を考慮した最適なシステム導入やそれに伴う産業構造など、社会全体に波及的に生じる間接的な影響まで、動的かつ包括的に評価することが求められている。そこで、ライフサイクル評価手法の研究開発として、社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、システム全体が与える新しい影響領域を評価する手法の検討を通じ、普及の見込まれる新規社会システムの影響評価手法を開発する。本研究課題では、持続的発展可能な社会を目指す際に必要となる社会システムの実現に寄与することを目的に研究を実施している。本年度は、①環境負荷原単位データベース IDEA の拡充 ②新たな影響領域の評価手法開発 ③素材／資源フロー解析を実施した。

① 環境負荷原単位データベース IDEA の拡充

地球環境問題など環境側面の定量化手法として、LCA は必須の概念である。LCA において環境負荷を求めるためにはインベントリデータが必要不可欠となる。本課題では、商品を網羅し、信頼性を確保したインベントリデータベース IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis、2008年開発開始）の開発を行っている。今年度は、新たな影響領域に対応するため、水消費や土地利用の影響評価のためのインベントリデータを拡充した。データベースのマニュアルの翻訳を実施して、海外へのリリースへの準備を行った。また、産業間の連鎖構造分析を行うために必要な産業マトリックスデータの構築を実施した。

② 新たな影響領域の評価手法開発

新規社会システム導入に関わる多様な影響評価に対応するため、従来からの影響評価手法では対応していない新しい影響領域として水資源消費、および土地利用による生態系サービスへの影響に対応した評価手法の開発・精緻化を進めた。水資源消費に伴う影響評価手法として、人間健康被害（感染症、栄養失調）および生態系サービス（一次生産）に関する影響評価係数

リスト（人間健康：世界166カ国、生態系サービス：世界160カ国に対応）を作成した。人為的土地利用の影響評価手法では、代表的な4種類の生態系サービス（洪水調整、水供給、一次生産、炭素貯留）を対象として世界全体を対象としてメッシュスケールで評価するモデルのプロトタイプを開発した。

③ 素材／資源フロー解析

金属資源の循環利用の促進のためには、資源需要とリサイクル資源の利用可能量の将来推移をマテリアルフロー分析で明らかにした上で有効な技術開発を進める必要がある。そこで、約40の国について構築した鉄鋼のマテリアルフロー分析モデルを用いて、大規模市場である中国での自動車鋼板のリサイクルの促進に有効な技術開発を2050年までの導入時期別に示した。自動車鋼板のリサイクルでは、不純物である銅に対処する技術開発としてシュレッター時の銅除去、銅製部品の自動車への不使用、電炉プロセスにおける銅許容濃度の上昇が取り組まれている。この中で、銅許容濃度の上昇は2050年までを通じて大きなリサイクル促進効果を得られるのに対して、他の2つの技術は2030年頃までは得られる効果が不十分であることを定量的に示した。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 LCA、インベントリデータベース、産業マトリックス、消費者行動、バイオマス、土地利用、水資源

2) ライフサイエンス分野

(Life Science and Biotechnology)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：湯元 昇

副研究統括：織田 雅直

概要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

ライフサイエンス分野研究企画室

(Life Science and Biotechnology)

所在地：つくば中央第2

人員：8名（6名）

概要：

産総研として特色ある研究の方向性や、開発技術を社会に還元することを意識し、ライフサイエンス分野の研究資源の最適配置をはじめとした研究管理を行っている。

具体的には、当該分野における研究方針、研究戦略、予算編成等の策定。研究プロジェクト立案や調整。研究分野をまたがる融合研究の立案や調整。BioJapanやJST 新技術説明会などを始めとする各種イベント出展に対する立案や出展テーマの調整。見学、視察対応。新規採用・任期付研究員のパーマメント審査に関する業務など。

平成25年度は、通常業務に加えて例として以下のような業務を行った。

1. 糖鎖創薬技術研究センター及びゲノム情報研究センター設立に向けた立案と関連作業
2. 動物飼育施設の運営、集約に関する検討
3. アジア諸国（インドネシア、インド、中国、韓国）との連携強化に向けた立案、調整
4. 産総研戦略的融合研究事業（STAR）「革新的創薬推進エンジン開発プログラム（LEAD）」の研究及び予算の管理、調整

機構図（2014/3/31現在）

[ライフサイエンス分野研究企画室]

研究企画室長 田村 具博 他

[生物資源管理グループ]

グループ長 大和田 一雄 他

②【糖鎖医工学研究センター】

(Research Center for Medical Glycoscience)

(存続期間：2006. 12. 1～2014. 3. 31)

研究センター長：成松 久

副研究センター長：後藤 雅式

所在地：つくば中央第2

人員：7名（7名）

経費：546,540千円（299,078千円）

概要：

「研究目的」

糖鎖遺伝子の網羅的発見、糖鎖合成技術、糖鎖構造解析技術の3大基盤技術を開発し、糖鎖科学の幅広い分野において、さらなる基礎的発見・発明を積み重ねるとともに、それらを産業化へ応用する努力を行い、世界的な糖鎖科学研究中枢としての基盤をさらに強固なものとする。

ポストゲノム研究としてプロテオーム研究が隆盛を極める中、タンパク質機能の発揮には翻訳後修飾が重要であることにより多くの研究者が気づき始めた。タンパク質は、リン酸化、メチル化、硫酸化、そして糖鎖付加などの翻訳後修飾を受けて初めて成熟した機能を持つようになる。その中でも最も複雑な過程が糖鎖修飾である。ゲノム配列が解明され、生命の神秘に迫ったとされたが、かえって新たな謎の存在をクローズアップさせることになった。それが糖鎖である。生体内の多くのタンパク質は糖鎖修飾を受けているが、糖鎖はタンパク質の機能を制御する重要な要素である。生体内で働いているタンパク質の機能を解明し、利用するため、糖鎖とタンパク質を一体として解析するグライコプロテオームにより明らかにされる、すなわちタンパク質部分は同一であっても付加する糖鎖構造が異なる分子「糖鎖修飾異性体」の概念を基本として研究全体を推進する。

糖鎖科学は、ポストゲノム研究において我が国が優位に立っている数少ない分野の一つであることから、当研究センターはこれまでの糖鎖研究資産を生かして、産業化に繋がる糖鎖医工学研究を実施することで、国際的な糖鎖研究のネットワークにおける中核的拠点として研究開発の推進に貢献することを目指している。

「研究手段」

既に終了した NEDO 糖鎖関連遺伝子ライブラリー構築プロジェクト（以下 GG プロジェクト）、糖鎖エンジニアリングプロジェクト（以下 SG プロジェクト）、糖鎖機能活用プロジェクト（以下 MG プロジェクト）において中核的研究機関としての役割を果たし、外部からも高く評価される実績を上げてきた。本年度はプロジェクトの成果の社会還元を最重点課題として捉え、がんなどの糖鎖関連マーカーの実用化に向けた企業共同研究に注力した。肝疾患マーカー開発に関しては、厚生労働科学研究費を獲得し、17医療機関とともに有効性試験を実施している。また、本課題における上海交通大学との連携については理事長戦略予算を使用した。糖鎖疾患バイオマーカーの探索に必須である臨床試料については引き続き入手に努め今では産総研ライフの貴重な財産となりつつある。B型肝炎ウイルス（HBV）の感染過程における糖鎖の役割解明と新規治療薬の開発を目指し、厚生労働科学研究費を獲得・実施した。本課題では、肝疾患や HBV 作製・感染実験を専門とする肝臓グループと糖鎖機能解析技術を開発・実用化して来た糖鎖医工学研究センターとの協力体制（補完的医工連携体制）により、これまで培った技術を医用応用へと展開している。産総研の第3期研究戦略で掲げている、糖鎖を指標とした生体分子による疾病の診断システムの開発については、早期診断による予防医療を実現するための基盤技術開発によるライフ・イノベーションの実現を目指し、とくに迅速計測システムの開発の点で実用化を進めた。具体的な研究課題は以下に掲げる。

「生体反応の分子メカニズムの解明によるバイオマーカーの探索と同定」は、NEDO MG プロジェクト以来の中心課題として、糖鎖関連の主要な疾患である、がん、免疫、生殖医療などを中心に、産業上有用なバイオマーカーの発見を目指して以下の研究を継続推進している。以下、共同研究企業名については割愛する。

- 1) がんの悪性度の指標となる糖鎖構造及びその糖鎖の担体となる糖タンパク質を探索し同定する。糖鎖構造、糖タンパク質を鋭敏に検出する技術を開発し、がんの早期診断や治療方針決定を可能にする技術を開発している。
- 2) 免疫異常の原因となる糖鎖構造、糖タンパク質を探索し同定する。特に IgA 腎症は全腎臓病の約半数を占める患者数の多い重篤な疾患であるが、糖鎖不全との関係が示唆されている。病気の原因究明、診断法の確立、有効な治療法の開発を目指している。
- 3) 生殖医療では、精子、卵子の成熟に糖鎖が関与していると考えられ、糖鎖機能不全により不妊が起きると推測している。その原因究明、バイオマーカーの発見、最終的には不妊診断、治療への道をつける。

上記の疾患別研究開発を推進するために必要な技術開発項目を以下に掲げる。

- 1) 産業上有用な機能を有する糖鎖を生体試料から高効率に分画、同定する技術を確立し、糖鎖マーカーを開発している。
- 2) これに付随して糖鎖マーカーの精製や診断用糖鎖構造解析等に供される新たな装置（自動エンリッチメントシステム）を開発している。
- 3) 疾患の進行に伴い構造変化する糖鎖マーカーは生体内の重要な機能と結びついている可能性が高いため、発見された糖鎖マーカーの生物学的機能を解析することは、疾患の治療手段の開発に繋がる。
- 4) 質量分析計、レクチンアレイによる構造解析技術の改良に加え、より鋭敏で簡便な基盤技術を開発している。
- 5) 糖鎖認識プローブの高機能化研究を行い、高感度検出系の実現を目指している。

また、科研費などを中心に、糖鎖の機能解析を進めてきた。糖鎖改変細胞・動物を使用し、グライコプロテオミクス解析ならびに表現型の変化を解析することで機能解析を行う。幾つかの糖鎖遺伝子欠損マウスおよび細胞を用いてその糖鎖キャリアを解析し、分子群のリストアップを行っている。

一方、散在している糖鎖関連データベースを統合することで、より有益なデータベースへと進化させることができる。糖鎖関連データベースに関しては、産総研が中心となり、国内の統合化を進めるだけでなく、活動範囲をアジアに拡張している。すでに、糖転移酵素データ（GGDB）、MS スペクトルデータ（GMDB）、レクチン結合データ（LfDB）、糖タンパク質データ（GlycoProtDB）、糖鎖合成データ、糖鎖構造などの糖鎖データベース化を進め、ユーザーに利用されやすいように、他研究機関の糖鎖関連データベースを含め、糖鎖統合データベース（JCGGDB）の構築および公開を行っている。

「方法論等」

研究センター内での全チームの共同研究体制を最重要視している。チーム間の壁がほとんどない「研究センター全体が一つのチーム」体制により、一丸となって研究を推進している。

本研究センターの特徴として連携戦略班を設置している。本格研究を推進するためには、今まで蓄えた知財・研究リソース（遺伝子、細胞、モデル動物、解析装置、データベース等）は既に膨大な存在となっており、それを無駄なく有効に活用する新たな仕組みが必要であり、プロジェクトを推進すると同時に、成果普及を別のマネジメントで行っている。特に、独立行政法人工業所有権情報・研修館、発明推進協会との連携で知財プロデューサーを派遣してもらい、出願支援、使用許諾及び共同研究など企業等との契約支援、知財

マップ作成など、プロジェクト成果の知財の戦略的な管理、運用を行っている。また、良好な研究環境を構築するためにリスク管理は重要であり、安全講習として、RI 実験実施要領、ヒト由来試料実験倫理、組み換え DNA 実験取り扱い要領、微生物実験取り扱い要領について、さらに知的財産と特許、論文/学会発表における承認基準、産学官連携と各種事業、研究者行動規範など、連携戦略班により研究センター内での独自の教育を行っている。コンプライアンス管理活動として、研究センターは、社会の中で活動している存在であり、研究者以外にさまざまな人々が周囲にいて、それぞれ異なった価値観をもって見られていることを理解することに努めている。真に生命科学や糖鎖科学の進展に貢献するかを厳しく吟味し、研究者が情熱を持って取り組んでいる課題や萌芽的研究は、その実施を積極的に支援している。

内部資金：

融合・連携推進予算「筑波大・企業三者連携による創薬支援技術の開発」

融合・連携推進予算「上海交通大学との連携ラボを活用した国際共同研究支援事業」

重点研究加速予算「がんバイオマーカー認識プローブの製品化」

25年度戦略予算（第2次採択課題）「膵臓癌治療用の低侵襲手術デバイスの開発」

産総研戦略的融合研究事業（STAR）「革新的創薬推進エンジン開発プログラム(LEAD)」

外部資金：

独立行政法人 科学技術振興機構 ライフサイエンスデータベース統合推進事業「糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業」

独立行政法人 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム「半導体素子を用いた肝線維化センサーの開発」

独立行政法人 科学技術振興機構 復興促進プログラム「糖タンパク質の糖鎖品質を全自動で定量評価できる省エネ・省スペース型装置の開発」

厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金 難病・がん等の疾患分野の医療の実用化研究事業 「肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化」

厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金 平成24年度厚生労働科学研究費補助金（B型肝炎創薬実用化等研究事業）「B型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「糖鎖遺伝子改変マウスを用いたコア3型 O-結合型糖鎖の生体内機能解析」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 A「糖鎖機能の統合的理解を目指した糖鎖改変マウスの N-統合グライコプロテオーム解析」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討」

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ組織細胞交互作用の解明」

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究「プラズマ医療科学創成に関する総括研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究B「糖鎖による細胞表面生体分子の機能の調節・制御機構の解明」

農林水産省（帯広畜産大学）農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究」

経済産業省 受託研究費 「平成25年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化））」

財団等受託研究費 国立大学法人京都大学 「インビボ評価（病理学的解析）」

独立行政法人 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム「半導体素子を用いた肝線維化センサーの開発」

発表：誌上発表13件、口頭発表44件、その他14件

マーカー探索技術開発チーム (Functional Glycoproteomics Team)

研究チーム長：成松 久

(つくば中央第2)

概要：

1) 糖鎖関連バイオマーカーの開発

これまでに3つの NEDO プロジェクトを遂行し、糖鎖遺伝子プロジェクトでは、生体内で糖鎖合成の担い手である糖鎖遺伝子を網羅的にクローニングし、糖鎖構造解析プロジェクトでは、質量分析装置とレクチンを用いて糖鎖の構造解析が可能になった。それらの基盤技術を背景に、糖鎖機能活用プロジェクトでは糖鎖関連バイオマーカーの開発と生体内での糖鎖機能の解明に取り組み、いくつかの臓器のがんにおけるバイオマーカー候補分子を多数見出している。糖鎖関連バイオマーカーの基本となる考え方は、「修飾異性体」の検出である。細胞の分化やがん化に伴い糖鎖構造が大きく変化することは以前より知られていた。疾患においては、同じタンパク質であっても、産生する細胞の状態によってその糖鎖構造が異なることが予想される。我々はこのような根元のタンパク質部分は同じであるが、糖鎖構造が異なる糖タンパク質を修飾異性体と呼んでいる。糖鎖関連バイオマーカーの開発では、グライコプロテオームの概念に基づき、疾患に関連して変化した糖鎖構造をキャリアしているタンパク質を同定し、その糖鎖構造とタンパク質の両方を特定した検出システムを構築することで、特異性の高い疾患マーカーの開発を目指している。肝臓がん・肺がん・大腸がん・膵臓がん・卵巣がんなど数十種類の各種がん由来培養細胞や患者由来生体材料を用いて、がんに関連した糖鎖構造変化を同定し、それら糖鎖のキャリアータンパク質を生化学的手法・レクチンマイクロアレイ・質量分析・IGOT 法、糖鎖遺伝子発現プロファイル解析を用いて数多く同定した。5種類の臓器のがん（肝細胞がん、胆管がん、卵巣がん、肺がん、前立腺がん）のグライコプロテオミクス解析から得られたマーカー候補分子に対して、生化学的なスクリーニング解析を行い、候補分子のマーカーとしての有用性について検証した。この過程で当初の数百種類の候補分子の中から先行して、数種類程度までの候補の絞り込みを行った。これらのマーカー候補分子のうち、一部に関しては、タンパク質分子に対するモノクローナル抗体の作製を系統的に進めた。また、並行して入手可能な市販抗体などを用いた各種検証を進めた。その結果、胆管がん、肝細胞がん、卵巣がんの候補分子のうち、有用と思われた候補分子に関しては、糖鎖構造変化を検出するレクチンと候補分子のサンドイッチ ELISA 検出システムを構築することで迅速化にも成功した。これを用いて患者由来の臨床検体を用いて解析し、その有効性を検証した（少数検体によるバリデーション解析

の実施)。さらに胆管がんや肝細胞がんの一部の候補分子に関しては、当該システムを用いて、より多検体での検証試験の実施を行う予定である。

肝疾患マーカーでは、先に同定済みの肝疾患マーカー候補分子群について、レクチンクロマトグラフィー、免疫組織学的解析、レクチンアレイ解析等の糖鎖解析技術を応用し、血清マーカー候補分子を絞り込んだ。さらに、絞り込まれた候補分子である WFA 結合性 CSF1R (WFA⁺-CSF1R) を検出するためのサンドイッチアッセイ系を開発し、少数検体レベルでの、血清を用いた正当性検証試験を行った。統計解析の結果、高値群においては肝硬変患者の予後発癌率が高く、生存予後も不良であることが明らかになってきた。CSF1R の局在と、WFA の標的糖鎖の局在を患者肝組織切片の染色により検証した。2種類のプローブによる染色領域は（結節周辺部にて）ほぼ重なっていた。今後さらに多数症例の肝細胞がんマーカーの開発では、既存マーカーである AFP とは異なる（取り逃がしている）患者群を囲い込むことが出来る、新規の糖鎖バイオマーカーの開発を試みている。肝細胞がん培養液より、レクチン-IGOT-LC/MS 法で数百種類のプローブレクチン反応性の糖タンパク質を同定し、さらにバイオインフォマティクス解析にて候補の絞り込みと優先順位付けを行った。また、少数の患者血清を用いて正当性検証を行った。現在正当性試験の結果の解析を進めているところである。

卵巣がんマーカー開発では臨床施設との共同開発体制を確立した。現在開発中のマーカー WFA レクチン結合性セルロプラスミン (WFA⁺-CP) に関して、サンドイッチ ELISA による検出系を樹立、卵巣がん患者腹水および他の婦人科疾患腹水での検証試験を実施した。その結果、他の婦人科疾患（子宮体がん、子宮肉腫、子宮筋腫、子宮内膜症）と比較して卵巣がんでは有意に高値を示した。また、WFA⁺-CP は現行マーカーである CA125 よりも特異度が高いことが明らかとなった。さらに実用化を目指し、企業と連携して高感度の検出キットの開発を進めている。並行して、マーカー検出に特化したプローブの開発も行っている。また、別途同様の戦略で臨床ニーズの高いマーカー開発を各臨床機関と共同して開始した。予備的な解析ではがん性糖鎖変化を捉える新たなレクチンを選抜しており、今後新規マーカー開発に繋がることが期待できる。肺がんでは糖鎖バイオマーカー候補分子をプローブにて分画し、がん特異的な変化を起こしているかどうかの確認も行った。さらにサンドイッチ ELISA 検出系での、少数の臨床検体による検証が可能かどうかを検討している。また、新たに組織レベルでの解析も行うことで、新たな有用分子の探索も進めている。

2) 半導体素子を用いた肝線維化センサの開発

本研究では半導体を用いて糖タンパク質を高感度

で検出する安価なセンサを開発し、疾患の早期診断を促進することを目的とする。ゲート絶縁膜 (HfO_2 、 SiO_2 等) へのプローブ (レクチン・抗体) の固定化プロセスの開発のために、まずはモデル糖タンパク質マーカー分子の検出系構築のための準備として、モデル糖タンパク質マーカー分子を選定し、分子モデリングを行うことで、予定するサンドイッチアッセイ系のシミュレーションを行った。その結果から、センサでの検出が可能であると予測し、それらの糖タンパク質マーカー分子を検出するための適切なプローブ (レクチンや抗体) を選定・評価した。共同研究機関である筑波大学にて基本的な半導体キャパシタセンサ (電気化学セル) の動作確認が出来たため、捕集プローブ (レクチンあるいは抗体などのタンパク質) をセル表面へ固定化するための方法の検討を、筑波大と共同で行った。典型的な反応系であるアビジン-ビオチン系をモデルとして用い、センサの特性の評価を行った後、プローブである抗体を機能化した基盤表面に結合させ、抗体と糖タンパク質分子との結合を検出することが可能かどうかを検討した結果、抗体へのタンパク質の結合によって電気的なシグナルが得られた。

3) 糖鎖遺伝子ノックアウト (KO) マウスの作製と解析

これまでの糖鎖の機能解析の多くは、糖鎖改変細胞を用いた細胞生物学的な解析である。糖鎖の担う重要な生体機能の1つは細胞間コミュニケーションであり、生体内でそれを解析するためには糖鎖合成に関連する糖鎖遺伝子を改変した糖鎖改変モデル動物を作製することが必要である。現在までにおよそ200種類の糖鎖遺伝子が報告されているが、我々は糖鎖遺伝子プロジェクトで新規に見出された遺伝子の中で、がん化により遺伝子発現が変化するもの、組織特異的に発現するもの、*in vitro*で機能性糖鎖を合成する糖転移酵素をターゲットにして KO マウスを作製した。具体的には Le^x (SSEA-1) を合成する FUT9、正常大腸に発現し、がん化により消失するコア3合成酵素、糖タンパク質ホルモン特異的な糖鎖の合成酵素、グリコサミノグリカン合成酵素、ポリラクタミン合成酵素などである。これらの KO マウスは個体数が確保できたのから順次、生化学的解析、病理解析などの機能解析に移っており、いくつかのマウスではがんの発生する頻度が高いなどの表現型が見出されている。これらのマウスを用いて、疾患において糖鎖が関連する分子メカニズムの解明を進めている。また、糖鎖は特定のタンパク質に付加された時に糖タンパク質として特有の生体機能を発揮するため、どの糖鎖がどんなタンパク質に結合しているかを知ることが重要である。 Le^x や LDN、ポリラクタミン糖鎖を保有しているタンパク質群

をグライコプロテオミクス技術により大規模同定し、糖鎖遺伝子 KO マウスを用いた構造変化、機能変化の検証を進めている。

4) ポリラクタミン (PLN) 合成酵素遺伝子ノックアウトマウスの解析:

基幹的糖鎖構造の一つである PLN 鎖合成に関与する2系統の KO マウスに関して、免疫系の表現型を中心に解析を行っている。PLN 糖鎖の発現に関する基礎的な知見に関しては、未だ不足していると考えられるため、PLN 糖鎖のキャリア分子の同定を試みている。まず、PLN キャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系 (レクチンアフィニティーなどによる捕集の系) の構築を行っている。培養細胞株 (HL60細胞) を用いて検討した結果、得られた分子情報には、既報で PLN キャリアであることが報告されている分子を含んでいることが明らかとなった。そこで、野生型マウスを用いて、グライコプロテオーム解析技術により、ポリラクタミン糖鎖のキャリア分子を網羅的・ハイスループットに同定するための系の構築 (捕集用レクチンを選定し、このレクチンによるキャリア糖タンパク質捕集系の構築) を進めた。その結果では、マウス B 細胞由来のポリラクタミン糖鎖キャリア糖タンパク質は50分子以上 (また、マウスの脾臓において270以上の糖タンパク質分子) が同定できた。幾つかの分子については生化学実験を通して確認を行った。また、バイオインフォマティクス技術 (KeyMolnet 等) を導入して解析を行ったところ、ポリラクタミン糖鎖キャリア糖タンパク質の多くが細胞膜表面に局在すると考えられる糖タンパク質であることが予想された。今後、さらに系のブラッシュアップを行うと同時に、各種試料で捕集された糖タンパク質の同定を順次行っていく予定である。

5) 生殖に関連した糖鎖の機能の解析:

O-16遺伝子欠損マウスの解析: 糖鎖関連遺伝子のひとつであり、精子形態形成過程特異的に発現する O-16遺伝子の機能を明らかにすることを目的として、この遺伝子欠損マウスを作製して解析した。その結果、O-16遺伝子欠損オスヘテロマウスは雄性不妊であり、O-16遺伝子欠損ヘテロマウスの精子において、一部の奇形と精子運動能を司る解糖系タンパク質の減少に寄る著しい運動能低下によって、雄性不妊の表現型が観察されることをこれまでに突き止めてきた。O-16遺伝子欠損マウスにおける精子タンパク質量の変動を定量することに成功した。遺伝子改変マウスで見られた精子タンパク質量の変動が、ヒト男性不妊症患者精子においても観察されるかどうか検証することで、ヒト O-16遺伝子における遺伝子変異に起因する不妊症患者の同定を試みている。

6) 立体構造に基づいたノロウイルスと糖鎖との相互

作用解析

ノロウイルスによる血液型糖鎖の認識機構について、立体構造を基に計算科学による解析している。タンパク質と糖鎖との相互作用を定量的に解析するスタンダードな方法は現在のところない。具体的には水素原子を補完したモデルを量子科学計算により構築し、結合に伴う安定化エネルギーの評価、結合に寄与する構造的な要因を明らかにしている。この結果、糖鎖との相互作用の特異性を決定しているのは特定の糖鎖結合部位や特定のアミノ酸残基によるのではなく、全体の構造と相互作用の安定化であることが示唆された。このような安定化相互作用の違いを可視化表現するために分子動力学計算により、取り得る立体構造のエネルギー地形図を作成、その特徴を比較することを試みている。今後このような解析手法を基にウイルスの糖鎖認識の特異性とウイルス株ごとのアミノ酸配列との関係、さらにはウイルスの多様性や新種の特徴の解析ツール開発へと繋げる。

7) B 型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ

現在日本では約110-140万人の B 型肝炎ウイルス (HBV) 保有者がいると考えられ、さらに欧米タイプの感染も広がりつつある。インターフェロンによる低治療成績や核酸アナログ製剤に対する薬剤耐性ウイルスの出現が問題になっており、逆転写酵素に代わる創薬ターゲットが必須である。本研究は、肝疾患や HBV 作製・感染実験の専門家との協力体制により実施しており、HBV の多検体検査や創薬支援に繋がる技術の開発、肝細胞上の HBV の感染に関わる糖鎖の構造・機能を解明、内在性レクチンなど HBV 感染機構の解析、ウイルス粒子の形成や分泌における糖鎖の役割を明らかにし、抗 HBV 創薬のシーズの探索、ヒト型糖鎖を持つ HBs 抗原を用いた新規ワクチンの開発を目的としている。マーカー探索技術開発チームからは以下の成果を得た。

糖鎖遺伝子定量システム (qPCR) や次世代シーケンサー、バイオインフォマティクス解析を行い、肝細胞特異的に発現する糖鎖関連遺伝子 (糖転移酵素と内在性レクチン) の発現を解析した。プロテオミクス解析の結果と合わせて、肝細胞に発現する複数種の HBV 糖鎖受容体候補分子を同定し、クローニングした。精製 HBs 抗原との結合性を解析し、HBV 糖鎖受容体候補分子の絞り込みを行った。

質量分析機 (MS) による宿主肝細胞ならびに HBV 表面糖タンパク質上の *N*-結合型ならびに *O*-結合型糖鎖の構造解析を行い、3者間での糖鎖構造を比較することで共通性や差異を見出した。

プレプロ配列の導入により、従来法より10倍効率的にリコンビナント HBs 抗原を細胞培養上清中に発

現させる系を構築した。また糖鎖遺伝子の発現解析結果を基に糖鎖遺伝子 cDNA ライブラリーと siRNA ライブラリーを作成した。siRNA ライブラリーを用い糖鎖改変細胞を作製し、リコンビナント HBs 抗原の発現への影響をスクリーニングした結果、86siRNA ターゲットのうち15糖鎖遺伝子で HBs 抗原の糖鎖が減少させる糖鎖遺伝子を確認した。

8) 糖鎖科学統合データベースの開発と公開

JST/NBDC の統合化推進プログラムの中で、国内外の糖鎖関連データベースを保有する研究機関や大学などと連携し統合化を推進した。当センターが保有する糖タンパク質 DB (GlycoProtDB)、糖転移酵素 DB (GGDB)、レクチン DB (LfDB) などのデータ補充やインターフェースの改修を行った。国内の DB に対して横断検索や構造検索など横断的に検索できるインターフェースの開発を終えた。また、より高度に統合化したインターフェースを実現させるために、糖鎖構造や遺伝子名などの共起や最長フレーズを認識できる統合化検索の技術開発を行った。さらに、統合化検索に必要な情報基盤の整備のため、シアリルルイスエックスなど有名な構造名でも、各 DB や論文の記述では、Lex、Lewis x、Lex などと表記が異なることから様々な表記を同じものとして扱えるようにシノニムの整備を行った。これに関して、協力機関と糖鎖構造表記の標準化するために技術開発と運用に向けた整備を行っている。

また、国際連携も視野に入れ、アジア各国と欧米のの主要なグループの開発者を DB 会議に招聘した。各国の DB 開発や研究データの情報を交換し、連携のための共同開発のための準備と話し合いを継続した。

マーカー検出技術開発チーム

(Glycoproteomics Application Team)

研究チーム長：池原 謙

(つくば中央第2)

概要：

池原研究室は病理学を専門とする研究室で、病理学が医学分野で果たしている役割と同様に、病態病理の検出と、その制御に関連した技術の研究開発を担当している。糖鎖医工学研究センターの一員として、I) 糖鎖機能活用技術開発として、疾患糖鎖バイオマーカーの開発やがんを標的疾患とするバイオイメージング技術の研究開発を手がけている。さらに、産業技術総合研究所には次世代の医療イノベーションへと繋がるさまざまなシーズ技術が存在することから、分野を超えた連携を構築して、技術開発を推進している。産総研の戦略的分野融合研究予算や、文科省・科研費新学術領域研究予算などの獲得により、環境・エネルギー、材料・ナノテクノロジー分野、情報エレクトロニクス

分野の研究者とで実施しているⅡ) 医療用プラズマ発生装置の開発、Ⅲ) InGaS 結晶半導体素材による近赤外域の波長を利用したイメージングデバイスの開発研究では、産総研オリジナルとなる医療機器の試作・最適化を進めているところである。

I) 糖鎖機能活用技術開発

当課題では、a) NEDO プロジェクトにおいて、「がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」、b) 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業において「ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究」における糖鎖被覆リポソームワクチンの実用化研究、そして c) 文部省科学研究費基盤研究(c)において、「分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討」を実施している。

- a) がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発では、京都大学と連携し、がんの発生や病態、その進展のメカニズムに基づいて設計される分子プローブのインビボ評価解析を実施している。特に膵臓癌を対象とした研究開発では、PET 検査において利用可能な、有望な候補プローブに目処がついたところであり、その有効性評価を進めているところである。
- b) ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究では、産業技術総合研究所、帯広畜産大学、東海大学と共同で実施した「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」の成果、「ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチン」に関連した一連の技術やノウハウを、ワクチンの製造販売事業を実施する機関（動物医薬品会社）へと技術移転するものである。なお、同疾病は、日本で広く発生しており、大きな経済的被害の原因となっているものの、有効な治療薬やワクチンが無い。畜産業からのニーズに合致する製品を、可能な限り速やかに普及するため、製造・生産のプロセス開発を遂行しているところである。
- c) 分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討では、膵臓がんモデルの作成と解析や、膵臓癌の発症メカニズムを踏まえた糖鎖バイオマーカーの開発を進めている。これにより、PET 検査への円滑な受け渡しの実現を目指すとともに、糖鎖被覆リポソームワクチンを用いた膵臓癌の免疫治療の可能性について、検討を進めているところである。

[キーワード] バイオマーカー、ドラッグデリバリー

Ⅱ) 医療用プラズマ発生装置の開発

当課題では、a) 文科省・科研費・新学術領域「プラズマ医療科学の創成」にて「医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ-組織細胞相互作用の解明」、b) 文科省・科研費・新学術領域の

総括班として実施している「プラズマ医療科学創成に関する総括研究」、そして c) 経済産業省・平成25年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化）、さらには、戦略的分野融合推進予算により d) 膵臓癌治療用の低侵襲手術デバイスの開発にて実施している。

主たる共同研究者は、産総研エネルギー技術研究部門・先進プラズマグループの榊田創グループ長で、核融合研究で培われたプラズマ発生技術および、ノウハウを背景に、安全性が高く、血液凝固効果の高い医療用止血器具の開発を実施している。現在、止血に使用されている高周波電気凝固装置等のデバイスは、確かに、円滑な手術の進行と手術時間の短縮を実現するが、出血点を焼きつづすことで止血しているため、焼灼による組織の障害が生じる。その結果、術後障害が発生するほか、膵臓癌や胃がん等の腹部手術で使用された場合には、熱により生じた傷が癒痕化して、再手術や放射線療法を実施する際の妨げとなる。これに対し、産総研で開発したプラズマ照射装置を用いた止血は、熱による組織損傷を生じることではない。

- a) 医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ-組織細胞相互作用の解明では、高周波凝固を比較対象として、プラズマ止血デバイスの使用で生じる血液凝固とそれに続く良好な創傷治癒の分子メカニズムを明らかにし、見出した原理に照らして、その利用展開を進めている。また、b) プラズマ医療科学創成に関する総括研究では、榊田グループ長と実施してきたプラズマ工学とライフサイエンス領域との融合を、新学術領域内で推進して、新たな学問領域としての『プラズマ医療科学』の創成を進めているところである。そして、c) 医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化の活動を通じて、日本から提案を予定している国際的な統一規格・基準を元に、プラズマ医療機器が認証・流通する仕組みが実現するよう、鋭意活動を行っているところである。

なお、榊田創グループ長と連携して進めてきたプラズマ医療・健康産業フォーラム（Life Innovation by Plasma Technology-Forum: LIP-Forum）の活動は、順調であり、第5回プラズマ医療・健康産業シンポジウム（平成25年12月26日に産総研・臨海センター）において、開催した。今年度も100名以上の参加があり、プラズマ医療機器が注目されていることを実感したしだいである。

[キーワード] 低侵襲手術、プラズマ、病理

Ⅲ) InGaS 結晶半導体素材による近赤外域の波長を利用したイメージングデバイスの開発研究

当課題では、a) 文科省・科研費・基盤研究(A)に

よりナノチューブの近赤外発光を利用した臨床検査システムの開発と、融合・連携推進のための戦略予算にて行う b) 「膵臓癌治療用の低侵襲手術デバイスの開発」にて実施している。

a) は、産総研ナノチューブ応用センター、ナノエレクトロニクス研究部門と連携して実施している研究課題で、生体の窓とされる近赤外波長域を利用できる検査測定システムの開発を進めているものである。産総研で開発した近赤外半導体センサーを導入したプロトタイプとなる装置の作成を行い、その性能評価を進めた。

池原が長年、研究を行ってきた膵臓癌の克服には、「的確な存在診断技術の不備」と「瘢痕と再発を識別できないことによる再手術・放射線治療の不実施」を解決することが必須であることは、よく知られている。光通信での使用を目的に開発された「InGaAs 結晶半導体」を高感度な近赤外光イメージングに転用すること、そして半導体製造・核融合のために研究されてきた「プラズマ技術」を、止血技術に転用することは、いずれも膵臓癌克服に大きな可能性を持つと考えてきた。そこで、b) 膵臓癌治療用の低侵襲手術デバイスの開発では、産総研の光通信や核融合研究で培われたシーズ技術を集め、低侵襲性手術の実現を確信できるプロトタイプの装置デバイスの試作を行い、これを使用することで、膵臓癌の克服におけるこれら技術の可能性を明確にすることを目標に、研究開発を実施している。

[キーワード] 次世代臨床検査、近赤外光、PET、マウス疾患モデル

糖鎖データベース開発チーム

(Analytical Glycoproteomics Team)

研究チーム長：梶 裕之

(つくば中央第2)

概要：

糖タンパク質機能の発現や調節に、糖鎖が重要な役割を果たしていることは広く知られるようになってきた。しかし、糖鎖の構造は複雑、多様、かつ不均一なため解析が難しく、特にタンパク質（ペプチド）と結合した状態で、構造解析することはきわめて困難である。このため、糖鎖の機能やその調節機構を解析することは未だ技術的に困難である。糖鎖の機能を包括的に理解するためには、どの糖タンパク質のどの部位に、どのような糖鎖が付加されているか、またそれらがいかなる状況でどのように変化するか、を俯瞰的に解明することが重要である。現在一般的には、注目する糖タンパク質を個別に精製した後、糖鎖を遊離させて構造解析しているが、付加部位の同定や、詳細な糖鎖構造の解析には手間がかかり、糖鎖が複数箇所に付加されている場合はさらに全体像の把握が困難となっている

る。そこで、当研究チームでは、液体クロマトグラフィー/質量分析法 (LC/MS 法) を基礎としたアプローチで、糖タンパク質群 (グライコпротеオーム) の網羅的構造解析を実現するためのハイスループット分析技術の開発を進め、タンパク質糖鎖修飾の広範な実態情報を収集し、データベースを構築することを目的としている。同時に、既に確立した糖タンパク質同定技術を医用応用して、疾患糖鎖マーカー開発や創薬標的の探索、機能解明に向けた大規模分析を行っている。

1) 糖ペプチド糖鎖不均一性の網羅的解析法の開発

糖転移酵素の変異、欠損や疾患に伴う糖鎖構造変化を検出するため、当チームでは LC/MS 法を基盤とする分析技術開発を進めている。今年度は、方法論の検証と確立を目的に、疾患糖鎖バイオマーカー (候補) 分子等をモデル糖タンパク質とし、糖ペプチド画分の精製、濃縮、LC/MS 分析条件の検討、および質量分析データ解析ソフトの開発と改善を行った。糖ペプチドの包括的濃縮法としては、親水性相互作用クロマトグラフィー (HILIC) 法やゲル濾過法を試料にあわせて使用した。また注目する糖鎖モチーフをもつ糖ペプチドを選択的に濃縮する方法として、レクチン親和性クロマトグラフィーを利用し、標的糖鎖モチーフの濃縮効率を検討した。さらに、複雑な LC/MS スペクトルパターンより糖ペプチドのシグナルを選択的に抽出し、それらのコアペプチドと糖鎖組成を自動的に検出するプログラムセットをデザインし、ソフトウェアアソートの構築を進めた。この課題は産総研、融合・連携推進予算の支援のもとに行われた。

[キーワード] 液体クロマトグラフィー、質量分析、糖鎖不均一性、LC/MS データ解析プログラム

2) 疾患糖鎖バイオマーカー候補の大規模探索

NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト (2006-2010年度) では、その一課題として、がんの糖鎖バイオマーカー開発を行った。マーカー候補の探索は、がん細胞が周囲の正常細胞とは異なる糖鎖を異所的に発現する事実を基盤とし、がん性糖鎖をもつ組織 (細胞) 特異的なタンパク質を標的候補とする戦略に基づいて進められた (成松ら、FEBS J (2010))。がん性糖鎖はレクチンマイクロアレイ分析での結果に基づき、情報提供を受けた。当チームでは、そのキャリアータンパク質を、疾患関連糖鎖に反応性を有すレクチンで捕集し、IGOT-LC/MS 法で同定することで、候補糖タンパク質を多数リストアップした (梶ら J. Proteome Res.)。今年度は、厚生労働省科学研究費の支援のもと、多数の肝がん細胞培養液からの候補タンパク質のリストアップ、組織抽出物からの候補選出、などを通し、肝がんマ-

カーの新規探索および候補分子の検証を行った。

[キーワード] 肝細胞がん、バイオマーカー、グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

3) 創薬支援のための糖タンパク質糖鎖付加位置および糖鎖構造の解析

細胞膜表面に存在するタンパク質のほとんどは糖タンパク質であり、糖鎖がそれらの機能を調節していることは想像に難くなく、実際に免疫やシグナル伝達などで重要な機能が報告されている。ウイルス感染、例えばインフルエンザウイルスの感染に糖鎖が関連していることは広く認知されている。一方、B型肝炎ウイルス (HBV) の感染における糖鎖の関わりは不明で、創薬標的の探索のためには、HBV 生活サイクルにおける糖鎖機能の解明は重要である。そこで、本年は、HBV 表面に存在する HBs 分子における糖鎖の付加位置の同定や糖鎖構造の分析を進めた。本研究は厚生労働省科学研究費の支援のもとに行われた。

[キーワード] 肝炎ウイルス、HBV、表面抗原 (HBs)、糖鎖構造、糖鎖付加位置

4) 糖鎖遺伝子ノックアウトマウスの糖タンパク質解析

上述の通り、糖タンパク質に付加された糖鎖の構造機能相関を分析することは非常に困難であるが、注目する糖鎖構造の合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト (KO) し、その表現型の解析から糖鎖機能を明らかにする、逆遺伝学的な手法は一つの有効な手段と考えられる。糖鎖構造と表現型を関連付けるためには、糖転移酵素の人為的欠損に伴って生じる糖鎖構造変化の詳細や、その変化が生じたタンパク質を知る必要がある。そこで当チームでは、糖転移酵素 KO マウスを利用したディファレンシャルなグライコプロテオーム解析を実施し、糖鎖機能の解明を目的とした、ハイスループット分析法の開発を行った。本研究は文部科学省科学研究費の支援を得て行われた。

[キーワード] 糖鎖遺伝子、糖転移酵素、ノックアウトマウス、プロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

5) 糖タンパク質データベース GlycoProtDB の構築と公開

ゲノム情報から予測されるタンパク質アミノ酸配列の解析から、タンパク質のおよそ1/3はシグナルペプチドあるいは膜貫通領域をもつと予測されるので、これらのタンパク質は小胞体内腔で糖鎖付加を受け、ヒトやマウスでは約7,000種類と予想されている。N

結合型糖鎖は共通配列 Asn-X-[Ser/Thr] の Asn 側鎖に結合するので、結合位置はタンパク質のアミノ酸配列から予測可能であるが、立体構造上の位置や膜タンパク質の場合は膜トポロジー (膜に対する配向) によって糖鎖付加の可能性が大きく変動するため、実際の糖鎖付加位置情報はタンパク質の機能制御の観点から重要な情報となる。そこで、実験的に決定された糖タンパク質の種類、糖鎖付加部位、およびその糖鎖が反応するレクチンの種類などの情報から構成されるデータベースを構築するため、これまでに実施したグライコプロテオーム解析データを整理し、当センターで構築した GlycoProtDB に搭載した。これまでに、マウス由来のタンパク質約2,500種のデータを登録、公開したが、今年度はさらにヒト由来タンパク質について各種糖鎖バイオマーカー探索で同定した約1,000種の糖タンパク質について、データベースへの登録を行い、公開した。また、分析結果をデータベースに登録するためのインターフェース開発を進め、データベースの更新頻度の改善を進めた。本研究は、科学技術振興機構の支援を得て行われた。

[キーワード] グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識、糖タンパク質データベース、GlycoProtDB、糖鎖付加位置

診断薬開発支援班

(Glycodiagnosis Translation Team)

研究班長：久野 敦

(つくば中央第2)

概要：

本研究班は、グライコミクス/グライコプロテオミクスのための当センター独自技術を直接的に実用化、ないし新規診断薬に利用される糖鎖バイオマーカーという形で間接的に実用化するための研究 (支援) 活動を連携戦略班とともに進めることをミッションとした研究チームである。私たちの活動は健康を守るために開発された先端技術をいち早く社会へ還元するのに役に立つと考えられる。また、糖鎖が密接に絡む生命現象 (がん、発生、感染、免疫など) の解明や、その知見をを出发点とした治療薬や診断薬の開発の一助にもなる。具体的な活動としては、当センターで発見された糖鎖バイオマーカーを迅速、かつ簡便に測定するためのアッセイ系のデザインおよび実用化企業への親身な橋渡しである。自ら開発したレクチンマイクロアレイを駆使した独自のアッセイ構築パイプラインは、糖鎖関連診断薬 (Glycodiagnostic agent) の開発を加速している。

[キーワード] 糖鎖バイオマーカー、診断薬、橋渡し研究、レクチンマイクロアレイ

③【生命情報工学研究センター】

(Computational Biology Research Center)

(存続期間：2007. 4. 1～)

研究センター長：浅井 潔
副研究センター長：藤 博幸

所在地：臨海副都心センター

人 員：12名 (12名)

経 費：428, 894千円 (302, 549千円)

概 要：

バイオインフォマティクスの中核拠点として、複雑な生命現象を情報学の立場から総合的に解析し、ゲノム配列、タンパク質、細胞などの生体情報に基づく診断・創薬支援、バイオプロセス利用など産業技術の創出に向けた研究開発に取り組んでいる。

ライフサイエンス分野における計測・実験技術の発展は著しく、特に近年、超高速シーケンサーの登場により、ゲノム配列、発現転写物に関する圧倒的な量の情報が得られる状況において、大規模かつ高速な情報処理が強く必要とされている。当センターでは独自の大規模計算機環境を駆使してゲノム情報、生体高分子の構造と機能、細胞ネットワークなど膨大なデータに対応し、工学的視点に基づく実用的なシステムの開発を行っている。また、センター内外のソフトウェア・データベースを統合し、創薬支援など実用的な応用環境と知的基盤の構築を目指している。

さらに、産学官連携を重視し、民間企業や大学との共同研究、研究員受け入れなど、次世代の生命情報工学を支える研究人材の育成も重要なミッションである。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) ゲノム情報解析
- (2) 分子情報解析
- (3) 細胞情報解析
- (4) 情報基盤統合
- (5) 人材養成

内部資金：

平成25年度ライフ分野特別研究予算

第一三共戦略的アライнс

直接分化法による再生医療技術の開発

データベースの秘匿検索技術の開発

イノベーション推進本部裁量予算

産総研版 FIRST 事業 (戦略予算) 創薬エンジン推進プ

ログラム (LEAD) 実施

ナノ構造情報に基づいた機能探索

プライバシー保護データ収集・解析基盤による疾患遺伝子探索・疾患リスクモデル構築

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST) 「エピゲノム標準化情報基盤の構築」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業チーム型研究 (CREST) 「珪藻ゲノムのインフォマティクス解析」

独立行政法人科学技術振興機構 「構解析プラットフォームによる統合利用環境の整備」

独立行政法人理化学研究所 試験研究題目「HPCI 戦略プログラムにおける人材養成プログラムの実施」(高性能汎用計算機高度利用事業における研究課題「戦略プログラム」準備研究 分野1予測する生命科学・医療および創薬基盤)

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価 (サブテーマ：超巨大サイバーフィジカルシステム基盤のための情報創発技術とその戦略的社会的展開)」

独立行政法人 国立がん研究センター「分担研究課題：高速シーケンサーデータの情報解析とアルゴリズムの開発」

The University of Tennessee 植物遺伝子のアセンブリおよびシンテニー検出のための計算法の開発に関する研究

独立行政法人科学技術振興機構 プライバシー保護データ収集・解析基盤による疾患遺伝子探索・疾患リスクモデル構築

文部科学省 タンパク質の立体構造及び相互作用推定のための構造インフォマティクス技術の開発

日本学術振興会 科学研究費補助金 構造方程式モデリングによる多能性幹細胞での細胞分化制御因子の推定

日本学術振興会 科学研究費補助金 マルチスケールシミュレーションによる核酸立体構造予測

日本学術振興会 科学研究費補助金 構造方程式モデリングによる多能性幹細胞での細胞分化制御因子の推定

日本学術振興会 科学研究費補助金 基質結合部位予測に向けたタンパク質局所構造の高速比較法の開発

日本学術振興会 プライバシー保護バイオインフォマティクス基盤技術の開発と応用

日本学術振興会 科学研究費補助金 ケモカイン受容体・ウイルス性受容体・デコイ受容体における機能分化の情報解析

日本学術振興会 科学研究費補助金 コンポストによる特定悪臭成分分解メカニズムの解明

日本学術振興会 科学研究費補助金 酵母ミトコンドリア蛋白質の mRNA 局在化シグナル解析

日本学術振興会 科学研究費補助金 NLS-NESdb—蛋白質核内外移行シグナルのデータベース

日本学術振興会 科学研究費補助金 ナノ構造情報に基づいた機能探索

日本学術振興会 科学研究費補助金 RNA・タンパク質相互作用の網羅的予測と検証

日本学術振興会 特別研究員奨励費 時系列遺伝子発現データからの遺伝子制御ネットワークの推定

発表：誌上発表39件、口頭発表70件、その他8件

RNA 情報工学チーム

(RNA Informatics Team)

研究チーム長：光山 統泰

(臨海副都心センター)

概要：

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の研究開発に取り組んでいる。

新規機能性 RNA の発見と、機能推定のための情報処理技術の確立を目標として、基盤技術の開発から応用研究まで、幅広い研究テーマを掲げて活動している。

近年はエピゲノム・プロジェクトへ参加し、エピゲノム配列情報解析技術の開発に取り組んでいる。特に、DNA メチル化情報解析において独自の解析ツールを開発しており、世界的な普及推進に力を入れている。

また、国際ヒトエピゲノムコンソーシアムの活動にも参加しており、日本のエピゲノムデータの品質検査やデータベース構築に貢献している。

研究テーマ：テーマ題目 1

配列解析チーム

(Sequence Analysis Team)

研究チーム長：ポール ホートン (Paul Horton)

(臨海副都心センター)

概要：

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目 1

生体分子解析チーム

(Biomolecule Analysis Team)

研究チーム長：藤 博幸

(臨海副都心センター)

概要：

生体分子、特にタンパク質を中心に、その機能や、機能を支える立体構造の解析のための基盤技術の開発やデータベースの構築、および創薬や物質生産への応用研究を実施する。又、応用研究にあたっては、産総研内外の実験研究者と連携して研究を推進する。

基盤技術開発については、具体的には、酵素データベースの構築、創薬標的タンパク質分子モデリング法の開発、分子動力学計算法によるシミュレーション技術の開発などを行う。

また、生命情報科学技術者養成コースを通じて、創薬インフォマティクスの人材養成にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 2

情報基盤統合チーム

(Integration of Biological Information Team)

研究チーム長：浅井 潔

(臨海副都心センター)

概要：

ライフサイエンス研究分野では、その複雑化・細分化にあわせて解析ツールやデータベースの多様化が求められ、個々のデータベース、解析ツール、システムの乱立や併存は、管理・運用に多大な労力を要し、研究分野の迅速な変化や新規技術への対応が困難となっている。そこで、産総研内外のライフサイエンス関連のデータベース、ソフトウェアを最新の情報技術を用いてシームレスに統合した情報基盤の構築に研究セン

ター全体で取り組む。

具体的には、解析ソフトウェアを一つ一つユーザが実行するのではなく、一連の処理を効率的に短時間に実行できるワークフローを容易に構築できる情報基盤を構築する。そのため、情報基盤の要素技術としての解析ソフトウェア、内部・外部データベースが連携し動作する、柔軟性に富んだプラットフォーム型の知的基盤環境の構築を実施する。

研究テーマ：テーマ題目 2

細胞システム解析チーム

(Cellular Systems Analysis)

研究チーム長：富井 健太郎

(臨海副都心センター)

概 要：

生体内の細胞機能をシステム的な情報解析によって明らかにし、創薬、有用物質生産などの産業応用につながる課題に応用する。

創薬、有用物質生産などへの応用に向け、遺伝子ネットワークの新規解析手法の開発や既存解析手法の高度化、統合化などに取り組んでいる。細胞分化メカニズムの解明のためにこうした手法を適用し、ES 細胞や iPS 細胞などで異なるステージへの移行を決定する細胞内因子の推定を行うとともに、推定した制御因子と遺伝子間の相互関係をネットワークモデル化することで、細胞分化における重要なパスウェイの同定を行っている。また、バイオディーゼルの有用物質の高生産能解明に向けた発現データの解析や、化学物質毒性の予測手法の開発、細胞内小器官の制御機構解明のための情報解析にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 3

【テーマ題目 1】ゲノム情報解析（機能性 RNA 情報解析転写制御の情報解析）

【研究代表者】 光山 統泰 (RNA 情報工学チーム)

ポール ホートン (配列解析チーム)

【研究担当者】 光山 統泰、清水 佳奈、ポール ホートン、マーティン フリス、今井 賢一郎、後藤 修、森田 真理子、加藤 和貴、齋藤 裕、トーマス ポールセン、上野 建寿、榊原 康文、佐藤 健吾、木立 尚孝、浜田 道昭、辻 淳子、深沢 嘉紀 (常勤職員5名、他12名)

【研究内容】

研究目的：

新規機能性 RNA の発見と機能予測

配列情報に基づいた、遺伝子発現と産物の機能解析

研究内容：

二次構造を考慮した高速・高精度な RNA 配列情報解

析とゲノムアラインメント、タンパク質の局在化シグナル解析、次世代シーケンサーのデータ処理技術等を開発すると共に、転写制御機構の解析、新規機能性 RNA 発見等、ゲノムとプロテオーム情報を工学的制御の観点からの解析を行う。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の開発、ゲノム配列からの機能性 RNA の網羅的予測、機能性 RNA データベースの構築バイオインフォマティクス技術によって機能性 RNA を解析し、ゲノム情報制御機構の工学的視点からの解明によって産業技術開発に貢献する。

NEDO「後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発」に参画し、エピゲノム情報基盤の構築をテーマに、RNA-seq の情報解析やエピゲノムデータベースの構築を担っている。

配列解析チーム

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

RNA 情報工学チーム

東京大学と実施した、ヒトゲノムにおける RNA 編集部位の網羅的解析において、マイクロ RNA に対する影響をバイオインフォマティクスにより網羅的に推定することで貢献した。この成果は査読付国際誌 Genome Research vol. 24 (3) に掲載された。

DNA メチル化を網羅的に測定するバイサルファイト・シークエンス情報を効率よく解析する情報ツール Bisulfighter を開発した。DNA メチル化の検出感度および精度とも世界最高クラスを達成した。査読付国際誌 Nucleic Acids Research vol. 42 (6) に採録が決まった。ソースコードを公開中。

配列解析チーム

配列解析チームは主な研究課題としてゲノム・アラインメントと蛋白質の細胞内局在予測などに取り組んできた。ゲノム・アラインメントでは、配列解析チームが開発した配列アラインメントツール LAST の改良と性能評価を行い、LAST の優れた能性を示した。さらに、ゲノム・アラインメントを行う際、繰り返し配列の影響によるホモロジーの誤判定を減らせる手法“Tantan”を開発した。蛋白質の細胞内局在予測では、βバレル膜蛋白質

の解析対象を植物の葉緑体に広げ、葉緑体外膜のβバレル膜蛋白質である可能性が高い新規候補を同定した。また、蛋白質の機能制御機序のひとつである、核外移行シグナルの新規予測法を開発し、従来法より予測精度を大幅に上げたことを示した。

光山 統泰“A biochemical landscape of A-to-I RNA editing in the human brain transcriptome”, *GENOME RESEARCH*. 2014/1/1

齋藤 裕、辻 淳子、光山 統泰“Bisulfighter: accurate detection of methylated cytosines and differentially.”, *NUCLEIC ACIDS RESEARCH*. 2013/12/1

加藤 和貴“aLeaves facilitates on-demand exploration of metazoan gene family trees on MAFFT sequence alignment server with enhanced interactivity”, *NUCLEIC ACIDS RESEARCH*. 2013/7/1

加藤 和貴 “MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability”, *MOLECULAR BIOLOGY AND EVOLUTION*. 2013/4/1

矢田 哲士、後藤 修 “Tetrahedral Gray code for visualization of genome information”, *PLOS ONE*. 2014/1/1

Horton Paul “Next-generation Bioinformatics: connecting bases to genes, networks and disease.”, *BRIEFINGS IN BIOINFORMATICS*. 2014/3/1

深沢 嘉紀、Horton Paul “Plus ça change – evolutionary sequence divergence predicts protein subcellular localization signals”, *BRIEFINGS IN BIOINFORMATICS* 2014/1/1

Horton Paul “Summary of talks and papers at ISCB-Asia/SCCG 2012.”, *BMC GENOMICS* 2013/4/1

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】機能性 RNA、次世代シーケンサー、配列解析

【テーマ題目2】分子情報解析（複合体立体構造予測化合物バーチャルスクリーニング (VS) 生体分子の機能解析技術の応用研究)

【研究代表者】藤 博幸（生体分子解析チーム）

【研究担当者】藤 博幸、長野 希美、亀田 倫史、

広川 貴次、本野 千恵、野口 保、
廣瀬 修一、輪湖 博、関嶋 正和、
藤本 浩文、岩切 淳一、浜田道昭、
加藤 毅（常勤職員5名、他8名）

【研究内容】

研究目的:

構造変化を含む複合体構造予測技術の開発
化合物 VS フォーカスライブラリ構築
生体分子の機能解析技術の応用研究

研究内容:

これまでに開発してきたタンパク質構造・機能予測技術、分子シミュレーション技術等に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチド・糖鎖に特化した高精度な創薬支援技術を開発する。そのため、大規模計算技術によるタンパク質同士やタンパク質と他生体分子（核酸・化合物・糖鎖等）との複合体立体構造予測法を開発する。また、核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行う。

生体分子解析チーム

生体分子の情報解析の高度化と実用をめざして研究を進めている。これまでに開発してきたタンパク質構造・機能予測システム、分子シミュレーション技術等の基盤技術、またデータベースなどをさらに発展させると同時に、それらの技術を用いた創薬や物質生産への応用研究を実施した。応用解析は、文部科学省の「創薬基盤プラットフォーム事業」での支援研究、また経済産業省の「革新的バイオマテリアル実現のための高機能化ゲノムデザイン技術開発事業」での連携をはじめとして、産総研内外の多くの実験研究者との共同研究を実施した。これらの研究を通じて、タンパク質相互作用解析、分子認識のインシリコ解析、溶解剤の開発、菌類由来の生理活性ペプチドの研究などにおいて、多くの成果が得られた。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

生体分子解析チーム

(1) 分子モデリングに基づく高度創薬支援

創薬基盤プラットフォーム事業を通じて、8件の支援研究を実施した。その中で、4件の誌上発表を達成できた (Doi et al., *Chem. Sci.*; Akimoto et al., *Org. Biomol. Chem.*; Fuse et al., *Eur. J. Med. Chem.*; Kawamura et al., *J. Med. Chem.*;)。また高度化研究として、タンパク質 - タンパク質ドッキング相互作用解析他、2件の誌上発表を達成できた (Uchikoga et al., *PLoS One*; Yamasaki et al., *J. Chem. Inf. Model.*)。また医薬開発以外の分野では、茶カテキン分子とデキストリン分子認識においてもインシリコ解析に貢献し、誌上発表を達成した (Nishizawa et al., *Food Sci. and Tech. Res.*)。

(2) アミノ酸を利用した溶解剤の開発

アルギニンの多量体であるポリアルギニンは、カーボンナノチューブの溶解剤として有効であることを、実験・計算両方の観点から示した。同じ電荷をもつポリリジンでは、弱い効果しかないことも示し、その原因はカーボンナノチューブに対する吸着力の違いに起因することを明らかにした。(HiranoA et al.; Chemistry European J) また、アミノ酸の一種であるアルギニンが、カラムの溶出剤として有効であることを実験・計算両方の観点から示した。特に、通常酸性条件下で行われる抗体のカラム精製が、アルギニンをを用いることで、抗体の変性を引き起こさない中性 pH 下でも行えることを実証した (HiranoA et al.; J Chromatography A)

(3) 「革新的バイオマテリアル実現のための高機能化ゲノムデザイン技術開発 (TRAHED)」PJ の成果酵素反応データベース EzCatDB システムに新機能を追加した。富井チーム長が開発した FORTE との連携で、配列検索を行う EzCat-FORTE のプロトタイプを開発した。

カビ *Aspergillus flavus* で同定された ustiloxin B という環状ペプチドが、非リボソームペプチド合成系 (NRPS) によるものではなく (Umemura et al., PLoS One)、カビでは初めてのリボソームペプチドであることを発見し (Umemura et al., Fungal Genet Bio) 、更に生合成メカニズムの予測も行った。

(4) 「タンパク質の配列-構造解析技術の開発と応用」

地理情報の解析で使用される空間統計学を、タンパク質の機能部位推定に応用し、アミノ酸配列と立体構造情報から機能部位を推定する手法を開発した (Nemoto, Toh, BMC Struct Biol) 。この手法は、単に機能部位推定に利用できるだけでなく、推定に最適な配列のデータセットの選択にも利用できる。また、ケモカイン受容体とそのホモログであるウイルス受容体、デコイ受容体について、それらの機能差を決定するサイトを KL 情報量を用いて推定した。また推定されたサイトの空間的分布が機能差と関連することを見出した (Daiyasu, Nemoto, Toh, Front. Microbiol.)

岩切 淳一、亀田 倫史、浅井 潔、浜田 道昭

“Analysis of base-pairing probabilities of RNA molecules involved in protein-RNA interactions”, *BIOINFORMATICS*. 2013/9/1.

亀田 倫史 “Close Identity between Alternatively Folded State N2 of Ubiquitin and the Conformation of the Protein Bound to the Ubiquitin-Activating Enzyme”, *BIOCHEMISTRY*. 2014/1/1

加藤 毅、長野 希美 “Bregman Divergence

Regularized Machine による酵素活性部位予測”, *電子情報通信学会技術研究報告* 2013/12/1

長野 希美 “Prediction of detailed enzyme functions and identification of specificity determining residues by random forests.”, *PLOS ONE*. 2014/1/1

亀田 倫史 “Molecular Dynamics Simulation of the Arginine-Assisted Solubilization of Caffeic Acid: Intervention in the Interaction”, *JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B* 2013/5/1

広川 貴次 “Investigation of the Non-Covalent Binding Mode of Covalent Proteasome Inhibitors around the Transition State by Combined Use of Cyclopropylic Strain-Based Conformational Restriction and Computational Modeling”, *JOURNAL OF MEDICINAL CHEMISTRY* 2013/7/1

亀田 倫史、広川 貴次 “Design and Synthesis of Cyclic ADP-4-Thioribose as a Stable Equivalent of Cyclic ADP-Ribose, a Ca²⁺-Mobilizing Second Messenger.”, *ANGEWANDTE CHEMIE-INTERNATIONAL EDITION* 2013/4/1

廣瀬 修一、野口 保 “ESPRESSO: a system for estimating protein expression and solubility in protein expression systems.”, *PROTEOMICS* 2013/5/1

藤 博幸 “Computational prediction and experimental characterization of a “size switch type repacking” during the evolution of dengue envelope protein domain III (ED3).”, *BIOCHIMICA ET BIOPHYSICA ACTA-PROTEINS AND PROTEOMICS* 2013/12/1

藤 博幸 “Plastin3 is a novel marker for circulating tumor cells undergoing the epithelial-mesenchymal transition and is associated with colorectal cancer prognosis.”, *CANCER RESEARCH* 2013/4/1

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 分子モデリング、分子動力学計算、バーチャルスクリーニング、分子設計タンパク質相互作用、タンパク質ディスオーダー、糖鎖、タンパク質、アラインメント、機能部位、データベース、発現プロファイル

[テーマ題目3]細胞情報解析(遺伝子発現情報解析 生

体ネットワーク情報解析)

〔研究代表者〕富井 健太郎(細胞システム解析チーム)

〔研究担当者〕富井 健太郎、油谷 幸代、山田 和範、
 プイ シャン ウォン、藤渕 航、
 池田 和由、田中 道廣、伊東 淳一、
 竹嶋 伸之輔、JeanFrancoisPessiot
 (常勤職員2名、他8名)

〔研究内容〕

研究目的:

有用物質生産などへの応用に向けたシステム生物学的解析/予測法の開発と実データへの応用
 細胞機能の制御/発現機構の解明

研究内容:

創薬、有用物質生産などへの応用に向け、遺伝子発現・代謝・シグナル伝達などの細胞内ネットワークをシステム生物学的な技術に基づいて解析する。機能未知の生体分子を含む細胞内ネットワークを推定し、新規な診断指標の発見、副作用予測などを支援する技術の開発を行うとともに、開発手法を実データへ適用する。

細胞システム解析チーム

これまでに開発した構造方程式モデリング (SEM) を遺伝子発現プロファイルデータに適用し、細胞分化過程などでの遺伝子発現制御機構の解明を行う。細胞の経時的状態変化の過程で、遺伝子発現の状態遷移を引き起こす因子の推定手法、および推定した因子を組み込んだ因果関係の推定手法の開発を行い、実データへ適用する。有用物質生産などへの応用に向け、メタボライトデータなどを利用し、有用物質の生合成に関連する経路におけるネットワーク解析を行い、細胞内での生成メカニズムの解明に取り組んでいる。また、化学物質毒性の予測手法の開発や、細胞内小器官の制御機構解明のための情報解析にも取り組んでいる。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

細胞の経時的状態変化の過程で、遺伝子発現の状態遷移を引き起こす因子の推定手法、および推定した因子を組み込んだ因果関係の推定手法を開発し、これらの手法をショウジョウバエの細胞分化過程に適用した。厚生労働科研費プロジェクトによる環境化学物質毒性解析法を東京大学および国立環境研究所と共同開発した。また、薬物性肝障害 (DILI) の予測手法の開発を行った。有用物質の効率的生産に向けた発現データの解析や、細胞内小器官の制御機構解明のための情報解析を行うとともに、これらを支える基盤技術の開発を行った。

油谷 幸代 “Comparative Analysis of Enzyme Activities Concerned in Decomposition of Toluene.”, *Proceeding of World Academy of Science, Engineering*

and Technology 2014/2/1

富井 健太郎 “がんゲノムにおける変異の共通性と特異性”, *実験医学* 2014/2/1

山田 和範、富井 健太郎 “Revisiting amino acid substitution matrices for identifying distantly related proteins.”, *BIOINFORMATICS* 2014/2/1

富井 健太郎 “大規模ヒトゲノムデータから探る自然選択の痕跡”, *実験医学* 2013/7/1

油谷 幸代、藤 博幸 “Network Inference of AP pattern formation system in *D.melanogaster* by Structural Equation Modeling”, *Journal of Physics: Conference Series* 2014/3/1

油谷 幸代、藤渕 航 “Inference of Gene Regulatory Networks to Detect Toxicity-Specific Effects in Human Embryonic Stem Cells.”, *International Journal On Advances in Life Sciences* 2013/6/1

JeanFrancoisPessiot, Wong Pui Shan, 油谷 幸代., “The impact of collapsing data on microarray analysis and DILI prediction.”, *Systems Biomedicine* 2013/4/1

今井 賢一郎、富井 健太郎 “Tam41 is a CDP-diacylglycerol synthase required for cardiolipin biosynthesis in mitochondria”, *CELL METABOLISM* 2013/4/1

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕データベース、データマイニング、遺伝子モジュール、酵素、ネットワーク、文献情報、遺伝子発現、パスウェイ解析、時系列解析、記号計算

〔テーマ題目4〕情報基盤統合

〔研究代表者〕浅井 潔 (研究センター長)

〔研究担当者〕浅井 潔、光山 統泰、
 ポール ホートン、富井 健太郎、
 富永 大介、福井 一彦、津田 宏治、
 Du Verle Alexander David、野口 保
 (常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

研究目的:

ライフサイエンス分野の多様な大量データの解析による発見 (知識抽出) のためには、解析ソフトウェアとデータベースとの連携が必要である。本研究センターでは、

研究センター内、産総研内、国内、海外に存在するバイオインフォマティクス関連の有用データベース・解析ソフトウェアをシームレスに結合させた「生命情報統合システム」の開発に、センターをあげて取り組む。最新の情報技術と大規模計算手法を駆使し、関連する情報同士を単にリンクでつなげた情報網ではなく、利用者が求める情報をダイレクトに提供する、診断、創薬支援、バイオプロセス開発に直接応用できるシステムを目指す。本システムに必要な新規なデータベース・ソフトウェアの開発は各研究チームが並行して行い、順次統合する。

上記目的を達成するため、システム研究機構ライフサイエンス統合データベースセンター (DBCLS) と連携し、高度なインターネット技術を用いた解析プラットフォームの基盤技術開発 (ノード化)、利用環境の整備 (RDF 化) 及び解析結果の統合化されたレポート表示機能 (可視化) を実施する。

機械学習研究班

生命情報科学においては、配列、遺伝子発現、制御ネットワークなど、極めて多種多様なデータの処理が求められており、そのようなデータの中から信頼できる知識を取り出すことが必要である。そのような要請を受けて、データからの論理的、確率的な推論の技術体系である機械学習への注目はかつてないほど高まっている。また、データの大規模化に伴って、これまでシンプルなアルゴリズムで対応可能だった研究課題についても、高速で複雑なアルゴリズムが利用されるようになってきている。

次世代シーケンサーのデータ処理などは、その最も明らかな例である。本研究班では、創薬を中心とする生物学的課題に対して有効な機械学習手法を開発し、データ処理の効率と正確性を飛躍的に高めるための研究を行う。具体的には、次のような課題を扱う。1. 創薬などで重要となる、大量データから組み合わせ要因を発見する技術の開発。2. 大量データの処理のための、あいまい検索技術および高速近傍発見技術の開発。3. 医療などで用いられるプライバシー保護データマイニング技術の開発。また、他チームが扱う課題に関しても、適切なアドバイスを行い、共同研究を通じて貢献を行う。外部資金も積極的に受け入れて共同研究を行い、最先端研究開発支援プログラムなどの大型プロジェクトへの貢献も行う。

平成25年度進捗は以下の通り。

解析プラットフォームの基盤技術開発として、KNIME のプラットフォーム上にて動作する要素ノード 28個を開発した。その内訳は外部解析ツールが18ノード、所内独自開発の解析ツール6ノード、DB 連携ノードが4個である。さらに、RNA 解析、タンパク質解析及び分子シミュレーション・ワークフローを公開した。利用環境の整備として、セマンティック技術に対応し、RDF 入出力機能を備えた SADI (Semantic Automated

Discovery and Integration) サービスによる14個の解析ツールを公開した。レポート表示機能 (可視化) として、KNIME の新規機能を利用し、PhylogeneticTree (DNA, RNA, Protein) ワークフローの解析結果を自動でワードファイルにレポートサービスを行う機能を公開した。

機械学習研究班

- 1) 細胞ビッグデータから組み合わせ要因を発見、検定する新技術 LAMP を開発し、PNAS に発表、プレスリリースを行った。
- 2) Lifted El-Gamal 暗号に基づく準同型性符号ライブラリを作成し、公開した。それを用いた化学構造秘匿データベースのデモを CSS2013において行い、最優秀デモンストレーション賞を受賞した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ワークフロー、統合 DB、Web サービス、プラットフォーム

津田 宏治 “Fast Iterative Mining Using Sparsity-Inducing Loss Functions.”, *IEICE TRANSACTIONS ON INFORMATION AND SYSTEMS* 2013/8/1

津田 宏治 “Efficient Error tolerant Query Autocompletion.”, *Proceedings of the VLDB Endowment* 2013/8/1

津田 宏治 “Machine learning with systematic density-functional theory calculations: Application to melting temperatures of single- and binary-component solids.”, *PHYSICAL REVIEW B*. 2014/2/1

津田 宏治 “FastWestfall-Young Permutation Procedure for Combinatorial Regulation Discovery”, *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine*. 2013/12/1

Du Verle Alexander David、津田 宏治 “Discovering combinatorial interactions in survival data.” *BIOINFORMATICS* 2013/9/1

津田 宏治 “Distribution Loss Minimization With Guaranteed Error Bound”, *IEEE Transactions on Smart Grid* 2013/12/1

津田 宏治 “On Statistical Significance of Combinatorial Regulations”, *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF*

THE UNITED STATES OF AMERICA 2013/8/1

野口 保、富永 大介 “MFSPSSMpred: Identifying short disorder-to-order binding regions in disordered proteins based on contextual local evolutionary conservation.”, *BMC BIOINFORMATICS*. 2013/10/1

【テーマ題目5】人材養成

【研究代表者】浅井 潔（研究センター長）

【研究担当者】浅井 潔、藤 博幸、広川 貴次、
後藤 修、光山 統泰、富井 健太郎、
ポール ホートン、津田 宏治、
長野 希美、清水 佳奈、今井 賢一郎、
マーティン フリス、亀田 倫史、
富永 大介、油谷 幸代、杉原 稔、
寺田 朋子、坂井 寛子、田中 良夫
（常勤職員14名、他5名）

【研究内容】

研究目的：

バイオインフォマティクスの研究拠点としてより確立された地位を築くことと併せ、産業技術の発展、産総研の利益につながる形での人材養成を目指している。

研究手段：

(1) HPCI 人材養成プログラム

「京」コンピュータを中核とする「HPCI 戦略プログラム分野1 予測する生命科学・医療および創薬基盤」における教育プログラムを（独）理化学研究所より委託され、H23年度より5ヵ年計画で HPCI 人材養成プログラムを実施する。プログラムは、初学者から中級者を対象とした1人1台の PC を用いた実習「HPCI チュートリアル」、一般向け公開講演会「HPCI ワークショップ」、「HPCI e-ラーニング」、第一線の研究者による最先端セミナー「HPCI セミナー」の4本柱で構成。とくに HPCI セミナーは東京大学柏・本郷両キャンパスに TV 会議システムを通じて配信し、東京大学大学院新領域創成科学研究科情報生命科学専攻との連携により「情報生命科学特別講義 IV」（2013年度冬学期）という単位取得科目となった。また HPCI セミナーの一部はビデオ撮影し、e-ラーニング教材化した。8本制作。

HPCI セミナー（H25年10月から毎週金曜日全12回）参加者のべ391名（うち東大学生94名）、HPCI ワークショップ（平成25年9月11日（木）、後述の BiWO2013の一部として開催）参加者約120名、HPCI チュートリアル2コース11講座受講者合計282名、HPCI e-ラーニング受講者合計338名であった。

(2) 技術研修等による社会人の受け入れ

OJTによる高度専門人材養成により、異分野からの転向者を即戦力化する。平成25年度養成実績3名。

(3) 連携大学院

4つの大学（東大、お茶の水女子大、早大、奈良先端科学技術大学院大）と連携を進めている。当センターに所属する正職員のうち6名が連携大学院の教員を兼務しており、連携先での出張講義や、連携先大学院生を実習生として当センターに常駐させて修士論文や博士論文の指導を行っている。平成25年度学生受入実績14名。卒業生の進路は、(株)ボーダーズ、日本ヒューレット・パッカード(株)など。

(4) 生命情報科学研究セミナー

平成13年～17年度の「産総研 生命情報科学人材養成コース」（文科省科振費）の枠組で行っていた毎週2回程度の研究セミナーを年間予算で継続している。セミナーの内容と発表者は研究チーム長1名と数名のセミナー係の研究員が調整、弾力的に運営。所内発表にとどまらず、内外から最先端の話題提供を受けている。平成25年度回数実績34回（一部セミナーは、外部資金と共催）。

(5) 生命情報工学研究センター（CBRC）年次研究報告シンポジウムの実施

当センターのバイオインフォマティクス拠点化を目指した活動であり、研究拠点形成に必要な優秀な人材を養成する。実習生や若手研究員の積極的な発表を促すことで、スキルアップを目指す。学会へ参加する機会が少ない企業研究者や学生等にもバイオインフォマティクスを普及させることも目的とする。発表言語は英語、海外の第一線の研究者による招待講演を必ず実施し、世界レベルのディスカッションができる場としている。平成17年度に CBRC2005を初開催。生命情報工学研究センターが発足した平成19年度以降は、他の学会等とも連携して BioInformatics Week in Odaiba (BiWO) 200X (X は年数を表す) という名称でお台場でバイオインフォマティクス関連イベントを集中開催、運営委員長は当センターの研究チーム長クラスの研究員が持ち回りで務めている。外部からもポスター発表を募集し、多数の発表者が集まっている。平成25年度参加者約310名（開催期間3日間）。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】人材養成、バイオインフォマティクス、創薬インフォマティクス、技術指導、セミナー、講習会、e-ラーニング、HPCI

④【幹細胞工学研究センター】

(Research Center for Stem Cell Engineering)

(存続期間：2010. 4. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：浅島 誠

副研究センター長：中西 真人、鈴木 理

首席研究員：平林 淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5

人 員：18名（18名）

経 費：420,174千円（262,134千円）

概 要：

本研究センターでは、臓器や器官を形作るための基盤となる幹細胞に注目し、幹細胞の高効率な樹立、性質的的確な評価、選択的な分化制御についての技術開発に加えて、幹細胞を用いた医薬品開発のスクリーニング系や再生医療への応用を目指した研究を進めている。幹細胞を効果的に利用するための情報基盤として、モデル生物を利用して細胞分化や臓器・器官形成を制御するメカニズムの探索（臓器ロードマップ作成）を行い再生医療や創薬への応用展開を図る取り組みを行っている。更に、得られた知見を元に、癌や生活習慣病などの新しい予防法への応用も検討している。具体的には、以下の4つの大きなテーマを中心とし、さらにその周辺技術開発を行うことにより、将来の創薬や再生医療に貢献しうる研究を行う。

- ① マイクロアレイ解析などを行うことにより、マウス、あるいはツメガエルの未分化細胞を用いて心臓、脾臓、神経器官などの誘導・分化に関与する遺伝子・因子を同定する。個々の遺伝子の機能解析を行うとともに得られた情報を集積することにより、各器官の分化ロードマップを作成する。また、疾患臓器のプロファイルと比較することで臓器別疾患発病因子を検索し、疾患の早期発見、予防方法を考案する。また、疾患モデルマウスを利用して試験管内で形成した臓器の移植などを行い、治療の応用へと発展させる。さらに、微小重力条件下での臓器培養法の確立も試みている。
- ② ①で得られた研究結果を具体的に医療応用に結びつけるためには、患者本人の幹細胞を臓器再生に用いることが求められる。そこで、成体の体細胞から幹細胞を効率的に樹立または単離する研究や、幹細胞の未分化性維持の分子機構に関する解析研究、また幹細胞から目的の細胞への分化誘導技術の構築を行う。具体的には、ゲノムに組み込まれない安全な「持続発現型 RNA ベクター」を開発し、これを用いてより安全で高効率な幹細胞樹立方法の技術開発を行う。また、プロテオミクス解析やマイクロアレイ解析、エピゲノム解析、糖鎖解析等によって未分化状態特異的に発現するマーカーの探索を行う。それと共に幹細胞を未分化に保つ候補因子を探索し、これを基に幹細胞の未分化性維持機構の解明を図る。さらに、分化能の高い幹細胞を選別するのに有効な細胞表面マーカーの検索を行い、良質の幹細胞の調製を容易にし、再生医療への利用を目指す。
- ③ 再生医療実用化の鍵として ES 細胞に代わり期待されているヒト iPS 細胞であるが、iPS 細胞の性質は多様で、どのような iPS 細胞が実用可能な幹細胞

なのか不明である。創薬応用や臨床試験に耐えうる iPS 細胞とはどういう幹細胞かを明確に規定し、幹細胞の評価法を確立して iPS 細胞を標準化することを目指す。また ES/iPS 細胞とは異なり多分化能は有しないものの、生体中に存在し、より安全で既に一部で臨床応用が始まっている間葉系幹細胞などの体性幹細胞も、その性質は十分には解析されていない。ヒト体性幹細胞についてもその的確な評価方法を開発することを目指す。本研究の一部は NEDO 受託研究として行う。

上記②や③で幹細胞の的確な評価選別技術が開発された後にそれを創薬に応用するためには、幹細胞に適した効率的なリード化合物のスクリーニング系が必要となる。そこで、流動状態、物質移動や温度制御を厳密にコントロールするシステムを構築し、マイクロプロセスで培養環境を精密に制御できる細胞チップの開発とその周辺技術の整備、さまた光による細胞マニピュレーション技術幹細胞を利用した創薬基盤技術を開発に貢献する。また再生医療への利用に向け、複数の分化誘導細胞を組織化し機能化するための3次元組織構築技術開発や機能制御系としての電子デバイスとの融合技術開発を行う。

外部資金：

経済産業省 iPS 細胞等自動培養装置開発加速事業「脾臓分化系への適用に向けたニプロ社製自動培養装置による iPS 細胞の培養評価」

文部科学省 地域産学官連携科学技術振興事業費補助金「ステルス型 RNA ベクターを使った再生医療用ヒト細胞創製技術」

国立大学法人京都大学 受託研究費「最先端研究開発支援プログラム/iPS 細胞技術の評価・検証会」

独立行政法人 科学技術振興機構 受託研究費 「無細胞タンパク質合成を実現するマイクロゲル粒子分散型反応システムの開発」

宇宙開発事業団「きぼう」利用重点課題（分担者）
「マウスを用いた宇宙環境応答の網羅的評価」

独立行政法人 医薬基盤研究所受託研究費「持続発現型 RNA ベクターやトランスジェニック植物を利用した革新的バイオ医薬品製造技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（新学術領域研究 研究領域提案型）「三次元組織光造形法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(新学術領域研究 研究領域提案型)「海馬グリア細胞の環境応答機構の解明」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 B)「特異的前駆細胞移植による肺再生法の構築」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 B)「光酸発生培養基材への精密光照射による接着細胞の物理プロセッシング」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 B)「糖尿病による神経幹細胞の機能低下メカニズムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C)「膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C)「Nanog 遺伝子を持たないツメガエル細胞におけるリプログラミングの研究」

文部科学省 科学研究費補助金(挑戦的萌芽)「人為的リプログラミング法を用いた間葉系幹細胞制御機構の解明」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 A)「幹細胞糖鎖の機能解析と再生医療に貢献する新規糖鎖工学技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B)「持続発現型 RNA バクターによる再生医療のための細胞改変技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(特別研究員奨励)「癌幹細胞分化制御薬による膵臓癌根絶法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(研究活動スタート支援)「神経インターフェース技術に基づいたインスリン分泌制御手法の開発とデバイス化」

文部科学省 科学研究費補助金(科研費 分担者)「HDL型脂質膜ディスクによる膜タンパク質配向制御技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(科研費 分担者)「がん間質消滅治療:自殺遺伝子を導入した骨髄間葉系幹細胞によるがん間質の入れ換え」

文部科学省 科学研究費補助金(科研費 分担者)「構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明」

財団助成金「糖尿病下での幹細胞およびニッチ細胞の制

御機構の解析」

財団助成金「ヒト脂肪細胞における新規 antisense ncRNA の機能解析」

財団助成金「脂肪細胞特異的な新規アンチセンスノンコーディング RNA による脂質代謝と脂肪分化の研究」

財団助成金「心臓形成遺伝子の網羅的スクリーニング及び人工心筋評価アレイの開発」

財団助成金「幹細胞の分化誘導条件の網羅的スクリーニングに向けた微小培養環境探索チップの開発」

財団助成金「霊長類由来の神経幹細胞を用いたインスリン産生の制御機構解析」

財団助成金「インスリン発現制御と幹細胞活性化メカニズムの解析」

発表: 誌上発表56件、口頭発表84件、その他7件

幹細胞制御研究チーム

(Stem Cell Differentiation Research Team)

研究チーム長: 栗崎 晃

(つくば中央第4)

概要:

近年 iPS 細胞作成技術が発明され、患者自身の細胞を用いた再生医療の実用化が大きく期待されているが、現実には作成された iPS 細胞の分化能などの性質はかなり不均一であり、また目的細胞へと分化させた後に成体に移植しても予期せずガン化するという問題も十分な解決策が得られていない。そこで幹細胞制御研究チームでは、効率的な幹細胞分化促進技術を開発するとともに、細胞表面マーカー等を利用した幹細胞操作技術を開発することにより、実用可能な分化細胞を作成する基盤技術の開発を目的として研究を行っている。また、心筋特異的に分化しやすい間葉系幹細胞を選別するための細胞表面マーカーを利用して、生体組織から心疾患に治療効果の高い幹細胞を選別する技術の開発も進めている。

さらに、後述の器官発生研究チームが進めている臓器形成ロードマップ因子をマウスやヒト幹細胞で活用することにより、幹細胞の効率的な分化制御技術開発を進めるとともに、その制御機構の解明も進める。また、産総研のもつバイオリソースを活用して幹細胞を分化制御する新たな基盤技術の開拓を進める。さらに、成体に極わずかに存在する幹細胞を活性化させる手法についても検討し、新たな再生医療技術の開発を進める。これらの幹細胞分化制御技術や選別技術を開発す

ることにより、毒性試験等の創薬に利用できるヒト分化細胞や実用的な再生医療に必要な細胞分化制御を可能にする基盤技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5

器官発生研究チーム

(Organ Development Research Team)

研究チーム長：伊藤 弓弦

(つくば中央第4)

概要：

ヒト ES/iPS 細胞や体性幹細胞は再生医療材料として注目を集めている。しかしながら、由来組織の違い、用いる樹立方法によっても得られる ES/iPS 細胞の性質が異なることが指摘されており、ES/iPS 細胞の規格が明確に示されていない。そこで我々は、ヒト ES/iPS 細胞を適切に産業応用へと導くために、まず多くの細胞株の性状に関連する基礎データを網羅的に収集し、良質な ES/iPS 細胞の「品質管理方法」「拡大培養方法」確立を目指す。また、間葉系幹細胞などを含む体性幹細胞は、継代を経てその増殖能、分化能が失われていくことが、問題点とされている。そこで我々は、ヒト体性幹細胞の増殖能、分化能等を担保するマーカー探索を行い、細胞治療時における治療効果の高い間葉系幹細胞供給の支援を目指す。

一方、再生医療を現実のものとするためには、必要とする細胞を「正確に」「大量に」作り出すことが必要とされる。そのためには、発生期に種々の臓器が形作られた仕組みを知り、その方法を応用することが重要と考えられる。そこで、ヒトと同様に臓器形成するアフリカツメガエルを実験動物として、様々な臓器を誘導し、その系を用いて、各種臓器が形成する際に必要な遺伝子を網羅的にスクリーニングする。こうして得られた知見から、ヒトと共通の臓器作りのレシピである「臓器形成ロードマップ」を作成する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目5

バイオセラピューティック研究チーム

(Biotherapeutic Research Team)

研究チーム長：中西 真人

(つくば中央第4)

概要：

再生医療・遺伝子治療・難治性疾患治療用のバイオ医薬品の開発など、先端医療の分野では遺伝子を動物細胞（ヒト細胞を含む）に導入して発現させる技術が欠かせない。その中でも、外来遺伝子を長期にわたって持続的に発現させる技術は重要な鍵となっている。これまで、動物細胞で外来遺伝子を持続的に発現させるためには、レトロウイルスベクターなどの挿入型ウ

イルスベクターや物理的遺伝子導入を使って、染色体に外来遺伝子を組み込んで安定化する必要があった。しかし染色体への外来遺伝子の挿入は、染色体上の遺伝子の破壊や挿入された遺伝子が再活性化により細胞のガン化を招くことが知られている。またバイオ医薬品の生産に当たっては、導入した遺伝子の発現量を最大にするために、いったん染色体に挿入した遺伝子のコピー数を増幅するという労力のかかる方法を取らざるを得なかった。

我々が開発したオリジナル技術「持続発現型 RNA ベクター」は、染色体には挿入されない RNA 分子を転写の鋳型として、細胞質で長期間（180日以上）にわたって外来遺伝子の発現を持続できる、従来の常識を覆した世界で唯一の遺伝子導入・発現系である。この遺伝子発現系は、細胞に対する障害性を持たない特殊なセンダイウイルス変異株 Cl.151株をベースに、大きなゲノムの改変を行って開発されたもので、ウイルス感染初期のサイトカイン誘導を回避して長期持続性を実現しているのが大きな特徴である。以下の研究課題では、この技術の特徴を活かして、先端医療の実用化に貢献できる新しい技術の開発を目指した。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7

医薬品アッセイデバイスチーム

(Drug Assay Device Team)

研究チーム長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概要：

医薬品開発に要する費用の高騰が問題視されて久しい。この問題を解決するために、リード化合物のスクリーニングの効率化、迅速化が極めて重要である。既にこの目的でヒト細胞を用いたスクリーニングが行われているものの、動物実験や臨床治験といった川下における評価結果と必ずしも対応せず、信頼性に欠けているのが現状である。その原因としては、スクリーニングに用いる細胞の標準化がなされていないことと、用いられている細胞が体内における機能を発現していないことによると考えられる。

そこで我々は、ES 細胞や iPS 細胞から誘導される標準化細胞により、リード化合物のスクリーニングを効率的に行う技術を開発している。培養細胞の機能を体内に近づけるためには、培養環境を精密に制御し、より体内環境に近づけることが重要である。そこで、流動状態、物質移動および温度制御をマイクロメートルレベルで制御が容易なマイクロプロセスにおいて細胞を取り扱うことが可能な、細胞チップの開発に注力している。マイクロプロセスはチップ上に様々な機能を集積することができるため、医薬品探索において必要不可欠であるハイスループット化が容易であることも利点ある。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目10、
テーマ題目11

糖鎖レクチン工学研究チーム

(Glycan Lectin Engineering Team)

研究チーム長：平林 淳

(つくば中央第2)

概要：

平成24年の組織改編により、当チームの前身である糖鎖医工学研究センター・レクチン応用開発チームの一部は幹細胞工学研究センターに配属となり、新たに幹細胞評価システムの一環として糖鎖プロファイリング技術の開発を担当する。すでに、器官発生研究チーム等と各種共同研究(企業、NEDO等)を協力推進し、目に見える成果を発表している。当チームは世界でもユニークな、レクチンを基本軸に据えた研究を展開しており、フロントル・アフィニティクロマトグラフィー、レクチンマイクロアレイ、糖鎖複合体アレイ、タンパク質進化学などの独自の先端技術を有する。これら優位技術のさらなる実用化、応用探索を推進していく一方、最先端の糖鎖プロファイリング技術にさらに磨きをかけ、広くライフサイエンス領域への浸透を図るため、レクチンライブラリーの開発と強化、レクチン工学を駆使したレクチン開発を併せて推進する。レクチンのリコンビナント化は共同研究関試薬メーカーを通し順次上市していく

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目
12

間葉系幹細胞ダイナミクス研究チーム

(Mesenchymal Stem Cell Dynamics Research Team)

研究グループ長：木田 泰之

(つくば中央第4)

概要：

幹細胞を用いた迅速な再生医療応用および創薬支援のための技術体系構築を目指す。その中で、体内から大量に採取可能な間葉系幹細胞の活用における基盤研究開発を行い、失われた身体機能の回復において、高次脳領域、代謝疾患や癌における先端的細胞治療として広く貢献する技術を開発することにより、本格研究への橋渡しを行う。

人工多能性幹細胞(iPS細胞)の誘導技術開発は再生医療としての多大な可能性を広げるのみならず、化合物による細胞制御と遺伝子操作による最先端の細胞工学技術開発を導いた。本チームではヒト脂肪由来間葉系幹細胞(MSC)をiPS細胞誘導の材料とする技術を開発し(PNAS.2010, Nat.Proc.2011)、概念的な研究ポテンシャルとアウトカムの基盤技術としてMSCからのiPS細胞誘導技術を起点とする研究を計画している。そのマイルストーンの中で、次世代シーケンサーをフ

ル活用して得られるMSCの完全遺伝情報の整備、その情報を活用した幹細胞操作技術の開発、さらには複数誘導細胞を組織化・機能化するための3次元組織構築技術及び電子デバイスとの融合技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目13

[テーマ題目1] 臓器ロードマップを構成する新規分子の探索と機能解析

[研究代表者] 伊藤 弓弦

[研究担当者] 伊藤 弓弦、栗崎 晃、小沼 泰子、
原本 悦和、中島 由郎、小川 朝子、
大嶋 友美(常勤職員4名、他3名)

[研究内容]

「アフリカツメガエル、ネッタイツメガエル及びマウスの未分化細胞を用いた各種臓器誘導系」と「マイクロアレイや遺伝子導入/欠損の技術」を組み合わせることにより、心臓・血球・血管・膵臓・腎臓・神経など様々な臓器・器官への分化に関わる遺伝子を網羅的に同定・検証することで、臓器形成ロードマップ、すなわち、未分化細胞からどの時期にどの遺伝子が発現することによって臓器の分化が達成されるか、その道筋が記述されたロードマップを構築する。本ロードマップの情報は、将来の再生医療への利用を見越した、「ヒト幹細胞からの各種臓器細胞形成法確立」に活用し、効果的な研究推進に貢献する。

また、作成されたロードマップ上の遺伝子が特定臓器疾患と関連するかどうかについてバイオインフォマティクス的手法を用い、ロードマップ上のどのような遺伝子が臓器特異的疾患マーカーとして利用可能かを探索する。平成23年度は、特に興味深い知見が数多く明らかになってきた心血管形成系及び血球形成系に関する解析を深め、可能な限り臓器発生のロードマップの構築を進める。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 初期発生、器官形成、再生医療

[テーマ題目2] 未分化細胞の維持と分化のメカニズム解明

[研究代表者] 栗崎 晃

[研究担当者] 栗崎 晃、高田 仁実、石嶺 久子、
渡邊 加奈子、中島 由郎、王 瑩瑩
(常勤職員2名、他4名)

[研究内容]

臓器ロードマップ作成の次の展開には、臓器再生が挙げられる。その際問題となるのは、実際に医療に応用可能な幹細胞の調製である。2007年ヒトiPS細胞の樹立が報告されたが、実際の実用化にはまだいくつもの解決すべき問題が残されている。安全性の観点から考えると、組織性幹細胞を効率的に調製し必要な組織に分化させて医療に用いる方が安全面からは現実的であるとの見方もあるが、いずれの場合でも幹細胞の未分化性制御技術や

効率のよい幹細胞・前駆細胞・分化細胞の調製技術が非常に重要となる。特に組織からの幹細胞の調製や iPS 化された細胞の選別には、幹細胞のよいマーカーの同定が必要である。本研究課題では、幹細胞や前駆細胞特異的に発現するマーカー検索と、幹細胞の未分化性を制御する新規遺伝子の探索、機能解析、さらには分化方法の開発を進める。具体的には、ES 細胞のプロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現する新規制御因子について、安定発現 ES 細胞株を樹立し、その幹細胞制御活性を詳細に解析して作用機序を明らかにする。また、細胞表面膜タンパク質を特異的に精製し濃縮した膜タンパク質についてプロテオミクス解析やマイクロアレイ解析を行い、未分化制御活性をもつ細胞膜タンパク質候補因子や新たな幹細胞・前駆細胞表面マーカーを同定していく。

これまでの解析から、プロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現するクロマチン制御因子 TIF1 β について、幹細胞の未分化状態維持促進活性があることを見出した。また、TIF1 β は C 末セリンのリン酸化型は主に活性化クロマチンに局在し、多くの未分化マーカーの発現を誘導することで未分化状態の維持に必須であることを明らかにしている (Seki, Kurisaki ら PNAS 2010)。iPS 化を促進する活性を持ち、神経分化を抑制する活性を有することを見出しており、現在その作用機構について解析を行っている。また、未分化 ES 細胞のミトコンドリアで高発現する PHB2 は ES 細胞の増殖を制御しており、過剰発現すると内胚葉と神経などの外胚葉への分化を抑制することを見出した (PLOS ONE in press)。細胞表面膜タンパク質についても、効率的に定量比較できるデファレンシャルプロテオミクス解析法を確立して、数十個の新規幹細胞表面タンパク質を同定し、主なものについてウエスタンブロットングや免疫蛍光染色により検証を行い Proteomics 誌で報告した。これらはヒト (患者) の体細胞から幹細胞を樹立するときの重要な表面マーカー候補となるだけでなく、分化誘導後の未分化な幹細胞の混入による癌化を防止するための表面マーカーの重要な候補となりうる因子群といえる。現在、これらの細胞表面マーカーの中から癌化の問題を解決しうる有用な細胞表面マーカーを検証中である。

さらに前駆細胞の表面マーカーも分化過程で適宜目的細胞への分化を評価・選別する上で重要と考えられる。我々は胃の前駆細胞に相当するマウス胎児の胃の形成期の組織を取出してマイクロアレイ解析し、胃の前駆細胞特異的に発現する表面マーカーを見出した (野口ら Gene Expression Patterns 2012)。さらに我々は、肺の様々な構成細胞を分化させるための条件を検討するため、各種増殖因子の効果を検討し、特に BMP シグナルが初期分化制御に重要であることを明らかにした (二宮ら In vitro cell differentiation Animal 2013)。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 幹細胞、器官形成、再生医療

[テーマ題目3] 間葉系幹細胞から心筋組織誘導するためのマーカー分子の探索

[研究代表者] 栗崎 晃

[研究担当者] 栗崎 晃、高田 仁実、石嶺 久子、
山川 哲生 (常勤職員2名、他2名)

[研究内容]

ヒト組織には、骨髄由来の造血幹細胞や間葉系幹細胞、脂肪組織由来の幹細胞など、様々な組織に組織幹細胞が存在する。しかしながら、これら組織から取り出した幹細胞を含む集団は種々雑多な細胞が混在する不均一な細胞集団であり、幹細胞を用いた再生医療を効果的かつ安全に遂行するためには、細胞品質を検証する重要性が指摘されている。現在間葉系幹細胞として用いられている接着性の細胞集団の中には、分化能が異なる様々な幹細胞・前駆細胞が含まれると考えられており、個々の治療に適した細胞種の選択を可能とする評価技術が望まれている。このような幹細胞集団の細胞品質を検証するひとつの方法として細胞表面マーカーの使用が考えられている。目的組織への分化能が高い幹細胞を特定できる細胞表面マーカーがあれば、それを利用して様々なロットの間葉系幹細胞の細胞品質を評価することができる。例えば、心再生に適した間葉系幹細胞、肝細胞分化能の高い間葉系幹細胞、膵 β 細胞への分化能が高い間葉系幹細胞など、移植部位に適した均一な間葉系幹細胞集団かどうかを適切に評価することができれば、幹細胞治療効果を最大限に引き出し、安定した治療結果へと結びつけることが可能になる。

そこで、心再生に関連する幹細胞や前駆細胞を規定できる細胞表面マーカーを利用してヒト間葉系幹細胞の分化能を評価する方法の有効性を検証する。最近、我々は ES 細胞を用いた心筋分化法を開発し、その分化過程で細胞表面マーカーを利用して心筋特異的に分化する幹細胞や前駆細胞を選別する方法を見出した。これらのマーカータンパク質を間葉系幹細胞に応用し、心再生に適した評価技術の開発を検討した。ところ、発生期の心臓で発現する表面マーカー群に注目して、間葉系幹細胞における発現量とその心筋分化能との相関を検討した結果、ヒト間葉系幹細胞の心筋分化能を予言的に評価しうる新たな細胞表面マーカー N-cadherin を見出した。さらに、この表面マーカー抗体でヒト間葉系幹細胞を濃縮することで心筋分化能力の高いヒト間葉系幹細胞集団を得ることに成功した (Ishimine ら BBRC 2013)。しかし間葉系幹細胞から心筋を効率的に分化させる方法はまだ未開発であり、今後も分化技術の開発を進めていく必要がある。本研究成果については現在論文投稿中である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 幹細胞、再生医療

[テーマ題目4] ヒト幹細胞の標準化

[研究代表者] 伊藤 弓弦

[研究担当者] 伊藤 弓弦、栗崎 晃、平林 淳、
館野 浩章、小沼 泰子、相木 泰彦、
樋口 久美子、清水 真都香、
鈴木 加代、比江森 恵子
(常勤職員5名、他5名)

[研究内容]

ES/iPS 細胞の産業応用を実現していく上では、ES/iPS 細胞の未分化状態を統一的に評価・判別するための「評価指標」及び「その簡便な判別方法の確立」の作成が必要とされている。ES/iPS 細胞は株や培養方法に依存してその未分化状態や分化指向性に差が生じることが知られているため、数多くの ES/iPS 細胞株に関するエピゲノム、トランスクリプトーム、グライコム等を明らかにし、各ファクターの情報統合することにより、ES/iPS 細胞の品質管理をするための「マーカー開発」及び「品質管理システム確立」を目指している。また、ES/iPS 細胞よりも安全性の面から臨床応用が近い、間葉系幹細胞の品質管理マーカー及びそれらを搭載した品質カタログの作成も、同様のストラテジーで進めている。これらは、今後 ES/iPS 細胞等幹細胞の応用技術を開発する上で必須となる「幹細胞の標準化」に直結する極めて重要なアプローチである。

また、上述の成果を基盤に、ヒト幹細胞の安定大量供給を目指して、自動培養装置の開発/検証を進めている。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 幹細胞、再生医療

[テーマ題目5] 成体の組織幹細胞の制御機構の解析と自己組織幹細胞を用いた再生医療法の開発

[研究代表者] 桑原 知子 (幹細胞工学研究センター)

[研究担当者] 桑原 知子、伊藤 弓弦、小沼 泰子、
若林 玲実 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

成体の脳内には日々分裂し、神経新生を起こしている神経幹細胞が存在する。近年の研究から、「成体期」の神経新生は、発生段階の「胎生期」とは全く違った制御機構であることが徐々に明らかになってきた。成体の海馬で生じる神経新生現象は、記憶や学習機能、またうつ病、認知症やアルツハイマー等の神経疾患とも密接な関係がある。

うつ病など個人の状態 (慢性ストレスや経験、環境による変化) で罹患および病態が左右するような脳神経疾患と、成体の神経新生の分子メカニズムの相関を調べるため、健常体コントロールグループのラットと、鬱病モデルグループのラットを作成した。それぞれの海馬から成体神経幹細胞を樹立し、培養システムを構築した。まず *in vitro* でうつ病および神経疾患関連遺伝子の発現

プロファイルを詳細に調べ、候補遺伝子の制御機構への関与解明に解析を進めた。さらに、病態を左右しうる候補遺伝子の発現量の増減が、転写レベルで左右されているのか、エピジェネティックに制御されているのかを調べるため、ゲノム上の制御配列 (プロモーター領域) のクロマチン免疫沈降やメチル化状態の比較を検討した。

その結果、うつ病ラットと正常体ラット間の比較発現解析により、ラットの脳海馬の Dentate Gyrus 領域から樹立したプライマリー・アストロサイト細胞培養系において、神経新生を誘導する細胞外因子 Wnt3 の顕著な発現変動を確認した。疾患による Wnt3 因子の発現減少に伴って変動するシグナル下流因子を絞り込み、候補遺伝子のシグナル応答について、ノックダウンおよび過剰発現系を構築し、培養細胞系だけでなく *in vivo* での効果に付いても評価を行い、成体の神経新生に与える影響を評価した。

そのほか、糖尿病の早期治療や診断、再生医療に有用な組織幹細胞の培養方法について研究を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 神経疾患、うつ病、幹細胞、糖尿病、再生医療

[テーマ題目6] 安全性の高いヒト人工多能性幹細胞 (iPS 細胞) 樹立法の開発

[研究代表者] 中西 真人

[研究担当者] 中西 真人、佐野 将之、大高 真奈美、
高安 聡子、飯島 実
(常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

iPS 細胞は、数個の初期化遺伝子を異所的に発現させることにより、皮膚の線維芽細胞など初期化して作製した胚性幹細胞 (ES 細胞) と同等の機能を持つ細胞である。しかし、従来の iPS 細胞は、染色体上に初期化遺伝子が残っているため安全性の懸念があった。本研究では、4個のヒト遺伝子 (Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc) を搭載した持続発現型 RNA ベクター-SeVdp-iPS を使ったヒトの組織細胞の初期化、特に末梢血由来細胞の初期化について解析した。

本年度は、ヒト末梢血に含まれる白血球の一種、単球を素材として作製したヒト iPS 細胞の性質を検討した。単球は、リンパ球と違って抗体遺伝子や T 細胞レセプター遺伝子の再構成が起こっていないため、線維芽細胞と同様に受精卵と同じゲノムを持つ。そのため、造血幹細胞に分化できる可能性がある他、リンパ球由来 iPS 細胞よりも安全性が高いと考えられる。ES 細胞特異的なマーカーとして知られている Nanog や TRA-1-60 抗原を強く発現している単球由来のヒト iPS 細胞の分化能をテラトーマ解析で調べたところ、内胚葉 (消化管)・外胚葉 (神経)・中胚葉 (軟骨) への分化が確認できた。

末梢血からの iPS 細胞の樹立は、組織を提供する患者

の負担を軽減する非常に重要な進歩であり、現在、さらに多くの外来遺伝子を搭載し単球の初期化効率を大幅に改善できる SeVdp-iPS ベクターの開発を進めている。以上の成果は、安全性の高いヒト iPS 細胞の作製に向けた大きな一歩であり、今後は作製した iPS 細胞のさらに詳細な解析を通じて、ヒト iPS 細胞技術の標準化に貢献することを目指している。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 iPS 細胞、再生医療、ウイルスベクター

【テーマ題目 7】 革新的バイオ医薬品製造技術の開発

【研究代表者】 中西 真人

【研究担当者】 中西 真人、佐野 将之、福村 美帆子
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

バイオ医薬品の多くは動物細胞で産生されるが、高い遺伝子発現を得るために染色体に組み込まれた遺伝子のコピー数を増幅する段階が非常に時間と労力を要すること、抗体のように複数のサブユニットからなるタンパク質は、それらを同時に増幅することが困難であること等が問題点としてあげられている。さらに遺伝子増幅が可能な細胞はハムスター CHO 由来細胞にほぼ限られている。

産総研が開発したオリジナル技術「欠損・持続発現型センダイウイルスベクター (SeVdp)」は、遺伝子増幅することなく最初から非常に高い遺伝子発現が持続すること、幅広い動物種由来の細胞で同等の遺伝子発現が可能であることなど、多くの利点を有している。

本年度は、昨年度に達成した抗体の H 鎖と L 鎖を同時に搭載した SeVdp を改良し遺伝子発現を強化することを検討した。まず、培地中のヒト IgG の量を正確に測定する系を、dot blotting 法を使うことにより完成した。次に、SeVdp-IgG ベクターの遺伝子発現を上昇させるために、RNA polymerase の発現強化に取り組み、BHK 細胞と無血清培地との組み合わせで常時 5pg/cell/day の発現を達成した。以上の結果は、従来のように外部から導入した遺伝子を増幅することなく高発現することで、抗体医薬品の簡単な多品種中量生産に道を開いたものと評価できる。

今後、発現量を厳密に定量して、それを指標にさらに遺伝子発現効率を上昇させる工夫を行っていく予定である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオ医薬品、ウイルスベクター

【テーマ題目 8】 マイクロプロセスおよび機能性材料を利用した細胞機能誘導技術の開発

【研究代表者】 金森 敏幸

(医薬品アッセイデバイスチーム)

【研究担当者】 金森 敏幸、須丸 公雄、馬場 照彦、

高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢、
柳川 史樹、田村 磨聖、森下 加奈
(常勤職員5名、他5名)

【研究内容】

上市された医薬品の1製品当たりの開発費は1,000億円に達するという報告もあり、開発費の高騰が新薬開発の阻害要因となっていると指摘されている。新薬開発の費用削減のためには、いわゆるリード化合物(医薬品候補化合物)の効果的なスクリーニングが極めて需要である。この目的で、動物細胞を用いたアッセイ(細胞アッセイ)が既に用いられているものの、動物実験や臨床治験との相関が必ずしも十分ではない点が問題視されている。

我々はこの問題を解決する鍵として、細胞培養環境の精密制御に着目している。細胞の大きさがたかだか数十μmであることを勘案すると、複数種の細胞を目的とする空間配置で培養し、細胞周囲の濃度分布や剪断応力を精密に制御しながら培養するためには、マイクロプロセスが適している。

本研究テーマでは、細胞の培養からアッセイまでの一連のプロセスを一つのマイクロチップ上に集約したマイクロ組織チップの開発を目指している。

昨年度まで第一三共(株)との共同研究によって開発を進めてきたより応力付加型灌流培養チップについては、操作性を著しく向上したタイプに設計を変更し、また自動制御装置も同時に開発し、現在同社において数百個単位の試用を開始したところである。

光応答性細胞培養基材については、新たな材料を数種開発し、その物理化学的な性質を明らかにして、国際学会を含むいくつかの国内学会において発表し、大きな反響を生んだ。現在はこの材料を用いた基材において細胞を培養し、光照射による変化を観察中である。

光分解性ゲルによる3次元培養技術は、がん細胞を培養しつつ、その形態によって特定の細胞を培養系から取り出すことに成功し、エンジニアリングシステム(株)、筑波大学医学部消化器内科、名古屋大学大学院創薬科学研究科と共同研究を行い、革新的がん細胞診断システムのα機の試作に取り組んでいる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞アッセイ、ハイスループットアッセイ、マイクロプロセス

【テーマ題目 9】 膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発

【研究代表者】 高木 俊之

(医薬品アッセイデバイスチーム)

【研究担当者】 高木 俊之、金森 敏幸

(常勤職員2名)

【研究内容】

脂質膜および膜タンパク質から成る脂質-膜タンパク

質ハイブリッドセンサは、医薬品開発のスクリーニングツールとして注目されている。本研究は、安定人工脂質膜の設計・機能評価、膜タンパク質再構成基材の設計・機能評価、人工脂質・膜タンパク質複合化、複合体の機能性基板への固定化・機能評価により、安定な脂質-膜タンパク質複合体を利用したバイオセンサの開発研究を行うことを目的としている。

本年度は、人工脂質として部分フッ素化二鎖型リン脂質および擬環状人工脂質の合成経路の検討（高純度・高収量で多種多様な脂質群の合成可能な経路探索）を行った。ジパルミトイルホスファチジルコリン（DPPC）由来の部分フッ素化二鎖型リン脂質（部分フッ素化DPPC）およびジミリスチルホスファチジルコリン（DMPC）の二量化体である擬環状型人工脂質（PC-DMPC）の合成に成功した。

また種々の物性測定から、ペルフルオロアルキル基の導入により気水界面における単分子膜安定性が向上すること、ゲル-液晶相転移温度が低下すること、膜表面付近の流動性が高いこと、などの知見を得た。さらにPC-DMPCへの膜タンパク質バクテリオドプシン（bR）の再構成条件の検討を行い、bRの再構成膜の作製に成功（可視吸収スペクトルおよび円二色性スペクトルにより確認）した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 フッ素、擬環状型人工脂質、膜タンパク質、再構成

【テーマ題目10】 三次元組織光造形法の開発

【研究代表者】 杉浦 慎治（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 杉浦 慎治、柳川 史樹、高木 俊之、須丸 公雄、金森 敏幸
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本研究では、複雑な微細構造を有する三次元細胞システムを構築する新手法として、フォトリソグラフィの要領で三次元組織を加工する「三次元組織光造形法」の開発を目指している。この方法では、光分解性ゲルに細胞を内包化し、微細パターン光を照射して照射領域のゲルを分解し、照射光のパターンを反映した微細構造を有する三次元組織を加工する。当該年度は光分解性ゲルに細胞を内包して作製した三次元組織体をマイクロ流体デバイスに組み込むことにより、作製した三次元組織の灌流培養を行う手法を確立した。モデルケースとしてゼラチンと光開裂性架橋剤 NHS-PC-4armPEG を混合して作製した光分解性ゲルにヒト肝癌由来の HepG2細胞を内包し、マイクロパターン光照射により、所定の三次元構造を有する組織体を得た。マイクロ流体デバイスはポリジメチルシロキサンを用いてソフトリソグラフィ法により作製した。閉閉型のマイクロチャンバーを有するマイクロ流体デバイスを採用することで、三次元組織体

の構造を破壊することなく、培養チャンバーに作製した三次元組織体を組み込むことができ、三次元組織体に培養液を流しながら培養できることを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高分子ゲル、組織工学、三次元構造

【テーマ題目11】 ウルトラスルーブットな PCR→無細胞タンパク質合成を実現するマイクロゲル粒子分散型反応システムの開発【参画】

【研究代表者】 杉浦 慎治（幹細胞工学研究センター）

【研究担当者】 杉浦 慎治、佐藤 琢、金森 敏幸
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、本申請では、筑波大学と共同で開発した基礎技術を基盤として、拡散による外水相からの分子供給が可能なマイクロサイズのアガロースゲル粒子を反応場として、PCR から無細胞タンパク質合成を行う2段階の生化学反応を超並列的に行い、 $10^6 \sim 10^9$ 以上の極めて大規模な DNA ライブラリーから新奇な酵素やタンパク質を進化分子工学的手法により獲得するウルトラスルーブットなマイクロゲル粒子分散型反応システムの開発を目指している。

本年度は粒径の均一なアガロースゲルビーズを作製するため、マイクロ流路を用いた液滴の作製方法について主に検討した。フォトリソグラフィとレプリカモールドニング法を用いてゲルビーズ作製用マイクロ流路チップを作製し、粒径の均一なアガロースゲルビーズが調製できることを確認した。また、プライマーを固定化したアガロースゲル内で PCR を行う際の、アガロースの存在の影響、およびプライマーを固定する影響を評価した。プライマーを修飾する事で DNA 増幅が減少することが示唆されたが、DNA 増幅を実施可能であることが確認された。本研究は筑波大学の市川創作教授との共同研究である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高分子ゲル、タンパク質スクリーニング、マイクロリアクター、エマルジョン

【テーマ題目12】 糖鎖プロファイリングによる細胞評価技術開発

【研究代表者】 平林 淳（糖鎖レクチン工学研究チーム）

【研究担当者】 平林 淳、館野 浩章、伊藤 弓弦、小沼 泰子、鈴木 加代、比江森 恵子、村上 仁子、箕嶋 文、清井 佳代
（常勤職員4名、他5名）

【研究内容】

再生医療の実現には各種有用マーカー、中でも未分化性、分化能の指標となる信頼性の高いマーカー検出技術の開発が必須である。当チームが糖鎖医学研究センター時代に世界に先駆け開発した糖鎖プロファイリング

(レクチンマイクロアレイ) 技術を、幹細胞工学研究センターの有する、細胞培養技術、分化制御技術と連携させることで、幹細胞の分化度や分化指向性を評価・選別する実効性に優れた細胞表面マーカーを開発する。企業共同研究を含めた研究開発を通し有効性の認められたマーカー検出プローブ(レクチン)については速やかに特許出願するとともに、関連企業へのライセンスを通しメーカーから販売することで、速やかな社会還元を努める。具体的には、実用化が期待される iPS/ES 細胞等の多能性未分化性を瞬時に判断可能な糖鎖マーカーや、より実用性の早い各種間葉系幹細胞の分化能・増殖能を担保する糖鎖関連マーカーの開発に注力することで、社会が要請する安心・安全な再生医療の実現に貢献する。

当該チームが糖鎖工学研究センター時代に開発、上市したレクチンマイクロアレイのさらなる性能向上を目指し、従来45種であったレクチン数を96に倍加させた高密度レクチンマイクロアレイを開発。搭載した40種近くの組み換えレクチンを共同研究企業にライセンスし、すでに数品目については上市されている。上記高密度レクチンマイクロアレイを用い、所内外連携を通じ、iPS・ES 細胞と体細胞の比較糖鎖プロファイリングを実施した結果、未分化細胞に特徴的な糖鎖変化の検出に成功し、新規未分化細胞検出プローブ、rBC2LCN の発見に至っている (Tateno et al., 2011, J Biol Chem)。山中4因子の導入によってもたらされる糖鎖変化は、Nグリカンにおけるシアル酸結合様式の $\alpha 2-3$ 型から $\alpha 2-6$ 型への変化、OグリカンにおけるHタイプ3構造(Fuca1-2Gal β 1-3GalNAc)の出現等に顕著にみられることが、詳細な構造解析によって示された (Hasehira et al., 2012, Mol Cell Proteomics)。一方、本レクチン、rBC2LCN は体細胞には全く結合しない反面、iPS/ES 細胞にきわめて鋭敏に、かつ固定操作をせず生染色できることが判明し (Onuma et al., 2013, Biochem Biophys Res Commun)、その結合相手はポドカリキシンという多数のOグリカンで覆われた膜タンパク質であることを示している (Tateno et al., 2013, Stem Cells Transl Med)。さらに、ポドカリキシンが未分化細胞から培地中へと分泌されることを見出し、これを計測するためのユニークなレクチン-レクチンサンドイッチアッセイ系を開発した (Tateno et al. Sci Rep 2014)。rBC2LCN は分子量16,000の小タンパク質で、大腸菌で簡単に大量生産できるなど、今までの抗体プローブと比べ種々の利点をもつことなどから、様々な実用化に向けた研究を展開している。一方、間葉系幹細胞の分化・増殖能を担保するような糖鎖マーカーの開発を関連研究者と連携しながら進めることでいくつかの有望な検出プローブ(レクチン)の同定に至った。

[テーマ題目13] 間葉系幹細胞を活用した幹細胞操作技術とメタボリックデバイスの開発

[研究代表者] 木田 泰之(間葉系幹細胞ダイナミクス研究グループ)

[研究担当者] 木田 泰之、高山 祐三、榎岡 博子、渋谷 陽一郎、中須 麻子
(常勤職員2名、他3名)

[研究内容]

実用化できる幹細胞操作技術の開発において、間葉系幹細胞の活用を最優先候補として技術開発する。そのアウトカムである幹細胞および分化誘導細胞・機能細胞を用いる再生応用を実施することを目標とする。

I. 次世代シーケンスからの統合データ取得・解析技術の開発

効果的かつ確実な治療や病気の予測等に利用できる次世代シーケンスによるゲノム・エピゲノムデータは膨大であるが、それ故、目的の結果を導く手段の発達が遅れている。本技術は、エピゲノム情報を紐解く効果的な情報解析を可能とする。現在、統合解析・運用において最先端にある生命情報工学研究センターと共同にて、エピゲノム情報を解析している。本テーマにおいて、次世代シーケンサーをフル活用して得られる間葉系幹細胞の完全遺伝情報の整備、その情報を活用した神経細胞や心血管系細胞へのTrans-differentiation (Direct-reprogramming) 技術の開発、さらには複数誘導細胞を組織化・機能化するための3次元組織構築技術及び電子デバイスとの融合技術開発を行っている。

II. 遺伝的性質に基づいた幹細胞同定技術と微細加工による特異的分化誘導・組織構築技術

先端的細胞医療においてはiPS細胞の登場より以前から間葉系幹細胞が使われているが、性質は規定されていない。本技術は、遺伝的性質および細胞外環境の制御により、有用な細胞を抽出・利用することを可能とする。オミクスデータ解析結果からマーカーによる新規幹細胞の同定、最先端の微細加工技術から開発している新規デバイスへのアダプテーションによる幹細胞培養の研究および開発を進めている。

生体内臓器は特徴的な3次元構造を構築することで特異的な機能を獲得する。機能制御では、臓器が神経信号制御を受けることで生体は複雑な生理活動を調節し、恒常性を維持している。これを踏まえると幹細胞を用いた再生医療応用や創薬支援に対しても誘導細胞を3次元組織化させ、生体臓器と類似する機能を人為的に制御することが重要である。本テーマでは、微細加工技術を積極的に利用した3次元組織化技術、誘導神経細胞と電子デバイスを用いた神経インターフェース技術に基づく誘導組織機能の観測と制御技術開発を行っている。

この「幹細胞作製技術」と「微細加工技術」の両面から、高次脳機能、メタボリズム、癌を機能的に制御する組織デバイス(メタボリックデバイス)を開発することを目指している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 間葉系幹細胞、再生医療、細胞分化

〔テーマ題目14〕 膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発

〔研究代表者〕 須丸 公雄

(医薬品アッセイデバイスチーム)

〔研究担当者〕 須丸 公雄、高木 俊之、金森 敏幸
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

ヒト細胞を含む動物細胞の利活用が本格的に検討される中、培養基材上の細胞をそのままの状態に精密・迅速に統計解析を行う技術 (imaging cytometry) が広く普及している。こうした状況において本研究では、互いにつながった培養細胞の切断・剥離・細分化等の物理操作を、面的な精密光照射によって行うことのできる光応答性培養基材、及びそれを用いた新規細胞プロセッシング技術を開発する。閉鎖培養系内部での足場依存性細胞に対し、削り取る、ちぎるといった「力づく」プロセッシングを、透明光路を通じて光で外部から無菌に行えるアドバンテージは重要である上、面的な精密光照射で制御する本開発技術は、画像技術との連携やコロニー等の細胞集団への適用などにおいて特に優位性が高く、今後活発化が予想される培養細胞利活用の場に、パワフルな汎用バイオツールを提供することが期待される。

主鎖を PMMA とする強酸型光酸発生 (PAG) ポリマーを所定の条件でコーティングすることにより光応答性培養基材を作製、MDCK 細胞を十分な密度になるまで培養、波長350-450nm の光を線幅28-42 μ m のグリッドパターンに沿って照射すると、2時間後には照射域の細胞が潰れて崩壊し、結果として細胞単層が切断されることが見いだされた。その後5分間コラゲナーゼ処理を行ってから、表面に培地を吹き付けることで、細分化された細胞の単層シートをセルクランプとして培養基材から剥離、それらを別の培養ディッシュに回収できることが実証された。また、回収直後のセルクランプ数および18時間後の生着コロニー数を解析した結果、グリッドパターン照射によって細胞単層から切り出されたセルクランプのほとんどが、十分な viability を維持した状態で回収され、元の切り出し数に対して80%を越える割合でコロニーとして生着率する操作条件が見いだされた。投影パターンによって切り出し単位の面積を変えることにより、翌日のコロニーサイズを制御できることが明らかになった。さらにこの手法を、ヒト iPS コロニーの継代操作に必要な細分化プロセスに適用、実際に細胞単層が揃ったサイズに細分化され、継代後も未分化状態を維持したまま、コロニーに増殖することが確認された。これらの実験結果より、マイクロパターンのプロジェクションによって、様々な足場依存性細胞の細胞単層から、任意のサイズに揃った

セルクランプが、その viability を大きく損なうことなく作製できることが実証された。

〔テーマ題目15〕 HDL 型脂質膜ディスクによる膜タンパク質配向制御技術の開発

〔研究代表者〕 馬場 照彦 (幹細胞工学研究センター)

〔研究担当者〕 馬場 照彦 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

血漿中に存在するアポリポタンパク質 A-I (apoA-I) は、脂質存在下で、高密度リポタンパク質 (HDL) を形成し、その構造維持や脂質代謝に関与することが知られているが、HDL 形成初期では、脂質と均一サイズの開放構造である脂質膜ディスク構造を形成することが特徴的である。この現象に着目し、本研究では、1) apoA-I 改変によるディスク膜骨格タンパク質の高機能化、2) 人工脂質を用いた膜タンパク質再構成系の構築と配向制御技術に関する方法論を開発することを目的とする。この技術により、膜タンパク質をバイオセンサの要素として利用することや、1分子構造機能解析に資する基盤技術を得ることを目指す。

平成25年度では、apoA-I の一次配列を一部改変したディスク膜骨格タンパク質をいくつか作出し、汎用リン脂質との複合化により、直径10~20nm の脂質膜ディスクが生成することをゲルろ過法や透過電顕法により確認した。また膜骨格タンパク質の配列内に特定の基板と相互作用可能なモチーフを導入し、アフィニティゲルろ過法により、脂質膜ディスクを分離・精製する条件を得た。この方法で、膜タンパク質モデルを導入した脂質膜ディスクを分離・精製可能なことを予備的に確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 アポリポタンパク質、脂質、脂質膜ディスク、膜タンパク質、再構成、バイオセンサ

⑤ 【創薬分子プロファイリング研究センター】

(Molecular Profiling Research Center for Drug Discovery)

(存続期間：2013. 4. 1~)

研究センター長：夏目 徹

副研究センター長：堀本 勝久

副研究センター長：久保 泰

所在地：臨海副都心センター

人員：11名 (11名)

経費：572,494千円 (361,220千円)

概要：

現在、世界的に新薬開発力が急速に喪失しつつある。我が国においても例外ではなく、過去6年間での新薬開

発費の総額は約8兆円であるが、日本独自の新薬の上市は25品目にとどまる。この問題に産官学が一体となって取り組まなければならないが、創薬の経験のないアカデミアと製薬業界の乖離は甚だしく、両者の役割分担スキーム、連携のモデルといったものは示されておらず、強い社会的要請に応えることが未だ出来ない。

新薬開発上のボトルネックであり、アカデミアと産業界を乖離させる最大の要因はヒット化合物をリード化するうえでの、化合物プロファイリング※の非効率性・曖昧性である。しかし、この問題は各企業が単独で解決することは出来ず、アカデミアにおいて、この問題に取り組んでいる研究機関はない。そこで本研究センターでは、産総研内に構築された世界屈指の研究リソース計測・解析技術やデータベース構築技術を発展させるとともに、これらを活用し化合物プロファイリングの問題に特化して取り組み解決する。さらにこのプロファイリング技術を広く提供し、産業界と他のアカデミア研究機関とを有機的に橋渡し連携させ、創薬産業を短期的に活性化させるとともに、産学官「一体型」創薬を実現し、創薬開発プロセスの効率化・高度化を図るとともに、生命科学における新パラダイム創出を目指すことを本研究センターのミッションとする。

※化合物の作用・副作用について、標的、ネットワーク上での位置づけ、原子論的な作用機構などを知り尽くすこと。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) 定量プロテオミクスの高度化と自動化
- (2) タンパク質アレイによる創薬支援
- (3) 数理システム解析と情報統合による知的基盤構築
- (4) 計測と理論計算の融合による分子設計

内部資金：

融合・連携推進予算(戦略予算)「失敗から学ぶ新しいリード創薬支援技術の開発」

FIRST 事業(戦略予算)「インタラクティブバイオ計測・ITによる創薬支援技術の開発」

外部資金：

文部科学省受託研究費「がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発」(がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発)

経済産業省受託研究費「平成25年度産業技術研究開発(ライフサイエンスデータベースプロジェクト)」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構「海洋微

生物解析による沿岸漁業被害の予測・測定技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「再生医療のための細胞システム制御遺伝子発現リソースの構築」

独立行政法人科学技術振興機構「生体防御系を利用した疾患診断の基盤技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構「分子モデリングに基づく高度創薬支援」

独立行政法人科学技術振興機構「メタデータの付与とヒト遺伝子関連オントロジー構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金「摂食障害のプロテインアクティブアレイを用いた網羅的自己抗体スクリーニング」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ポストゲノム解析による感染体一宿主ネットワーク」

日本学術振興会 科学研究費補助金「X線結晶構造解析・核磁気共鳴法の融合によるキナーゼ複合体の動的立体構造解析」

日本学術振興会 科学研究費補助金「タンパク質間相互作用部位をターゲットとした新規バイオ医薬品の開発 小胞体レドックスネットワークを中心とする小胞体品質管理機構の解析」

日本学術振興会 科学研究費補助金「中心体・一次シリアと細胞周期」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤」

日本学術振興会 科学研究費補助金「シリア・中心体系による生体情報フローの制御」

日本学術振興会 科学研究費補助金「網羅的自己抗体プロファイリング法に基づく免疫性神経疾患の病態解明と治療戦略の構築」

日本学術振興会 科学研究費補助金「C型慢性肝炎治療成績の向上と肝発癌阻止を目指した分子基盤の確立」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ヒト由来膜タンパク質のNMR構造解析に向けた基盤研究」

厚生労働省 科学研究費補助金「CHP/NY-ESO-1ポリペ

ブチドがんワクチンの術後食道癌症例を対象とした多施設共同前期第 II 相臨床試験」

厚生労働省 科学研究費補助金「インフルエンザウイルス複製に関する宿主因子とウイルス因子のインターフェースを標的とした新規抗ウイルス薬探索の基盤研究」

武田財団 研究助成金「インフルエンザの撲滅に向けて：インフルエンザウイルスの増殖阻害抗体を用いた創薬研究」

武田財団 研究助成金「難病治療用の組換え酵素及び化学合成糖タンパク質製剤の開発戦略と新規有効性評価システムの構築」

経済産業省「天然物化合物及び IT を活用した革新的医薬品創出技術」

発表：誌上発表32件、口頭発表56件、その他2件

定量プロテオミクスチーム

(Quantitative Proteomics Team)

研究チーム長：五島 直樹

(臨海副都心センター)

概要：

創薬を支援するために定量プロテオミクスの技術基盤開発を行っている。ナノテク、クリーン技術と高度なロボット技術を駆使し、超々高感度な質量分析システムを構築し、化合物のターゲット決定と、薬理薬効メカニズム解明に役立っている。

また、質量分析による網羅的絶対定量を実現するために、プロテオームワイドな内標準タンパク質の合成システム(In vitro proteome)を構築している。In vitro proteome は、プロテインアレイとしても活用されており、血清中の自己抗体プロファイリングによって疾患の診断やバイオマーカー探索にも応用されている。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2

数理システム解析チーム

(Computational Systems Biology Team)

研究チーム長：堀本 勝久

(臨海副都心センター)

概要：

創薬支援、副作用予測等に応用可能な数理解析技術を開発している。特に、近年開発した独自技術は、時間や環境に応じて変化する動的ネットワーク構造評価技術を改良し、具体的な要因候補分子の絞り込むための技術(ネットワーク・スクリーニング)と多層オミクスデータを利用した表現型データから分子機能を同定する技術である。

さらに、独自開発数理解析技術を体系的に融合し、オミクスデータから検証可能な要因候補分子選定のための分子群絞り込みシステムやドラッグリポジショニングのための薬剤候補推定システムを構築している。

研究テーマ：テーマ題目 3

データ管理統合チーム

(Data Management and Integration Team)

研究チーム長：夏目 徹

(臨海副都心センター)

概要：

パブリックやプライベート・クラウドコンピューティングなどの IT 技術を利用し、実験データ、データベース、ソフトウェア、解析ツールを選択・組み合わせ可能とする環境の整備を行い、利用目的に合った情報解析システムを開発している。

また本センターにおける様々なデータの収集・集約を行い、データの一元管理による品質維持を実施することで、効率的な解析や研究上の意思決定に活用可能となる知的インテグレーション・システムの構築を目指している。

研究テーマ：テーマ題目 3

分子相互作用解析チーム

(Molecular-Recognition Structure Analysis Team)

研究チーム長：福西 快文

(臨海副都心センター)

概要：

主に溶液 NMR 実験装置を用い、独自のタンパク質発現技術、測定技術を駆使することで、タンパク質-タンパク質間、タンパク質-薬剤間相互作用の立体構造的解析を行っている。

さらに、理論分子設計チームで開発された手法を用いて、NMR の実験結果を満たすように3次元的な構造モデル構築を行うことも可能であり、視覚的に、薬物の作用様式を高い精度で解明することができる。また、これらの技術のユーザーに向けた技術指導も行っている。

研究テーマ：テーマ題目 4

理論分子設計チーム

(in-silico Drug Design Team)

研究チーム長：広川 貴次

(臨海副都心センター)

概要：

創薬支援ソフトウェア myPresto、各種創薬支援ソフトウェア、化合物データベースなどを開発しており、ユーザーのニーズに合わせたソフトウェアの改変・作成が可能である。また、タンパク質-タンパク質複合体阻害剤を始め、数十の標的タンパク質に対して、数

百のヒット化合物に加え、多数のリード化合物の創成に関わった経験がある。

これらのノウハウと技術により、市販ソフトウェアを超える性能、市販ソフトウェアでは実現できなかった作業を可能にし、日本の分子設計の技術的課題解決をリードしている。

研究テーマ：テーマ題目 4

[テーマ題目 1] 定量プロテオミクスの高度化と自動化

[研究代表者] 夏目 徹 (研究センター長)

[研究担当者] 夏目 徹、新木 和孝、北澤 将史、
 五島 直樹 (常勤職員4名、他15名)

[研究内容]

研究目的:

定量プロテオミクス基盤技術の高度化

研究内容:

定量プロテオミクスのための自動化とロボット技術の基盤技術開発とその高度化を行う。解析プラットフォームとして最適化しさらなる自動化と効率化を推進しつつ、複数社の製薬企業との実証研究の展開を行う。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

当センターと安川電機と共同開発したヒト型汎用ロボットの産業化を開始し、国内外に約10システムの導入が開始された。今後、さらに、汎用性を応用領域を拓げるため、ティーチングインターフェースの開発、自走軌道発生機能の追加、およびセンシング技術の高度化と実証研究を実施している。

上記ロボットシステムの試験導入を行い、創薬プロテオミクスのワークフローを自動化し、人手によるサンプル処理よりもより再現性が高く高精度な解析が行える事を実証している。

当センターで整備される、定量プロテオミクスの解析プラットフォームを用い、第一三共社が開発中の新薬の分子プロファイリングを実施している。

当センターで整備される、定量プロテオミクスの解析プラットフォームを用い、味の素製薬社が開発中の新薬の分子プロファイリングを実施する。また、現在共同研究中のドロップ薬のプロファイリングも続行する。

当センターで整備される、定量プロテオミクスの解析プラットフォームを用い、武田製薬社が開発中の新薬の分子プロファイリングを実施するとともに、ドロップ薬のプロファイリングに関する共同研究も実施する。

当センターで実施される定量プロテオミクスに必須なヒト標準タンパク質の高純度作製技術の開発を行う。現在、産総研の所有するヒト完全長 cDNA を基礎とする世界最大のヒトタンパク質発現リソースからヒトタンパク質を合成し、それをもとにした定量プロテオミクスが展開され、既に多くの成果を生んでいる。この標準タンパク質の作製技術をさらに高度化し、産総研が世界に誇る高感度質量分析技術と融合させ、超高感度測定技術の開

発を行っている。

IQGAP1 Protein Regulates Nuclear Localization of β -Catenin via Importin- β 5 Protein in Wnt Signaling.

J. Biol Chem. 288(51): 36351-60 (2013 Dec) PMID: 24196961

Goto T, Sato A, Adachi S, Iemura S, Natsume T, Shibuya H

Mesdc2 plays a key role in cell-surface expression of Lrp4 and postsynaptic specialization in Myotubes.

FEBS Lett. 587 (2013): 3749-3754 (2013 Oct) PMID: 24140340

Hoshi T, Tezuka T, Yokoyama K, Iemura SI, Natsume T, Yamanashi Y

Dynamic regulation of Ero1alpha and Prx4 localization in the secretory pathway.

J Biol Chem. 288(41):29586-94 (2013 Oct) PMID: 23979138

Kakahana T, Araki K, Vavassori S, Iemura S, Cortini M, Fagioli C, Natsume T, Sitia R, Nagata K

Ero1-alpha and PDIs constitute a hierarchical electron transfer network of endoplasmic reticulum oxidoreductases.

J Cell Biol 202(6): 861-874.(2013 Sep) PMID: 24043701

Araki K, Iemura S, Kamiya Y, Ron D, Kato K, Natsume T, Nagata K

The case in kinase 2-nrf1 axis controls the clearance of ubiquitinated proteins by regulating proteasome gene expression.

Molecular and Cellular Biology 33(17): 3461-3472. (2013 Sep) PMID: 238168811

Tsuchiya Y, Taniguchi H, Ito Y, Morita T, Karim MR, Ohtake N, Fukagai K,

Ito T, Okamuro S, Iemura S, Natsume T, Nishida E, Kobayashi A

PLEIAD/SIMC1/C5orf25, a Novel Autolysis Regulator for a

Skeletal-Muscle-Specific Calpain, CAPN3, Scaffolds a CAPN3 Substrate, CTBP1.

Journal of Molecular Biology 425(16): 2955-2972. (2013 Aug) PMID: 23707407

Ono Y, Iemura S, Novak SM, Doi N, Kitamura F,

Natsume T, Gregorio CC, Sorimachi H

LARP1 specifically recognizes the 3' terminus of poly(A) mRNA.

Febs Letters 587(14): 2173-2178. (2013 Jul) PMID: 23711370

Aoki K, Adachi S, Homoto M, Kusano H, Koike K, Natsume T

IQGAP1 functions as a modulator of dishevelled nuclear localization in Wnt signaling.

Plos One 8(4): e60865. (2013 Apr) PMID: 23577172

Goto T, Sato A, Shimizu M, Adachi S, Satoh K, Iemura S, Natsume T, Shibuya H

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 質量分析、ロボット技術、薬剤標的タンパク質、絶対定量

[テーマ題目2] タンパク質アレイによる創薬支援

[研究代表者] 五島 直樹(定量プロテオミクスチーム)

[研究担当者] 五島 直樹、福田 枝里子
(常勤職員2名、他34名)

[研究内容]

研究目的:

タンパク質アレイの実証研究への応用

研究内容:

プロテインアクティブアレイを創薬分子プロファイリングへ応用するための実証研究への応用を展開するとともに、ペプチドプローブ作製の基盤技術の完成により、さらのペプチドプローブアレイを大規模に製作し、定量プロテオミクスの基盤をさらに強化する。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

- 1) JST 先端計測分析技術・機器開発プログラムを採択し、北里大や千葉大と連携して炎症性腸疾患や川崎病の患者血清中自己抗体プロファイリングを開始した。また、国立がん研究センターとの共同研究を開始し、最新のがん免疫療法と自己抗体の変化を解析する研究基盤を構築した。
- 2) JST 再生医療実現拠点ネットワークプログラムを採択し、細胞システム制御遺伝子としてパスウェイ解析によって約500遺伝子を選出し、エントリークローンの構築を行った。これらの細胞システム制御遺伝子を実際に利用を図り、京都大学 CiRA や慶応大学医学部と共同研究を行い、角膜再生および心筋再生の2因子を発見した。また、プロテインアレイを使用した再生医療のための機能的プロテオミクスの基盤構築を行った。
- 3) センター内チーム間連携で自己抗体情報のデータベースの基盤を整備した。

Detection of tumor-associated antigens in culture supernatants using autoantibodies in sera from patients with bladder cancer.

Biomedical Research (Tokyo) 35 (1) 25-35, (2014)

Sho MINAMI, Ryo NAGASHIO, Junpei UEDA, Kazumasa MATSUMO, Naoki GOSHIMA, Manabu HATTORI, Kazuo HACHIMURA, Masatsugu IWAMURA, and Yuichi SATO

Genome-wide co-localization screening of nuclear body components using a fluorescently tagged FLJ cDNA clone library.

Methods in Molecular Biology (in press)(2014)

Tetsuro Hirose and Naoki Goshima

Integrated View of the Human Chromosome X-centric Proteome Project.

J. Proteome Res., 12, 58-61, (2013)

Tadashi Yamamoto, Keiichi Nakayama, Hisashi Hirano, Takeshi Tomonaga, Yasushi Ishihama, Tetsushi Yamada, Tadashi Kondo, Yoshio Kodera, Yuichi Sato, Norie Araki, Hiroshi Mamitsuka, and Naoki Goshima.

An active C-terminally truncated form of Ca²⁺/calmodulin-dependent protein kinase phosphatase-N (CaMKP-N/PPM1E)

BioMed Research International (in press) vol. 2013, Article ID 134813, 10 pages, 2013. doi:10.1155/2013/134813. (2013)

Atsuhiko Ishida, Kumiko Tsumura, Megu Oue, Yasuhiro Takenaka, Yasushi Shigeri, Naoki Goshima, Yasuhiro Ishihara, Tetsuo Hirano, Hiromi Baba, Noriyuki Sueyoshi, Isamu Kameshita and Takeshi Yamazaki.

An Efficient Non-viral Method to Generate Integration-Free Human iPS Cells from Cord Blood and Peripheral Blood Cells.

Stem Cells, 31(3), 458-66 (2013)

Keisuke Okita, Tatsuya Yamakawa, Yasuko Matsumura, Yoshiko Sato, Naoki Amano, Akira Watanabe, Naoki Goshima, and Shinya Yamanaka

Non-canonical NOTCH signaling limits self-renewal of human epithelial and iPS cells through ROCK activation.

Mol Cell Biol. 33 (22) , 4434 - 4447 (2013)

Takashi Yugawa, Koichiro Nishino, Shin-ichi Ohno,

Tomomi Nakahara, Masatoshi Fujita, Naoki Goshima, Akihiro Umezawa and Tohru Kiyono

〔分 野 名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 網羅的抗体解析、プロテインアレイ、バイオマーカー、抗原タンパク質、免疫モニタリング

〔テーマ題目3〕 数理システム解析と情報統合による知的基盤構築

〔研究代表者〕 堀本 勝久 (副研究センター長、数理システム解析チーム)

福井 一彦 (データ管理統合チーム)

〔研究担当者〕 堀本 勝久、福井 一彦、井上 雅世、末永 敦、山崎 智 (常勤職員5名、他6名)

〔研究内容〕

研究目的:

センター内計測データを含む創薬ビックデータの有効活用のための情報管理・統合システムの構築と、それらを利用した創薬のためのシステム数理情報解析技術の開発

研究内容:

当センターにおいて計測されるプロテオミクスデータ及び既知の知識・計測データに基づき、特異的な遺伝子群を表現型の相異から分子機能を推定する独自技術、既知関係性評価法 (ネットワークスクリーニング) により遺伝子群の階層的ネットワーク構造を高精度で解明する技術、シミュレーション技術により進展のキーとなる階層内要因分子を特定する技術の統合を進めている。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

- 1) 解析統合ソフトウェア KNIME により創薬ターゲット推定システムのプロトタイプを作成した。
- 2) 国立がんセンター研究所との共同研究により、乳がんと肺がんについて細胞株により得られた発現データから疾患特異的遺伝子刻印およびパスウェイを推定した。
- 3) 刺激応答パスウェイ推定システム構築のための公共データの収集を行った。
- 4) 悪性ガン併剤探索システム「薬効リプログラミング」を構築し、それにより悪性前立腺がんの併剤候補として ribavirin を発見した。
- 5) プラットフォームを用いた解析ツールの拡張として、マイクロアレイ解析に着手し、独自に開発された解析要素技術のノード化を行い、新規ワークフローを構築した。
- 6) 解析ツールとのシームレスな連携・連動のため解析ツールのオントロジー開発を実施し、そのインターフェイス開発を実施した。また 所内データ・レポジトリの構築としインフラ整備を行い実測データの集約

化を図った。

MIDDAS-M: Motif-Independent De Novo Detection of Secondary Metabolite Gene Clusters through the Integration of Genome Sequencing and Transcriptome Data.

PLoS ONE 8(12): e84028, 2013.

Myco Umemura, Hideaki Koike, Nozomi Nagano, Tomoko Ishii, Jin Kawano, Noriko Yamane, Ikuko Kozone, Katsuhisa Horimoto, Kazuo Shin-ya, Kiyoshi Asai, Jiujiang Yu, Joan W. Bennett, Masayuki Machida

Identification of upstream regulators for prognostic expression signature genes in colorectal cancer.

BMC Systems Biology,7:86, 2013.

Taejeong Bae, Kyoohyoung Rho, Jin Woo Choi, Katsuhisa Horimoto, Wankyung Kim, Sunghoon Kim

Gaussian graphical model for identifying significantly responsive regulatory networks from time course high-throughput data.

IET Syst. Biol.,7: 143-152, 2013

Zhi-Ping Liu, Wanwei Zhang, Katsuhisa Horimoto, Luonan Chen

Gene expression profiling of hepatitis B- and hepatitis C-related hepatocellular carcinoma using graphical Gaussian modeling.

Genomics,101: 238-248, 2013

Teruyuki Ueda, Masao Honda, Katsuhisa Horimoto, Sachiyo Aburatani, Shigeru Saito, Taro Yamashita, Yoshio Sakai, Mikiko Nakamura, Hajime Takatori, Hajime Sunagozaka, Shuichi Kaneko

Identification of drug candidate against prostate cancer from the aspect of somatic cell reprogramming. Cancer Sci.104: 1017-1026, 2013.

Kosaka, T., Nagamatsu, G., Saito, S., Oya, M., Suda, T., Horimoto, K.

Association of Rev-erba in Adipose Tissues with Type 2 Diabetes Mellitus Amelioration after Gastric Bypass Surgery in Goto-Kakizaki Rats.

American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology

305: R134-46, 2013.

Zhang, R., Yan, C., Zhou, X., Qian, B., Li, F., Sun, Y., Shi, C., Li, B., Saito, S., Horimoto, K., Zhou, H.

Induction of pluripotent stem cells from primordial germ cells by single reprogramming factors.

Stem Cells, 31:479-487, 2013.

Nagamatsu, G., Kosaka, T., Saito, S., Takubo, K., Horimoto, K., Oya, M., Suda, T.

Functional Networks in Diabetes-Progression by Comparison of Gene Expressions from Three Issues of Goto-Kakizaki Rats.

Current Bioinformatics, 8: 63-71, 2013.

Sun, Y., Han, X., Saito, S., Horimoto, K., Zhou, H.

Cellular relationships of testicular germ cell tumors by partial canonical correlation analysis for gene expression signatures.

Current Bioinformatics, 8: 72-79, 2013.

Yu, T., Toshimori, A., Jinrong, X., Saito, S., Zhou, X., Horimoto, K., Fan, Z., Shimizu, K., Zhou, H.

Identification of master regulator candidates in conjunction with network screening and inference.

Int. J. of Data Mining and Bioinformatics, 8(3): 366-380, 2013.

Saito, S., Zhou, X., Bae, T., Kim, S., Horimoto, K.

Tertiary structure prediction of RNA-RNA complexes using secondary structure and fragment based method

JOURNAL OF CHEMICAL INFORMATION AND MODELING, 54-2, pp.672-682, 2014/01

Satoshi Yamasaki, Takatsugu Hirokawa, Kiyoshi Asai, and Kazuhiko Fukui

Identification of efflux proteins using efficient radial basis function networks with position-specific scoring matrices and biochemical properties

PROTEINS-STRUCTURE FUNCTION AND BIOINFORMATICS, 81-, pp.1634-1643, 2013/08

Yu-Yen Ou, Shu-An Chen, Yun-Min Chang, Devadasan Velmurugan, Kazuhiko Fukui and M. Michael Gromiha

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】システム生物学、システム薬理学、ネットワーク数理解析、多層オミックス、データベース、タンパク質構造解析、RNA構造解析

【テーマ題目4】計測と理論計算の融合による分子設計

【研究代表者】福西 快文（分子相互作用解析チーム）
広川 貴次（理論分子設計チーム）

【研究担当者】福西 快文、広川 貴次、竹内 恒、
本野 千恵（常勤職員4名、他16名）

【研究内容】

研究目的:

理論計算と NMR 計測の融合による新規創薬基盤技術の開発とその適用による新規リード化合物の発見

研究内容:

タンパク質-薬物相互作用解析は、重要な創薬基盤技術であり、センターで研究する主要課題の1つである。我々は既に、独自の NMR によるタンパク質-化合物相互作用の計測技術を開発中であり、この情報を組み込んだ計算手法を開発している。

平成25年度進捗状況は以下の通り。

- 1) タンパク質と化合物の複合体の短時間 MD シミュレーションから、薬物の活性を求める方法を開発した結果、それまでのドッキングスコアによる活性推定誤差平均 2.5 kcal/mol から、新手法では、1.2 kcal/mol 程度の精度が得られ、誤差を半減することで、無駄な分子設計を半減し医薬品候補物質の選出効率を2倍にする技術開発ができた。TNFR1 特異的結合化合物のインシリコスクリーニング(日本たばこ)に適用し、X線化合物ソーキング構造解析で、活性化化合物を見出し、これら SPR 実験では活性計測できなかったフラグメント分子を改変し、 μM 活性の活性化化合物を得ることに成功した。キナーゼ複合体予測(富士フィルム)では、キナーゼタンパク質のモデリング計算、ドッキング、また当新手法による活性推算手法を適用し、構造活性相関を得ることができた。
- 2) NMR 緩和速度の測定から、薬物の結合に伴うタンパク質の運動性を定量的に評価することで、薬物と直接結合し運動性が低下する領域=結合部位と、結合に伴って運動性が亢進し、結合に対しエントロピー的に寄与する領域を同定することに成功した結果、従来は一度に結合部位予測情報しか得られなかったのに比較して結合部位の位置とダイナミクスの2倍の情報を得ることができた。
- 3) 創薬等支援基盤技術プラットフォーム事業において、アカデミア中心に9件の支援研究を実施した。さらに民間企業5社との資金提供型共同研究課題を実施した。
- 4) 創薬に関する技術者養成コースを6コース開催し、人材養成活動に取り組んだ。
- 5) 高度化研究では、RNA-RNA 複合体予測システムを開発し、解析ツールとして外部公開した。創薬ターゲットである GPCR に特化した高精度モデリング手法を開発した。「京」計算機を用いた創薬研究では、分子動力学計算による高精度相互作用予測および検証を行った。

Structural insights into the function of a thermostable copper-containing nitrite reductase.

- Biochem. 2014 Feb;155(2):123-35. doi: 10.1093/jb/mvt107
- Fukuda Y, Tse KM, Lintuluoto M, Fukunishi Y, Mizohata E, Matsumura H, Takami H, Nojiri M, Inoue
- Molecular dynamics simulations accelerated by GPU for biological macromolecules with a non-Ewald scheme for electrostatic interactions. *Journal of Chemical Theory and Computation*. 9 (12) 5599-5609 (2013).
- T. Mashimo, Y. Fukunishi, N. Kamiya, Y. Takano, I. Fukuda, and H. Nakamura.
- Molecular modeling of vasopressin receptor and in silico screening of V1b receptor antagonists. *Expert Opin Drug Discov*. 2013 Aug;8(8):951-64. doi:10.1517/17460441.2013.799134.
- Hagiwara Y, Ohno K, Kamohara M, Takasaki J, Watanabe T, Fukunishi Y, Nakamura H, Orita M.
- The in silico screening and X-ray structure analysis of the inhibitor complex of *Plasmodium falciparum* orotidine 5'-monophosphate decarboxylase. *Biochem*. 2012 Aug;152(2):133-8.
- Takashima Y, Mizohata E, Krungkrai SR, Fukunishi Y, Kinoshita T, Sakata T, Matsumura H, Krungkrai J, Horii T, Inoue T.
- LigandBox: A database for 3D structures of chemical compounds. *BIOPHYSICS*. 9, 113-121 (2013).
- T. Kawabata, Y. Sugihara, Y. Fukunishi, and H. Nakamura.
- Improved estimation of protein-ligand binding free energy by using the ligand-entropy and mobility of water molecules. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2013 Apr 26;6(5):604-22. doi: 10.3390/ph6050604.
- Fukunishi Y, Nakamura H.
- 非エバルト法に基づく GPU で加速された G 蛋白質共役型受容体の分子動力学計算 *TSUBAME ESJ*. 10, 8-12 (2013).
- 真下忠彰、河内隆行、福西快文、神谷成敏、高野優、福田育夫、中村春木
- Ubiquitin is phosphorylated by PINK1 to activate parkin. *Nature*, 2014, 510(7503), 162-166.
- Koyano, F., Okatsu, K., Kosako, H., Tamura, Y., Go, E., Kimura, M., Kimura, Y., Tsuchiya, H., Yoshihara, H., Hirokawa, T., Endo, T., Fon, E.A., Trempe, J.F., Saeki, Y., Tanaka, K. and Matsuda, N.,
- Total synthesis and characterization of thielocin B1 as a protein-protein interaction inhibitor of PAC3 homodimer. *Chemical Science*, 2014, 5, 1860-1868.
- Doi, T., Yoshida, M., Ohsawa, K., Shin-ya, K., Takagi, M., Uekusa, Y., Yamaguchi, T., Kato, K., Hirokawa, T. and Natsume, T.
- Tertiary Structure Prediction of RNA-RNA Complexes Using a Secondary Structure and Fragment-Based Method. *J. Chem. Inf. Model.*, 2014, 54(2), 672-682.
- Yamasaki, S., Hirokawa, T., Asai, K. and Fukui, K.
- Rational hopping of a peptidic scaffold into non-peptidic scaffolds: structurally novel potent proteasome inhibitors derived from a natural product, belactosin A. *Chem. Commun.(Camb)*, 2014, 50(19), 2445-2447.
- Kawamura, S., Unno, Y., Hirokawa, T., Asai, A., Arisawa, M. and Shuto, S.
- Synthesis of saxitoxin derivatives bearing guanidine and urea groups at C13 and evaluation of their inhibitory activity on voltage-gated sodium channels. *Org. Biomol. Chem*. 2013, 11(38), 6642-6649.
- Akimoto, T., Masuda, A., Yotsu-Yamashita, M., Hirokawa, T. and Nagasawa, K.
- Re-docking scheme for generating near-native protein complexes by assembling residue interaction fingerprints. *PLoS One*. 2013, 8(7), e69365.
- Uchikoga, N., Matsuzaki, Y., Ohue, M., Hirokawa, T. and Akiyama, Y.
- Investigation of the Noncovalent Binding Mode of Covalent Proteasome Inhibitors around the Transition State by Combined Use of Cyclopropylic Strain-Based Conformational Restriction and Computational Modeling. *J. Med. Chem*. 2013, 56(14), 5829-5842.
- Kawamura, S., Unno, Y., Tanaka, M., Sasaki, T., Yamano, A., Hirokawa, T., Kameda, T., Asai, A., Arisawa, M. and Shuto, S.

Design and synthesis of 2-phenyl-1,4-dioxo-spiro[4.5]deca-6,9-dien-8-ones as potential anticancer agents starting from cytotoxic spiromamakone A.

Eur. J. Med. Chem. 2013, 66, 180-184.

Fuse, S., Inaba, K., Takagi, M., Tanaka, M., Hirokawa, T., Johmoto, K., Uekusa, H., Shin-Ya, K., Takahashi, T. and Doi T.

Design and Synthesis of Cyclic ADP-4-Thioribose as a Stable Equivalent of Cyclic ADP-Ribose, a Calcium Ion-Mobilizing Second Messenger

Angew Chem Int Ed Engl. 2013, 52(26), 6633-6637.

Tsuzuki, T., Sakaguchi, N., Kudoh, T., Takano, S., Uehara, M., Murayama, T., Sakurai, T., Hashii, M., Higashida, H., Weber, K., Guse, A.H., Kameda, T., Hirokawa, T., Kumaki, Y., Potter, B.V.L, Fukuda, H., Arisawa, M. and Shuto, S.

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質-化合物複合体予測、RNA-RNA 複合体予測、NMR、薬物分子シミュレーション、薬物活性予測

⑥【健康工学研究部門】

(Health Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究部門長：吉田 康一

副研究部門長：達 吉郎、大家 利彦

総括研究主幹：茂里 康、脇田 慎一

研究主幹：大槻 荘一

所在地：四国センター、関西センター（池田）、関西センター（尼崎）

人員：63名（63名）

経費：836,519千円（524,009千円）

概要：

産業技術総合研究所は、社会的要請を踏まえた研究戦略の下、ライフ分野では「Ⅱ. ライフイノベーションを実現するための研究開発の推進」を第3期中期計画の大分類として設定し、取り組むべき課題として、先進的・総合的な創薬医療技術の開発、健康な生き方を創出する技術の開発、生活安全のための技術開発を掲げた。本研究部門は、第2期において蓄積されてきた研究資源を礎に、人間生活における人体の健康維持管理に関する研究開発を進める。本部門の研究理念は、「100歳を健康に生きる」技術の開発であって、人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料・システム開発技術を融合し、

健康な生活の実現に寄与する技術を確立することである。日常生活において自らの意志で生きがいを持って生活するための健康維持管理に関する工学的研究を中心に、本格研究に基づいた技術開発を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

上記理念達成のため、大きく三つのミッションを設定する。

【ミッション1】研究開発

持続的で安心かつ豊かな生活の構築に貢献するため、人間の身近な健康維持、向上に関する工学的研究に焦点を絞り、以下の課題を推進する。

1. 1. 疾病の発症を未然に予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発
2. 2. 生活圏におけるリスク解析・除去技術の開発
3. 3. 組織・細胞の機能を再生・代替できるデバイスの開発
4. 4. 細胞機能の計測、操作技術の開発
5. 5. ヒト機能の高精度計測を基盤にした人間と適合性の高い機器開発

【ミッション2】地域との共同

健康関連産業の振興に資するため、産総研における健康工学研究関連ユニットの連携体制構築の一翼を担うとともに、地域の健康関連産業の活性化への貢献を図る。

【ミッション3】人材育成

理念達成のため、社会で活躍する産業技術人材の育成を部門内のみならず広く産業界、大学から人材を受け入れることによって推進する。

第一に着実な研究成果を生み出し社会へ迅速に普及させるため、1) 人間生活における人体の健康維持管理に関して、発症を予防する先端的な疾患予知診断技術につながる各種疾病マーカーの探索及び疾患の早期診断に役立てるためのナノバイオデバイス技術の開発、2) 安全・安心な生活環境を創出する上で、健康リスク因子を高度に検出する技術や削減、無害化する技術の開発、3) ヒトの機能の科学的理解に基づいて、失われた機能の補完・代替技術や生活を快適にする技術、4) 遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術的基盤の形成と応用技術の創出、5) 人間の認知・行動特性の科学的理解に基づき、高度情報化された生活環境の中で少子高齢化を迎えた社会に暮らす人々のためになる製品を生活に導入する技術開発、等を研究開発の重点課題とする。

次に、本研究部門は四国・関西を中心とした西日本に拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することを任務とする。健康・医療は社会全体に関わるものであり、従来型のものづくり産業の考え方であった利便性や有効性に直接的に関わる

技術だけでなく、無形であっても高度で多面的な価値を持つ大きなシステムの創成が求められている。そこに関わる要素技術の開発が重要な課題であって、部門や産総研単独ではなしえない。このような観点から、四国・関西という地域性を十分考慮しながら、西日本の「健康工学」の拠点として関連する公的研究機関はもとより、より一層地域産業界との連携を強化する。

最後に、今後、人類社会にとって持続的社会的構築に科学技術は必須であることは言うまでもなく、産総研は真に地球レベルでの科学技術発展に資する人材を育成し社会に送り出す役割を担っている。当部門においてもその役割を着実に果たすことをミッションとする。

内部資金：

融合・連携推進予算「電気活性高分子アクチュエータを用いた医療福祉機器実現のためのドイツ、フ라운ホーファーIPA との国際連携研究」

融合・連携推進予算

マラリア超早期診断デバイスの製品化

外部資金：

公益財団法人鳥取県産業振興機構

平成25年度石油製品需給適正化調査等委託費「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導の有害性試験法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果

最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ鶏卵バイオリクター化を目指したニワトリ生殖巣キメラ率改善技術開発

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージシーズ顕在化タイプ

高感度 in situ 蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニックディッシュの作製

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）

光分解性バイモダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用

独立行政法人科学技術振興機構 JST 復興促進センター復興促進プログラム探索タイプ

化学処理による放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化に関する研究

国立大学法人名古屋大学 最先端研究開発支援プログラ

ム

ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発

一般財団法人大阪科学技術センター 戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）

グリーンプラスチックの超臨界二酸化炭素による連続発泡成形技術の開発

独立行政法人科学技術振興機構

超高速リアルタイム PCR システムを用いた性感染症起炎菌の高速（即日）診断

公益財団法人京都高度技術研究所 戦略的基盤技術高度化支援事業（再委託）

世界市場を開拓する Sake・大吟醸生産システムの革新

独立行政法人科学技術振興機構

超高真空、低温チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発

文部科学省 平成24年度科学技術戦略推進費補助金

可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発

財団等受託研究費

マルチウェルプレート対応生細胞リアルタイム多色発光測定装置の開発

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業（CREST）

BDNF 機能障害の分子病態の解明と難治化うつ病の診断・治療法の開発

一般財団法人食品薬品安全センター 平成24年度環境対応技術開発等（高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法の OECD テストガイドライン化）「免疫毒性試験バリデーション」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構産業技術研究助成事業

ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）

側枝血管の確実な血流維持を可能とする脳動脈治療用カバーステント開発における孔設計

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）

聴覚音声支援のための聴知覚特性の解明と信号処理開発

文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）
分子間相互作用アニメーション構築支援ソフトウェアの開発

文部科学省 科学研究費補助金新学術領域研究（研究領域提案型）
メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖尿病早期診断への応用

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
酸化亜鉛コーティングプラズモニクチップを用いた高感度イムノセンサーの研究

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
単一銀ナノ粒子と単一色素分子で構成された電磁気学的強結合系の実証

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
抗マalaria薬スクリーニングを見据えた迅速マalaria原虫検出手法の開発

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす影響の検討

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
神経活動履歴に伴う受容体輸送制御における Rab エフェクター分子の役割

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
血中循環がん細胞の検出を目指した細胞チップデバイスの開発

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
多孔質電極の熱力学

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエータの開発と応答メカニズム解明

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
光トラップ場の時空間構造の動的制御による3次元マイクロ操作の研究

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
共存微生物由来物質の摂取による海藻代謝変動の解明とその水圏環境浄化への利用の研究

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
表面吸着因子の解析による生分解性材料の生分解性制御に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した低分子化合物の光イメージング法の開発

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
“光励起”と“化学励起”を併用した生細胞蛍光観察技術の構築と実証

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
バイオマス資源利用を目指した耐熱性キチン分解酵素の反応メカニズム解明

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
外来遺伝子の安定発現を可能にするニワトリ遺伝子組み換え技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
ダウン症モデル Ts65Dn マウス中枢神経障害発症機序に関わる酸化修飾蛋白質

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）
表面プラズモン増強効果を利用した細胞内分子マニピュレーション手法の開発

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 A）
脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 A）
集光レーザー摂動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経

栄養因子 BDNF の機能解析

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
抗癌剤の薬効評価のための癌微小環境を模倣した擬似癌組織の構築

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
行動生理計測に基づく抑うつ状態評価改善技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
オンサイト遺伝子迅速検知用集積化マイクロチップの開発

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
二量化、クラスタ構成、および膜受容体細胞内輸送に関する単一分子蛍光の研究

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
ナノチップによる巨大環状 DNA1 分子の実時間ダイナミクス解析

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
光の点滅が疲労に及ぼす影響の心理的・生理的評価

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
時計遺伝子発現変動と糖尿病性血管障害との相互関係の解明

文部科学省 科学研究費補助金（新学術領域研究）
細胞チップを用いた血中循環がん幹細胞の検出法の開発

文部科学省 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）
蝸牛遅延を考慮した聴覚末梢系情報処理メカニズム解明及び情報処理技術への応用

文部科学省 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）
細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究 研究分担者）
細菌膜蛋白質複合体の分子配列メカニズムに関する光学・電子顕微鏡複合解析

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究(B) 研究分担者
西欧教会ならびにオペラ劇場の動学的音場解析とその比較)

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究(B) 研究分担者
仮想触感提示技術によるヒト—モノ間のインタフェースを対象とした多型性表現モデル

厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金（分担金）
重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植に関する研究

環境省 環境研究総合推進費「ハロモナス菌による木材から3-ヒドロキシ酪酸等の生産技術開発に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 最先端・次世代研究開発支援プログラム「骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発」

発 表：誌上発表226件、口頭発表323件、その他36件

生体ナノ計測研究グループ

(Nano-bioanalysis Research Group)

研究グループ長：脇田 慎一（兼務）

（四国センター）

概 要：

当研究グループでは、光を使って生体関連分子や細胞をイメージングまたは微小場での微粒子操作や流体制御を行うことを通して、疾病の予知・診断技術を開発することを目指している。光としては、蛍光、ラマン散乱やレイリー散乱など、また、光の圧力を利用する。

蛍光を利用する場合は、量子ドットの蛍光イメージング機能に、新たな機能を付与した新規機能性ナノ粒子を合成し、がん細胞の検出する体内診断薬や光線治療応用を目指した基盤技術を開発している。また、蛍光性 DNA ポリメラーゼを用いた、1分子レベルでのシークエンス技術を開発している。

ラマン散乱は、生体分子の識別能力が高いが、感度が低い。そこで、金属ナノ粒子と併用した表面増強ラマン分光法の増強機構を解明することで特定の生体分子の1分子検出を目指している。さらに、金属ナノ粒子のプラズモン共鳴散乱現象を利用して、光退色しない新たな1分子 DNA 高次構造解析法を開発している。

光の圧力を利用することで、多種類の細胞をソーティングし、回収再利用するマイクロ流体チップを開発している。光の圧力を利用した微小なピンセットを用いることで、細胞などを捕捉、移動させる三次元操作

技術も開発している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

バイオデバイス研究グループ

(Biodevice Research Group)

研究グループ長：大家 利彦（兼務）

(四国センター)

概要：

疾患の未病予知や健康状態を数値化可能なデバイスの開発を目的として、各種精密微細加工技術、インクジェット法による抗体の固定化、及び紙基材を用いた新規バイオデバイスの研究開発を行っている。具体的には「極微量の血液から各種バイオマーカーを数分以内で解析できるデバイス」や「オンサイトで遺伝子を迅速検知できるデバイス」などが挙げられる。

平成25年度において、インクジェット法による抗体固定化については、超短パルスレーザを用いた表面処理条件を拡大し、低レーザ強度域での表面処理について濡れ性ならびに抗体固定化性能の向上を確認した。紙基材を用いた新規バイオデバイス開発では、紙と両面テープを用いた測定チップについて、ワンステップでアディポネクチンを検出することに成功し、動物血液における信号強度と濃度の良好な相関を確認した。また、有効検出点数の拡大、各検出点の有効検出面積の拡大、インクジェットヘッド状態の自動評価/メンテナンス法の検討など単一マイクロ流路での複数マーカー測定における実用性向上への取り組みを実施した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

健康リスク削減技術研究グループ

(Health Hazards Reduction Research Group)

研究グループ長：苑田 晃成

(四国センター)

概要：

ヒトの健康を維持・管理する一つの方法は、身近な生活環境中に存在する健康リスク要因を測定・除去・無害化し、人体内でのそれらの相互作用を阻止することである。従って、水、大気等媒体中に存在する微量でも有害な健康リスク要因となる物質(イオン、分子、微生物等)を安全かつ効果的に除去・無害化する基盤技術を化学的・物理的手法を用いて開発する。更に、これらの技術と自然浄化機能を活用する生物学的手法も統合した浄化システムを提案する。東日本大震災に伴う福島原発事故を受け、放射性セシウム除去剤の検討も行った。H25年度の主な成果は以下の通りである。

- 1) アンモニウムイオン処理により模擬土壌からセシウムを脱着・濃縮した。「ニオブ酸カルシウム型」新規セシウム選択吸着剤を開発した。
- 2) アニオン選択吸着剤をFET型電極上に複合化し、アニオン選択センサーを作成したが、性能向上に至

らなかった。

- 3) にんにく、梅に含まれる機能性成分の共同分析を開始した。ショウガの分析法プロトコルの改良を行い、フォーラム標準分析法を公開した。

研究テーマ：テーマ題目2

生体機能制御研究グループ

(Biofunctional Regulation Research Group)

研究グループ長：中島 芳浩

(四国センター)

概要：

当研究グループは、生体リズムや免疫応答などの生体メカニズムを、独自に開発した発光レポーター技術を用いて可視化・解析するとともに、高機能化した有用タンパク質、あるいは食品機能性因子により生体機能を制御するための技術開発を行う。

具体的には、以下の3つの主要テーマを推進している。

- ①生物発光技術を活用した細胞機能の可視化・検出システムの開発と、セルベースアッセイシステム構築、
- ②ヒト型複合糖鎖を有するタンパク質医薬品生産のための酵母の開発、
- ③フラボノイド、糖脂質、ポリフェノール等の食品機能性因子による炎症免疫抑制、糖尿病発症予防効果の解析とスクリーニングシステムの構築。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

バイオマーカー解析研究グループ

(Biomarker Analysis Research Group)

研究グループ長：片岡 正俊

(四国センター)

概要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、生活習慣病や感染症を対象に Point of Care Testing への応用が可能なデバイス構築を行っている。糖尿病発症の主要因と考えられ内臓脂肪の蓄積によるインスリン抵抗性に深く関与する各種アディポネクチンのオンチップ定量検出系の構築を行っている。マイクロメータ単位のマイクロチャンバーをアレイ状に配列した細胞チップを用いたマラリア診断チップおよび循環がん細胞診断チップを開発しており、マラリア診断ではウガンダ共和国においてマラリア患者血液を用いて、さらに循環がん細胞検出系の構築ではがん患者血液を用いて高感度かつ正確な標的細胞の検出系の構築を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

ストレスシグナル研究グループ

(Stress Signal Research Group)

研究グループ長：萩原 義久

(関西センター池田)

概 要：

ストレスシグナル研究グループでは様々な環境に対して生命が対応する中で表れる変化、すなわちストレスシグナルを研究対象とする。ストレスシグナルは複雑、精緻な生命機能により発するものであり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進めるとともに、ストレスシグナルを計測し、さらにはこれを利用する技術を開発する必要がある。当該グループには、ライフサイエンス実験技術及び材料、機器開発技術についての高度な技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、ストレスシグナルについての本格研究を展開する。その研究成果により健康な生活の実現に寄与する健康工学研究領域の確立と新たな健康関連産業創出に貢献することを目標とする。この目標に向かい、H25年度は1) ストレスシグナルを指標とした健康状態計測技術の開発として『イムノアッセイ用ディスク型微小流体デバイスの実用化を目指した研究開発』『酸化ストレスを指標とした精神疲労の客観的評価法の検討』『酸化ストレスマーカーによる疾患早期診断技術の開発』、2) バイオマーカー計測評価バイオチップの開発として『微小流体制御による高速遺伝子検知用システムの開発』、3) 新規ナノ機能性材料のストレス研究分野への応用として『アルパカ由来シングルドメイン抗体作製及びその改良技術の開発』『細胞を利用したバイオアッセイシステムの開発』を中心に行った。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 5

人工細胞研究グループ

(Artificial Cell Research Group)

研究グループ長：安積 欣志

(関西センター池田)

概 要：

身体的ハンディを克服・支援する機器・技術等の開発において、生物と同じ様な、環境変化に対する物性変化をする特性をもち、しかもソフトで軽量な人工材料（刺激応答材料）を開発することは重要である。これらは、臓器、組織等の機能回復のためのリハビリテーションデバイスの開発等で、また、介護ロボット、手術デバイス等の支援機器の開発で、いずれも、人体に直接接する機器、デバイスの開発において刺激応答材料の役割があると考えられる。以上の視点に立ち、外部環境の変化に自律的に応答する耐久性のある高分子材料の創製を行うことにより、「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発」を行うことを目標とする。具体的には、これまでの我々の研究実績をふまえ、人工筋肉材料の研究と、それをベースとした医療・福祉機器デバイスの開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目 3

生体分子創製研究グループ

(Biomolecule Design Research Group)

研究グループ長：上垣 浩一

(関西センター池田)

概 要：

健康に資する技術開発を目指し“生体分子を知り、操り、機能性材料を創製する”という視点から当該グループでは親水性、柔軟性、生分解性などを制御した高分子バイオ材料の開発、極限微生物を用いた健康食品や化成品原料の生産法の開発、健康創薬促進技術開発に有用な蛋白質の物性・構造・機能の解明と改良等を推進して健康産業、再生医療への展開を目標としている。本年度は①バイオ材料への応用を目指したポリアミド4とそのコポリマーの *in vivo* 生分解性の評価。②ポリアミド4の細胞毒性、生体安全性の評価。③好塩、好アルカリ・ハロモナス菌を利用した3-ヒロドキシ酪酸の生産。④抗酸化蛋白質、代謝系酵素の発現・物性・構造・機能解析等の研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 4

生体分光解析研究グループ

(Spectroscopic Bioanalysis Research Group)

研究グループ長：田和 圭子

(関西センター池田)

概 要：

健康な生き方を想定する技術の開発、生活安全のための技術開発のために、健康向上に関する工学的研究として、分光技術を用いた細胞・固体レベルの機能計測、操作技術の開発を目指している。ナノレベルでの計測・解析を行う疾患マーカータンパク質の高感度検出技術の開発、細胞の蛍光顕微鏡観察における高感度イメージング技術の開発、蛍光性ナノ粒子開発やそれを利用した細胞の毒性評価計測をはじめ、電子顕微鏡を用いたタンパク質等のナノ構造の計測に取り組む一方、ヒトへの照明光の影響解明に関する研究にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 4

バイオインターフェース研究グループ

(Biointerface Research Group)

研究グループ長：小島 正己

(関西センター池田)

概 要：

うつ病を含む難治疾患に対する診断治療技術の開発はバイオ産業の重要課題である。バイオインターフェース研究グループはその生体情報が統御するバイオシステムの解明と工学を越える新バイオ技術を開発し、健康を身近にすべく技術開発を目指す。本研究グループ

プは、低密度培養神経細胞や iPS 細胞、単一神経細胞・単一シナプスの機能解析技術、レーザー操作技術などの様々なバイオテクノロジーを有する。生物がもつ多様性と共通の仕組みを意識しながら、研究は、疾患解明、生物学的測定技術や有用蛋白質の産生システムの開発などを挑戦的に行う。つまり、新しい知的情報処理を提案する神経工学、組織再生工学に基づいた機能再生技術、有用モデル脊椎動物の産業応用化、うつ病をはじめとする疾患に対する迅速高感度診断チップの作成などライフサイエンスの次世代技術の開発を推進する。将来は、健康脳を目指した新しい脳科学技術の開発と診断応用、新生物の創成によるより一層の創薬研究への貢献、人口神経細胞など身体機能を代替する新技術の開発などの実現が期待される。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 3、テーマ題目

4

くらし情報工学研究グループ

(Living Informatics Research Group)

研究グループ長：達 吉郎

(関西センター池田)

概要：

安全で安心できる健康的な生活を実現するためには、不規則で多様化している生活そのものを理解して、生活者の身体適応能力や知覚・認知能力を維持・改善する生活空間の創出、あるいは QOL を高めるための生活サポート技術の開発が必要になっている。

とくに、日常生活を対象に生活者の行動・生理応答や知覚・認知応答を計測する技術の開発、得られた生活情報から生活者の状態を評価・理解する技術の開発、生活者の状態理解に基づいた人間に適したサポートを提供する技術の開発と標準化を行う。

同時に、疾病等で低下した知覚・認知機能を高い精度で計測・評価し、適切な診断や効果的なリハビリテーションを実現することが重要である。そこで、人間が持つ共通基盤的な特性であるヒトの五感（聴覚、視覚、嗅覚、味覚、体性感覚）のみならず言語・記憶等の高次機能に関わる機能メカニズムの解明を脳磁界計測、脳波計測、VR を用いた心理物理実験などの非侵襲的手法によって進めるとともに、脳機能の高度診断技術・障害補償技術および快適環境設計技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5

組織・再生工学研究グループ

(Tissue Engineering Research Group)

研究グループ長：弓場 俊輔

(関西センター尼崎)

概要：

これまで実施した100症例もの臨床研究の中で有害

事象が全く認められなかった安全な間葉系幹細胞を用いて、外部医療機関と「ヒト幹細胞臨床研究」を進めている。大学附属病院との連携で、小児遺伝性疾患に対して幹細胞治療の顕著な有効性を確認しているが、さらに患者数が多い疾患にもその適応を拡大しつつある。一方、こうした再生医療用細胞を製造する施設として、従来のセルプロセッシングセンターに代替する新規製造システムも企業と共同開発中である。その他、薬物送達システムの開発にも繋がる、微絨毛等の細胞表面微細構造の形態形成機構解明、そして、高分解能 *in vivo* イメージングに適した新しい実験動物としてメダカを利用して、リンパ管新生機構の解析も行っている。

研究テーマ：テーマ題目 3

細胞分子機能研究グループ

(Functional Biomolecular Research Group)

研究グループ長：佐藤 孝明

(関西センター尼崎、池田)

概要：

蛋白質は細胞の多彩な機能を支える最も重要な分子であり、蛋白質の諸性質を明らかにすることは、細胞を分子レベルで理解し、細胞機能計測・操作技術をボトムアップ的に構築する上で極めて重要である。そこで「健康長寿の達成と質の高い生活の実現」に必要なと思われる細胞機能の分子論的理解を蛋白質の立体構造-分子機能相関の解明によって促進し、その仕組みに基づく新しい細胞機能計測・操作技術、細胞利用技術の開発を、新規発光・蛍光プローブ開発、機能発現系構築・センサ化、モデル動物作出、分子動態モデル化などについて推進する。また、内外との連携による研究加速を図る。本年度は、1) キチン二糖を基質とする古細菌デアセチラーゼの結晶構造と古細菌キチナーゼの結合ドメイン BD1の溶液構造の決定、2) 固層化 BAF 法を用いた新規プロテアーゼ活性分析法の迅速化と高感度化の達成、3) フェージライブラリーを用いた DNA メチル化を検出する発光プローブの開発、4) 脊椎損傷モデル（組換え）メダカの回復過程の未分化細胞分布の解析と遊泳軌跡定量化実験系の確立および交配相手の嗜好性に視覚記憶が与える影響の解明、5) 嗅覚センサ用の1種の嗅覚受容体安定発現細胞の作製と応答感度の確認および受容体・G 蛋白質相互作用部位の解析のための変異体作製と応答評価および膀胱がん摘除前後の尿臭変化などのマウス匂い検知・識別能データの収集、6) 電顕単粒子解析法での新規傾斜解析手法の検討、7) 正確なプロモーター活性測定が可能な好熱菌アッセイ系の構築を行った。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5

[テーマ題目 1] バイオマーカーの機能解析・同定とそ

の検知デバイス技術開発

〔研究代表者〕 脇田 慎一（総括研究主幹）

〔研究担当者〕 生体ナノ計測研究グループ

脇田 慎一（兼務）、大槻 荘一（兼務）、
田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、平
野 研、伊藤 民武

（常勤職員6名、他3名）

バイオデバイス研究グループ

大家 利彦（兼務）、田中 正人、
瀧脇 雄介

（常勤職員3名、他2名）

ストレスシグナル研究グループ

萩原 義久、永井 秀典、山添 泰宗、
出口 友則、七里 元督、赤澤 陽子

（常勤職員6名、他7名）

バイオマーカー解析研究グループ

片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平
（常勤職員3名、他3名）

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、清末 和之、大石 勲、細
川 千絵、北畠 真子

（常勤職員5名、他5名）

（※アンダーラインは主参画グループ）

〔研究内容〕

健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを生体における機能を解明することによって同定する。さらにそれらのマーカーや既存のマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスの開発を行う。

1) マルチマーカー候補の選定と産総研ベストチップ・検出システムの開発

脂質酸化ストレスマーカー、アディポカイン等の独自のバイオマーカー群が糖尿病の早期診断に有用であるか、68例の経口糖負荷臨床試験データの統計解析結果、有望な早期診断マルチマーカー候補が得られた。さらに、産総研技術を集約した産総研ベストチップの産業技術化を着実に進めた。

2) 酸化ストレスバイオマーカーの探索・解析・評価・検証

ストレス負荷時に増加するアラキドン酸由来脂質酸化物の投与によって、ストレス応答性のホルモンに変動がみられることを明らかとした。酸化 DJ-1 のパーキンソン病診断での有用性の検証に関しては被験者数をさらに増やして検討を行い、その再現性を確認した。

3) 唾液ストレス計測デバイスの産業技術化と唾液マーカー候補の実証研究

遠心力送液型ラボ CD の産業技術化を着実に進め、ポータブル蛍光分析装置のプロト装置を開発し、共同研究は成功裏に終了した。超小型 FET センサによる

電子体温計型プロトチェッカを試作し、大型操船シミュレータを利用した緊張ストレス被験者実証研究を着実に進め、全唾液試料採取法を検討した結果、採取時間とリスクの観点からスプーン法を開発した。

4) 脳疾患関連バイオマーカーの同定と機序解明

産総研が開発したうつ病バイオマーカー抗体と測定条件を確立し、診断機器およびその診断試薬キットのプロトタイプ開発を行った。さらに、消化器内科との共同研究により、治療後のうつ病発症を血液検査できる可能性を得た。

5) 表面増強ラマン散乱（SERS）等を用いた単一分子検出技術

表面増強ラマン散乱（SERS）は、金属粒子表面の分子を単一レベルで非標識検出・同定できる手法である。しかし、スペクトル形状や強度が不安定なことが、実用化や汎用化の妨げになっている。そこで理論計算と実験の比較によって、金プラズモン共鳴と分子分極との電磁相互作用の時間・空間揺らぎにあることを定量的に明らかにした。一方で、DNA 分子に銀ナノ粒子を光還元合成することによって水中でブラウン運動する単一 DNA 分子の可視化に成功した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 バイオマーカー、酸化ストレスマーカー、表面増強ラマン散乱、1分子シーケンス、マイクロ流体デバイス、バイオセンサー

〔テーマ題目2〕健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発

〔研究代表者〕 吉田 康一（研究部門長）

〔研究担当者〕 健康リスク削減技術研究グループ

苑田 晃成、小比賀 秀樹、垣田 浩孝、
横田 洋二（常勤職員4名、他4名）

バイオマーカー解析研究グループ

片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平
（常勤職員3名、他3名）

バイオデバイス研究グループ

大家 利彦（兼務）、田中 正人、
瀧脇 雄介（常勤職員3名、他2名）

ストレスシグナル研究グループ

萩原 義久、永井 秀典、山添 泰宗、
出口 友則、七里 元督、赤澤 陽子
（常勤職員6名、他7名）

生体機能制御研究グループ

中島 芳浩、安部 博子、室富 和俊、
安永 茉由（常勤職員4名、他3名）

（※アンダーラインは主参画グループ）

〔研究内容〕

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。

1) 過塩素酸イオン選択性捕捉剤

過塩素酸イオンに対して高い選択性を示した塩化ヘキサデシルピリジニウム (CPC) 担持モンモリロナイトを用いて、水道水に過塩素酸イオンを添加した模擬水道水から、どの程度まで過塩素酸イオンを低減できるかをカラムクロマトグラフィー法で評価した。使用した捕捉剤体積の約5,000倍まで、0.500ppmの過塩素酸イオン濃度を0.025ppm (厚労省で検討中の目標濃度) 以下に低減できることを明らかにした。

また、過塩素酸イオンと同濃度の臭素酸イオンも添加した模擬水道水について、同様に評価した。CPC担持モンモリロナイトの陰イオン選択性は $F^- < SO_4^{2-} < BrO_3^- < NO_3^- < Br^- < ClO_4^-$ の順となった。模擬水道水中の臭素酸イオンは、硫酸イオンや硝酸イオン濃度に比べて明らかに低いにもかかわらず、比較的高い選択性を示した。しかしながら、CPC担持モンモリロナイトは、過塩素酸イオンおよび臭素酸イオンの同時除去用捕捉剤としては適していないことがわかった。

カラム実験は1時間当たり捕捉剤体積の5倍及び15倍の流速で行ったところ、過塩素酸イオンの破過点はいずれも使用した捕捉剤体積の約5,000倍となり、流速の影響はほとんど見られなかった。

2) セシウムイオン選択性捕捉剤

新規なニオブ酸系の無機イオン交換体を合成し、アルカリ金属イオンに対する分配係数を調べた結果、セシウムイオンに対して高い選択性を確認できた。1mM濃度のアルカリ金属塩の混合溶液系におけるセシウムの分配係数は、他のイオンの分配係数よりも15倍以上高く、特に夾雑イオンとして最も考慮すべきナトリウムおよびカリウムイオンの分配係数に対して約60倍高い値を示した。

3) 食品中の機能性成分標準分析法

にんにく粉末中のアリイン分析に関する室間共同分析および梅肉粉末のポリフェノール量分析に関する室間共同分析を開始し、各分析室の分析値を集計した。

ショウガ粉末の6-ジングェロール分析法については、分析方法プロトコル改良を行い、フォーラム標準分析法を食品分析フォーラムのホームページ上に公開した。

4) 生活環境水中のイオン一斉分離計測デバイスの研究開発現場で無機イオンを迅速に定量することを目的に、非接触型電気伝導度検出 (C4D) センサを採用した可搬型キャピラリー電気泳動システムを開発した。

泳動条件の検討を行ったところ、約90秒で6種類の無機陰イオンの一斉分離を達成し、良好な定量性を確認した。実河川水に応用した結果、公定法であるイオンクロマトグラフィーと遜色ない定量結果を得た。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 健康リスク削減、過塩素酸イオン選択性捕捉剤、セシウムイオン選択性捕捉剤、機能性成分標準分析法

[テーマ題目3] 組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発

[研究代表者] 大家利彦 (副研究部門長)

[研究担当者] 弓場 俊輔、立花 宏一、出口 友則 (常勤職員3名、他4名)

人工細胞研究グループ

安積 欣志、清原 健司、杉野 卓司、寺澤 直弘、中村 真里 (常勤職員5名、他3名)

生体分子創製研究グループ

上垣 浩一、中村 努、中山 敦好、山野 尚子、川崎 典起 (常勤職員5名、他4名)

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、清末 和之、細川 千絵、北畠 真子、大石 勲 (常勤職員6名、他8名)

くらし情報工学研究グループ

達 吉郎 (兼務)、中川 誠司、渡邊 洋、吉野 公三、添田 喜治 (常勤職員5名、他12名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

再生医療の早期実用化を目指して、細胞の分化誘導技術や組織形成技術を、神経組織の光治療に向け、細胞機能再生用レーザー光技術を開発する。また、筋肉の機能を代替可能なデバイスの実現に向けて高分子アクチュエータの高性能化を推進する。

1) 再生医療支援技術

低フォスファターゼ症に対する臨床研究に並行して、患者数の多い末梢動脈疾患のうち重症例に対して、間葉系幹細胞移植の臨床研究を開始した。患者下肢に自家間葉系幹細胞を移植した症例数は1例のみであるが、これまでのところ有害事象は認められていない。これまで大学附属病院等の高度医療中核拠点と連携してきたが、本研究においては、再生医療のさらなる普及を目指し、市中一般病院と連携した。また、新規再生医療用細胞製造システムとして、従来の製品が抱える問題点を解決する再生医療用アイソレータの試作機を完成させた。

2) 細胞機能再生用レーザー光技術の開発

集光レーザーを用いた神経細胞の局所操作手法として、光ピンセットにより神経細胞内シナプス小胞群や細胞接着分子の運動が束縛される機構について解明し、シナプス小胞群の放出過程を抑制できることを明らかにした。また、二つのレーザーを集光することにより、量子ドットで標識した細胞接着分子が効率よく光捕捉されることを明らかにし、新たな分子操作技術への応用を見出した。さらに、集光フェムト秒レーザーを用いた単一神経細胞の刺激手法を応用し、神経回路網の

結合特性を可視化する実験系を構築した。

3) 高分子アクチュエータの高性能化

昨年度、見出した電荷移動錯体添加によるアクチュエータの DC 電圧による耐久性の向上について、TCNQ の効果が最も大きいことがわかった。また、電極組成においてもカーボンナノチューブにポリアニリン導電性微粒子を添加した系に TCNQ を加えると、さらに効果的であることが分かった。さらに、産総研のナノチューブであるスーパーグロースカーボンナノチューブの効果的な分散法を開発しアクチュエータに活用することに成功した。このアクチュエータにおいても上記の効果が確かめられた。現時点で10万回駆動しても変位量が10%しか減らない繰り返し耐久性、3時間にわたって変位状態をほぼ一定に保てる変位保持性をもつ高性能なナノカーボン高分子アクチュエータを開発しており、多数の新聞報道があった。高分子アクチュエータの駆動モデルの確立については、異なるイオン径からなるイオン、および複数種のイオンについて、細孔電極についての電圧を加えた際の電気応力発生関する、モンテカルロシミュレーションによる分子シミュレーション実験を行った。その結果、応力発生メカニズム、電圧への依存性が明らかとなった。また、媒体の誘電率等の影響についても示すことができた。

4) トランスジェニックニワトリ

生殖巣キメラニワトリの解析として、600羽規模の後代検定を実施した。この検定で現行の組換え始原生殖細胞による個体樹立可能性について検討を行い、組換え後代樹立に向けたキメラ率改善の必要性を明らかにした。また、ニワトリ始原生殖細胞を用いた遺伝子編集技術の開発を行った。標的遺伝子を部分欠損する細胞株4系統を作成し、組換え技術に依存しないニワトリ遺伝子操作技術開発に向けた端緒を得ることができた。

5) 高分子アクチュエータの高性能化

カーボンファイバー柔軟性電極からなるアクチュエータの実用化研究を企業と共同で進めた。変形量、変形速度、発生力のアクチュエータ性能を向上させる為、産総研で開発されたスーパーグロースカーボンナノチューブを用い、ポリマー、イオン液体との分散技術を確立した。また、各種、導電微粒子と電荷移動錯体を電極層に添加することで、アクチュエータの実用的課題である DC 通電時の長期耐久性、および、交流電圧印加時の繰り返し耐久性について、実用レベルの性能を実現し、プレス発表を行った。

6) 高分子アクチュエータの駆動モデルの確立

高分子アクチュエータのナノカーボン柔軟性電極モデルであるイオン存在下多孔性電極のモンテカルロシミュレーションの研究を進め、電圧印加時における多孔性電極のミクロな応力発生と、孔径とイオン径の関係における詳細な解析を進め、複雑なアクチュエータ変形挙動の説明を可能とした。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 再生医療、iPS 細胞、脳機能改善・治療、レーザー治療、高分子アクチュエータ

[テーマ題目4] 細胞機能計測・操作技術の開発

[研究代表者] 茂里 康 (総括研究主幹)

[研究担当者] 生体分光解析研究グループ

田和 圭子、川崎 一則、
安藤 昌儀、田村 繁治
(常勤職員4名、他2名)

細胞分子機能研究グループ

佐藤 孝明、藤田 篤、上野 豊、
川崎 隆史、星野 英人、峯 昇平、
呉 純 (常勤職員7名、他3名)

生体分子創製研究グループ

上垣 浩一、中村 努、中山 敦好、
山野 尚子、川崎 典起、河田 悦和
(常勤職員6名、他7名)

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、清末 和之、細川 千絵、
北畠 真子、大石 勲
(常勤職員5名、他5名)

生体ナノ計測研究グループ

脇田 慎一(兼務)、大槻 荘一(兼務)、
田中 芳夫、平野 研、
Biju Vasudevan Pillai、伊藤 民武
(常勤職員6名、他3名)

生体機能制御研究グループ

中島 芳浩、安部 博子、室富 和、安
永 茉由 (常勤職員4名、他3名)
(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。

1) 産業利用を目指した有用蛋白質の構造機能解析

細胞機能の産業利用を目指し、超耐熱性酵素利用法の研究、超好熱性細菌のタンパク質をモデルとして、細胞の応答性を変化させる抗酸化機能を担う蛋白質の研究を実施している。また蛋白質の機能解析や構造解析を目指した、蛋白質高発現系の開発を実施している。

2) バイオマーカーとしての新規光生体プローブの探索と検知システムの開発

個体・組織・細胞において数時間から数週間までマーカー分子の動態をリアルタイムで検知できる光生体プローブと検知システムに関する開発を進めるとともに、マーカー分子の定量化に必要な体外での簡易測定デバイスの構築を行っている。また高精度な細胞情報可視化のためのレポーターアッセイ系の開発と、これらを利用したセルベースアッセイ系の開発を実施した。

3) 新規量子ドットの開発と表面プラズモン励起増強蛍光法

ナノテクノロジーや材料合成技術と融合した独自性の高い生体分子の計測・解析技術の開発やバイオマーカーや生体分子のメカニズム解明において、細胞内での各分子の挙動の検出のための分子認識プローブの開発を行っており、分子イメージング技術への展開を図っている。特に、表面プラズモン共鳴場を基にした増強蛍光チップの開発や、光分解性バイオモダナノパーティクル等の開発を行っている。

4) ヒト型複合糖鎖を有するバイオ医薬品生産のための酵母の開発

代替宿主を利用するバイオ医薬品の生産において、糖鎖をヒト型に変換する過程がボトルネックとなっている。そこで糖転移酵素、マンノシダーゼ等を順次発現した出芽酵母株の確立を目指し研究開発を行っている。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] バイオマーカー、高発光型プローブ、多色発光マウス、ナノテクノロジー、バイオマス、量子ドット、表面プラズモン共鳴

【テーマ題目5】ヒト生理機能解析技術の開発

[研究代表者] 達 吉郎 (副研究部門長)

[研究担当者] くらし情報工学研究グループ

達 吉郎 (兼務)、中川 誠司、
渡邊 洋、吉野 公三、添田 喜治、
梅村 浩之、岩木 直 (兼務)
(常勤職員7名、他12名)

細胞分子機能研究グループ

佐藤 孝明、藤田 篤、上野 豊、
川崎 隆史、星野 英人、峯 昇平、
呉 純、廣野 順三 (兼務)
(常勤職員8名、他5名)

ストレスシグナル研究グループ

萩原 義久、永井 秀典、山添 泰宗、
出口 友則、七里 元督、赤澤 陽子
(常勤職員6名、他7名)
(※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術と聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術および日常健康モニタ技術を開発する。

1) 高精度な非侵襲脳機能可視化技術の開発とヒト高次脳機能可視化への応用

MEG と fMRI を組み合わせた高精度な脳活動可視化および脳領域間の相互作用解析技術を用いて、三次元物体認知に関して、三次元知覚を生じる条件と生じ

ない条件との間の脳活動分布における統計的有意差を明らかにできることを示した。

2) 日常生活の生理計測技術の開発

空腹時バイオマーカーの濃度を用いて、インスリン抵抗性と耐糖能の正常／異常を100%の精度で判別できる数理モデルを構築した。REM 睡眠時行動障害の指標となる相動的筋活動を定量評価する方法を改良した (感度88%、特異度85%)。

3) 映像の生体安全性

映像の生体安全性に関する ISO 規格制定および、立体映像の視覚疲労要因を明らかにする基礎実験データの収集を行った。ISO 業務については光感受性発作の規格に関して2nd DIS 投票、3D 視覚疲労の規格は DIS 投票が開始された。

4) 聴覚機能の神経基盤解明

骨導超音波知覚の頭部内伝搬および末梢メカニズムを説明する機能モデルを構築し、複雑な知覚現象の理論的説明に成功。骨伝導技術を応用したスマートフォンやマイクロホンの開発に取り組み、聴取特性の解明と伝音性難聴者への補聴効果を検証した。また、音波形の包絡と脳磁界反応の相関を評価することにより、わかりやすいサイン音を推定できる可能性を見いだした。音波形の相関解析により、読経の種類を分類できることが判明した。

5) 疾病診断用嗅覚センサの開発

1種の嗅覚受容体の安定機能発現株を改良し、一過性発現系に近い匂い応答感度が得られた。動物行動実験では、膀胱がん摘除前後の尿臭変化などのマウス匂い検知・識別能データの収集を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 非侵襲脳機能可視化技術、骨導超音波、日常生活での生理・心理計測、映像の生体安全性、嗅覚代替センサ、生理機能モデル

⑦【生物プロセス研究部門】

(Bioproduction Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：鎌形 洋一

副研究部門長：湯本 勳

副研究部門長：扇谷 悟

主幹研究員：町田 雅之

主幹研究員：花田 智

所在地：北海道センター、つくば中央第4、
つくば中央第6

人員：67名 (67名)

経費：1,026,276千円 (526,485千円)

概要：

1. ミッション

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究に至るまでの一貫した研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現ならびに高品位な物質生産技術の開発に貢献する。当該目的を達成するために(1)微生物・各種生物遺伝子資源の探索ならびに探索技術の開発、(2) 遺伝子情報を高速で解析し、有用遺伝子を *in silico* で探索する技術の開発、(3) 各種ゲノム・生体分子情報をもとに遺伝子組み換え植物・微生物・動物などによる有用物質生産技術の開発、(4) タンパク質・核酸・生体関連化学物質材料などの開発に取り組む。また新部門は北海道センターとつくばセンターにまたがる部門であり、北海道センターにおいては、多様な地域連携を行いつつ、特に次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として地域貢献を果たして行く。

2. 研究の概要

- 1) 医薬品生産のための産総研植物工場と植物の遺伝子組換え技術開発（イヌインターフェロン α を発現する遺伝子組換えイチゴ）を融合し、企業と共同で組換え植物体を原薬とする動物薬の世界初の承認を取得。H26年春から上市。
- 2) ダイズの害虫として知られるホソヘリカメムシの腸内共生細菌が、共生時にポリヒドロキシアルカン酸（PHA）を細胞内に蓄積すること、その蓄積が共生の維持に必須であることを発見した。PHA はバイオプラスチックとして注目されており、害虫と微生物との共生における予想外の役割が解明された。
- 3) ゲノム塩基配列と遺伝子の発現情報から、新規低分子化合物の生合成遺伝子を迅速・正確に予測する技術を開発。医薬リード等の生理活性物質の探索と生産に関して、新規生合成メカニズムを持つ遺伝子の迅速な探索に道を開いた。

外部資金：

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「青年期アスペルガー症候群の社会的認知と社会不適応状況のテキストマイニング分析」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「トランスクリプトームとエネルギー代謝から紐解くマングローブの生態ニッチ決定機構」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「マツノマダラカミキリのゲノム上に存在する共生細菌由来遺伝子群の機能

解析」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「最も難治性である膵胆管系癌の早期質的診断ならびに進展度診断のシステム構築」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「花卉におけるクロロフィル代謝制御機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「非天然分岐型糖鎖含有データジェントライブラリの構築と膜蛋白質の可溶化」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「複合適応形質進化の遺伝子基盤解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「共生成立の分子基盤を解く：昆虫－細菌共生系における大規模 RNAi スクリーニング」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「翻訳システム改変による人工細胞創成」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「昆虫－大腸菌人工共生系による共生進化および分子機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「深部地下圏を模擬した高压条件下における生物的メタン生成過程の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と応用技術に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「細胞情報伝達に関わる蛋白質活性を可視化する発光プローブ分子の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「持続型アンチ miRNA

創薬の開発と心疾患治療薬への展開」

- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「C型肝炎ウイルス糖ペプチドを用いた中和抗体作製と、新規診断技術への応用」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「インジゴ還元槽中の微生物叢の機能解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「宿主昆虫 - 共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「植物細胞壁の酵素分解におけるキシログルカン分解酵素の作用機構の解明と利用」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「電気化学顕微鏡を用いた心筋細胞解析技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「次世代シーケンシング技術を利用したアブラムシ社会の分子基盤および進化に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「高効率・高感度な薬物代謝マルチアッセイシステムの開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「rRNA の置換変異によるリボソーム可塑性の研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「海洋性油糧微生物由来のドコサペンタエン酸合成系を導入した出芽酵母の創製」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「DNA による効率的な多酵素反応場の構築と一細胞測定用電極への展開」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「高機能型新規バイオミネラル結合タンパク質の開発に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「放線菌における系統分類と生産物質のデータベース化と新規生産株の簡易検出法の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「植物発現組換えタンパク質の安定的蓄積に関する研究」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「人工キメラリプレッサーによる汎用的な新規植物ジーンサイレンシング技術の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「多様な温室効果ガスの大気圏からの消費に植物圏微生物が果たす新規生態系機能の発見」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「陸域地下圏のメタンフラックスに関する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「合掌造り家屋床下の硝化生産遺構に生息する新規微生物が有する未知硝化経路の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「トンボの体色変化・体色多型の分子基盤の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「特異な環構造と強力な殺虫活性を有するインドールジテルペン類の全合成と構造活性相関」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「糖尿病の改善効果を評価するための新規指標物質の開発」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「真菌類における二次代謝産物を多く産生するテンプレート培養条件の設計」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「モデル微生物共生系を用いた酢酸分解メタン生成機構の解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「微生物-昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの全容解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「作物全般に適用可能な分岐・矯性化・分化能を制御する転写因子の単離とその利用」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「昆虫共生細菌による宿主性比操作メカニズムの解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「植物におけるアルミ

- ニウムおよび酸性ストレス感受性を制御する因子の同定」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「共生系の季節適応：昆虫－微生物における共進化機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「適応放散における進化－生態フィードバックの寄与：微生物モデル系による実験的解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「微生物細胞集団における不均一性メカニズムのゲノムワイド解析手法の確立」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「植物ウイルス感染応答制御に関する転写因子の研究」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「利他行動」を制御する新規化合物の探索とその作用機構の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「二次代謝産物生産に適した糸状菌遺伝子発現システムの開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「遺伝子組換えと同等の形質を植物に付与する化合物開発システムの構築」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「植物における転写因子複合体を形成する因子の網羅的な解析」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「担持型酸化触媒による臭素系難燃剤の分解に及ぼす腐植物質の影響」
- ・経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究」
- ・NEDO「電氣的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発」
- ・独立行政法人医薬基盤研究所「プロサポシンまたはサポシンBによるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構「ゼロから創製する新しい木質の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構「水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」
- ・独立行政法人科学技術振興機構「分子マトリクス電気

泳動を活用した高性能 POCT デバイスの創出」

- ・独立行政法人科学技術振興機構「グライコシンターゼの安定性向上のための改良」
- ・農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性獲得機構の解明」
- ・農研機構生物系特定産業技術研究支援センター「CPP3の低温下における生殖細胞保護メカニズムの解明と高純度大量生産法の確立」
- ・日本学術振興協会「遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発」

発 表：誌上発表158件、口頭発表305件、その他30件

植物分子工学研究グループ

(Plant Molecular Technology Research Group)

研究グループ長：松村 健

(北海道センター)

概 要：

植物の遺伝子組換え技術を利用して、有用物質、特に哺乳類の医薬品原材料を主に植物で高発現・高生産可能な技術開発とこれと並行して医薬品原材料生産遺伝子組換え植物を密閉、かつ完全な人工環境下で栽培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立を目標に研究を進めている。

遺伝子組換え植物での創薬という新しい研究開発分野において、当グループが推し進めている密閉型遺伝子組換え植物工場を生産工程として活用したイヌインターフェロン発現遺伝子組換えイチゴを原薬とするイヌ歯肉炎軽減剤が世界初の承認を得るに至った。さらに、これまでの医薬品生産植物工場のノウハウを活用し、地域自治体、経済界、民間との共同で新たな物質生産目的植物工場を設計・開発、生薬植物類の人工環境下での栽培技術開発を行っている。現在、アルツハイマーワクチンダイズ、ブタ下痢症ワクチンイチゴの研究を進めており、完全人工環境下においてダイズの水耕栽培技術確立に成功した。また、新たな植物への遺伝子導入方法として、アグロバクテリウムとキュウリモザイクウイルスベクターを融合させた一過性遺伝子高発現系の改良に成功した。

- 研究テーマ：1. 閉鎖型植物生産施設に適した有用物質生産基盤植物の開発研究
2. 植物ウイルスベクターの開発
3. 薬用植物の人工環境植物工場での水耕栽培技術開発

分子生物工学研究グループ

(Molecular and Biological Technology Research Group)

研究グループ長：森田 直樹

(北海道センター)

概要：

当研究グループは、有用タンパク質・有用脂質・有用糖質の新しい生産・利用システムの開発において、従来よりも優れた技術を開発し、最終的に産業応用に貢献することを目標としている。

分子イメージング技術の開発では、ウミホタル由来の分泌型ルシフェラーゼ (Cluc) とホタル由来ルシフェラーゼ (Fluc) を共に安定発現している腫瘍細胞株を確立した。この分泌型 Cluc は細胞内で産生された後、細胞外に放出されることが解っており、この性質が非侵襲的な診断・治療に向けた大きなメリットになると考えている。Cluc を発現する腫瘍細胞をマウスに移植するモデル実験を用いて、腫瘍細胞進展と腫瘍細胞から血液中に分泌される Cluc 活性との関連について評価を行った。その結果、腫瘍の増大に比例して血中 Cluc 発光強度が強くなることが解った。したがって、僅かな血液試料を用いて非侵襲的かつ経時的に腫瘍進展を観察できる可能性が示された。

真核微生物におけるタンパク質発現系の研究では、出芽酵母において、FMDV 2A region を用いたポリシストロニックな発現システムの確立を目指している。構築した3つの脂肪酸不飽和化酵素遺伝子を連結した発現プラスミドを有する遺伝子組換え酵母の脂肪酸の同定を行ったが、中間産物と思われる高度不飽和脂肪酸は同定できたが、目的の高度不飽和脂肪酸は同定できなかった。

糖脂質の機能解明では、糖脂質の発現状態を変換することにより細胞内シグナルを制御できることを見出した。現在このメカニズムについての研究を行っている。

糖鎖の簡易解析手法の開発では、転移性ガンに特異的な糖鎖抗原 (Sialyl-Lewis^x) の検出抗体を作製した。また、幹細胞特異的な糖鎖抗原 (SSEA-1) について抗体誘導の条件を確立した。病態特異的な糖鎖発現制御機構の解析では、糖尿病のモデルマウスを用いた検討により、インスリン抵抗性の発症に関わる糖化タンパク質 (O-GlcNAc 化 Akt) が慢性的な高血糖にさらされた肝組織に蓄積することを発見した。更に、O-GlcNAc 化 Akt の蓄積と相関して、インスリンシグナル伝達に必要な Akt タンパク質のリン酸化修飾が阻害されていることを見出した。

- 研究テーマ：1. 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系及び分子イメージング技術の開発
2. 真核微生物を用いた新規タンパク質発現系の開発
3. 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発

4. 糖脂質の機能解明とその応用

5. 糖鎖の簡易解析手法の開発及び病態特異的な糖鎖発現制御機構の解析

生体分子工学研究グループ

(Biomolecular Engineering Research Group)

研究グループ長：小松 康雄

(北海道センター)

概要：

本研究グループでは、核酸、タンパク質、細胞の活性等を、有機化学ならびに工学的手法によって解析し、さらにそれらの性質を改良し、物質生産、医薬品開発、高感度物質検出に活用することを目指している。

ガン細胞ではグルコースの消費量が増加していることから、細胞環境の変化とグルコース消費量を電気化学的に高感度に定量する技術開発を我々は進めている。グルコースを分解するグルコースオキシダーゼとそれと共役するペルオキシダーゼを最適な距離間隔で空間的に配置させるために、はじめに鎖長の異なる種々の構造の DNA を合成して電極上に固定化し、さらに上記の2種類の酵素を DNA 上に結合させて、酵素によるグルコース分解に伴う電流値を計測した。その結果、通常の2本鎖 DNA よりも2本鎖間を架橋化して安定化させた DNA を酵素の固定化に用いた場合、高い電流値が得られることを明らかにした。加えて、2種類の酵素の電極上における相対的配置も高感度化には重要であることも示された。

また、生体内の薬物代謝に関与する重要な酵素の一つであるフラビン含有モノオキシゲナーゼ (FMO) の薬物代謝反応を簡便に調べることを目的に、電極上に FMO・ミクロソーム体を固定化して電極からの直接電子供給によって同酵素を駆動する技術開発を進めた。表面にナフタレンチオールをコーティングした金電極を作製し、FMO・ミクロソーム複合体を固定化場合、電極から酵素への電子移動と FMO によって薬物が酸化されることを明らかにした。

- 研究テーマ：1. 核酸の安定化と効率的化学修飾技術の開発
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の機能解析と検出技術の開発

生物材料工学研究グループ

(Bio-material Engineering Research Group)

研究グループ長：佐々木 正秀

(北海道センター)

概要：

本研究グループは機能性物質の新規合成法開発として、糖鎖部分の構造均一化や作用部分であるペプチド部の位置選択的かつ効率的な調製法について検討するとともに、生物材料の化学原料化、さらには生体分子

等の位置選択的固定化技術に関する研究を進めている。

新規合成法は、マイクロ波利用の合成に有用物質生産に関して検討を行い、糖鎖を基質とした酵素反応においてマイクロ波の周波数依存性を明らかにすると共に、これまで知られていなかったマイクロ波が保有する分子選択的効果を実証した。

生物材料の化学原料化は木質系バイオマスの水熱反応に用いている連続反応装置における反応器内部温度（装置上、毎回測定するのは困難）について検討を進めた。その結果、予熱器出口温度と反応器内部温度との間には直線関係（ $R=0.999$ ）が存在し、予熱器出口温度から反応器内部温度が計算可能であることを明らかにした。

位置選択固定化技術に関しては、防かび効果を有する基板の開発を行った。カビの増殖抑制活性を有する化合物の探索を進め、無毒で食品添加物としても利用されている天然物から有用化合物を見出すことに成功した。

研究テーマ：1. 機能性物質の新規合成法開発
2. 生物材料の化学原料化
3. 生体分子・細胞の位置選択的固定化技術

生物システム工学研究グループ

(Molecular Systems Bioengineering Research Group)

研究グループ長：町田 雅之

(北海道センター)

概要：

本研究グループは、迅速・大規模に生産されるゲノム情報を迅速かつ効果的に物質生産や環境低負荷などに資することを目的として、生物情報解析技術と柔軟な情報処理技術との統合によって、大規模ゲノム情報の産業利用に必要なシステムの開発を進めている。

ゲノムシーケンシング、発現解析、代謝物解析などによって得られる生物情報の利用により、主として二次代謝や脂質関連物質の生産に関連する新規遺伝子の発見と機能予測・解析に関する研究を進めてきた。生物にはその本質的な性質として揺らぎが存在し、解析された情報もこの影響を受けるため、単一あるいは単独の情報から正確な結果を得ることが難しい。そこでこれまでに、複数の情報を組み合わせることで、解析精度の向上と新規な結果を獲得するための解析技術の開発に注力してきた。生物解析系と情報解析系の高度な連携は、生物機能の迅速で正確な解析に有効な手段であるが、効果的な利用にはシステム化が必要不可欠である。そこで、情報解析を専門とする研究ユニットの連携を構築することにより、このためのプラットフォームを開発し、産業的に重要な物質生産系の開発と改良に関する評価と実証を進めている。

研究テーマ：1. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
2. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

合成生物工学研究グループ

(Synthetic Bioengineering Research Group)

研究グループ長：宮崎 健太郎

(北海道センター)

概要：

当研究グループでは、微生物機能を産業利用するための各種基盤技術開発を行う。具体的には、合成生物学的手法による宿主デザイン、メタゲノム手法による有用遺伝子の探索、進化分子工学による生体分子の機能改変、蛋白質の立体構造解析を行う。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソームの大小サブユニットに含まれるrRNAを異種生物由来のものと置換する方法により、異種遺伝子発現効率の向上や宿主の代謝変動が起きることを明らかにした。また、大腸菌の炭素代謝に係る遺伝子群の網羅的遺伝子サイレンシングベクターを完成させた。これにより、ピルビン酸の効率的生産が可能となった。また放線菌による物質生産系については、ロドコッカス属細菌で初めて組換え体による抗生物質生産を達成した。また抗生物質生産に重要な新規のシトクロム P450を見だし、機能解析を行った。

メタゲノム手法による有用遺伝子の探索では、リボソームの構成成分であるrRNAを対象としたスクリーニングにより、宿主機能改変に有効な遺伝子を多数獲得した。

進化分子工学による蛋白質の機能改変では、大腸菌プラスミドのランダム変異により、大腸菌内でのコピー数向上変異体の獲得に成功した。

蛋白質立体構造解析については、抗菌活性の発現に重要なシトクロム P450、高活性型ビタミン D 水酸化酵素変異体、細菌由来不凍蛋白質等の構造決定に成功した。

環境生物機能開発研究グループ

(Environmental Biofunction Research Group)

研究グループ長：湯本 勳

(北海道センター)

概要：

微生物が主な機能を担う場における微生物叢の解析、有用微生物の分離、微生物叢の形成原理、微生物間相互作用、微生物の物質循環への寄与等の解明を通じて、環境保全・環境改善・産業利用に微生物を活用することを目指して研究を行う。また特殊環境下でも生育する個性の強い微生物群である極限環境微生物について

その生態および生きている仕組みを解明することによって、通常とは別の角度から生物の代謝や外界の有害物質から防御する仕組みを明らかにすることを目標に研究を行う。

高濃度過酸化水素存在環境下で生存する微生物についてその過酸化水素分解酵素産生性について検討した結果、低撹拌速度で培養初発時に90%以上の酸素飽和条件にすることによってこれまでの培養条件と比較して一桁高い同酵素の菌体外生産を促すことが出来ることを見出した。

南極産菌類を安価な大量培養法によって大量に調整し、現場の排水処理設備類似の模擬プラントへ適用したところ、投入4および8ヶ月後に生残が確認され、夏場をまたいでも生残することが確認された。

ホソヘリカメムシおよび魚類のモデル系であるメダカの腸内細菌叢を調査し、その実態を明らかにした。カメムシ共生細菌のポリエステル合成機能が共生に重要な役割を果たすことを明らかにした。害虫に農薬抵抗性を賦与する共生細菌のゲノムを解読した。

- 研究テーマ：1. 機能性微生物の探索と環境適応機能解明に関する研究
2. 微生物を応用した新規物質変換法および環境浄化法の開発
3. 微生物と有害物質との関係、微生物と宿主および微生物間相互作用についての機構解明

生物共生進化機構研究グループ

(Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group)

研究グループ長：深津 武馬

(つくば中央第6)

概要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物（ほとんどの場合は微生物）を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上ない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このような関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベ

ルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

- 研究テーマ：1. 昆虫－微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理、分子機構の解明

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：鎌形 洋一

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、未知・未培養・未利用の生物資源を探索する技術を開発するとともに、これらの生物遺伝子資源を活用した物質生産技術・環境制御技術等の開発を行うとともに微生物・遺伝子資源情報の外部提供を目的とした技術開発を行っている。具体的には(1) 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化を進め、これらの微生物資源の有効活用を目指した。その結果、これまで未知であった各種細菌・古細菌の分離に成功した。(2) 様々な自然・人工環境から分離された新規微生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明を行った。

特に、地下圏・水圏・水生植物根圏・メタン発酵リアクター等に存在するこれまでに分離されたことのない新規な微生物の獲得に成功し、その機能解析を進めた。本年は特に水生植物の成長を著しく促進する新規根圏微生物を発見し、水生植物と根圏微生物の共生的相互作用について詳細に解析した。(3) 微生物を分離培養することなく直接環境 DNA・RNA を利用するメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析により酵素群の探索を行った。その結果、耐熱性酵素をメタゲノムライブラリーから発見した。(4) 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発を行い、揮発性有機化合物の浄化現場に適用する生態影響に関する評価手法を開発した。

- 研究テーマ：1. 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2. 新規（微）生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明
3. 環境ゲノム解析技術：メタゲノム・メタトランスクリプトーム解析技術の開発と利用
4. 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発

生体物質工学研究グループ

(Biological Substance Engineering Research Group)

研究グループ長：神坂 泰

(つくばセンター第6)

概要：

当研究グループは、健康食品、化成品原料、バイオディーゼル燃料など幅広い用途が期待されている脂質を自在に生産できる酵母の系の確立と、バイオマス資源から得られる物質から生分解性など環境保全のための新規機能性高分子の開発・評価を目指している。

酵母による脂質生産では、脂質合成酵素 DGA1 の N 末端を欠失した活性型変異体を、出芽酵母の *dga1* 破壊株に過剰発現させると、ヒストンアセチル化酵素 ESA1 の発現低下を介して、脂質含量が 45% に増加することを見出した。また、高度不飽和脂肪酸生成系の中で律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和化に関して、原料脂肪酸として α リノレン酸とリノール酸を混合し組成を変化させた場合においても高濃度ヒスチジン添加による $\Delta 6$ 不飽和化の亢進効果が確認できた。さらに、オレイン酸の 12 位に OH 基を持ち、石油製品に依存しないポリウレタン原料として注目されているリシノール酸の分裂酵母での生産において、生産されたリシノール酸のもつ毒性による増殖阻害の改善を目的に、分裂酵母 cDNA ライブラリーをスクリーニングした。その結果、増殖阻害を解除する遺伝子として *plg7* (フォスフォリパーゼ A2) を見いだした。*plg7* を導入した株ではリシノール酸生産量は減少せずに、増殖はリシノール酸非生産株に近いレベルまで回復した。

一方、脂質や糖質等の再生可能なバイオマス資源から得られる新規機能性高分子の開発が、循環型社会構築のために期待されている。そこで昨年度に続いて、セルロース由来物質であるレブリン酸を還元して得られる 1,4-ペンタンジオールから、2-メチレン-4-メチル-1,3-ジオキセパン (MMD) を合成し、単離した。また、バイオマス由来のイタコン酸に注目し、ポリイタコン酸エステル添加・ポリ乳酸-植物繊維複合材料の親和性に関するイタコン酸の化学構造の影響を評価したところ、中程度の側鎖長をもつポリイタコン酸エステルが複合材料に適することを見出した。

研究テーマ：1. 機能性脂質の生物生産高効率化の研究
2. バイオマス由来高分子素材の合成と高機能化の研究

植物機能制御研究グループ

(Plant Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：鈴木 馨

(つくば中央第4・第6)

概要：

産業、環境、健康などの様々な面での植物利用の高

度化、拡大のために、植物が本来持っている様々な機能を制御するメカニズムの解明と植物機能を有効に利用するための制御技術の開発を目指して研究を進めている。具体的には、①各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明では、葉・花・種のクチクラ形成を制御する因子などを明らかにした。②パラゴムノキの分子育種に関する研究では、蛍光タンパク質を発現する形質転換体の作出に成功した。③環境変動型スーパー植物の開発では、転写抑制ドメインを持つ約 300 個の転写因子に転写活性化ドメインを付加し過剰発現させる系統の形質転換体作成と形質データ獲得を終了し、有用植物も新たに複数獲得した。また、転写抑制における鍵因子の同定に成功した。④新規な木質を形成する植物の開発では、これまで知られていない木質形成誘導因子を多数同定したほか木質を増強するための戦略を確立した。

研究テーマ：1. 各種植物機能を制御する転写因子の同定と機能解明
2. パラゴムノキの分子育種に関する研究
3. 環境変動型スーパー植物の開発
4. 新規な木質を形成する植物の開発

バイオデザイン研究グループ

(Bio-Design Research Group)

研究グループ長：矢追 克郎

(つくば中央第6)

概要：

本研究グループでは、ゲノム情報、遺伝子発現情報、生体分子の構造・機能相関等の解析技術を基盤として生物プロセスによる有用物質生産基盤技術の開発を行っている。具体的には (1) セルロース系バイオマスを分解する酵素であるセルラーゼやヘミセルラーゼについて、メタゲノム手法等によって得られた有用酵素について詳細な機能解析を行った (2) バイオマスからの高効率なバイオエタノール生産を目指し、次世代シーケンサーを活用した手法でエタノール生産酵母株のキシロース代謝の向上に関わる技術開発を進めた (3) 糸状菌や担子菌酵母の比較・機能ゲノム解析により、脂質や二次代謝生産に関わる要因の解析を進めた (4) 産業廃水の処理や環境汚染物質の分解を担う微生物群集のメタゲノム解析を行い、有害化合物を分解する経路や寄与している微生物・遺伝子の解析を行った。

複合糖質応用研究グループ

(Advanced Glycoscience Research Group)

研究グループ長：亀山 昭彦

(つくば中央第2、中央第6)

概要：

糖鎖はタンパク質や脂質などと結合して存在する。このような物質を複合糖質と呼ぶ。バイオ医薬の多く

も複合糖質である。当研究グループは、複合糖質の糖鎖部分の機能を創薬などに活用することを目的として、糖鎖の分析・制御・生産・機能に関わる技術開発を進めている。

キャピラリー電気泳動を用いたバイオ医薬の糖鎖分析について、標準糖ペプチドを活用した簡便かつ迅速な新手法を開発し特許出願した。分子マトリクス電気泳動は、ムチンのみならず血清タンパク質にも応用できることを見出し論文発表した。制御および生産については、安価かつ大量に培養ができ、ウイルス感染などの影響もない酵母を用いた糖タンパク質の生産系を構築し、レクチンや抗体、ヒト型糖鎖を持つサポシン B など6種類の糖タンパク質の生産と評価を進めた。機能については、酵母由来のエンド型糖加水分解酵素について、キメラ酵素の作製と基質特異性の検討を行った。また、糖脂質グリコシルホスファチジルイノシトール (GPI) の生合成機構の研究を進め、メタノール資化性酵母 *O. minuta* における GPI の脂質リモデリング系の遺伝子の変異導入に成功した。

- 研究テーマ：1. バイオ医薬開発・生産における糖鎖管理技術
2. 酵素法と酵母細胞を利用した糖タンパク質合成
3. 分子マトリクス電気泳動法の開発と応用

⑧【バイオメディカル研究部門】

(Biomedical Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究ユニット長：近江谷 克裕

副研究部門長：本田 真也

総括研究主幹：矢吹 聡一、丹羽 修

所在地：つくば中央第6、第2、第4、臨海センター

人員：83名 (83名)

経費：1,164,994千円 (運営交付金641,668千円)

概要：

バイオメディカル研究部門は、ライフ・イノベーションを実現するための産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発を推進するため、①生体分子の構造・機能を理解・解明し、それらの知見に基づいた創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する、②創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向を把握し、将来に向けた技術の芽を発掘し育成を部門ミッションと定め、新しい創薬基盤技術・医療基盤技術および関連技術の研究開発を推進している。上記の部門ミッションを遂行するため、以下の四つの戦略課題を設定し、重点的に予算を配分し研究を実施している。

それぞれの戦略課題には複数の研究グループを配置し、課題解決に向け複数の研究グループが一体となって研究を実施するよう促している。また経済産業省、文部科学省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構などの受託研究や企業等との共同研究など、外部資金による研究開発も積極的に推進している。

戦略課題1. 生体分子の構造・機能解析と高機能化

蛋白質等の生体高分子のエクソ線結晶構造解析や高分解能電子顕微鏡解析を行い、これら分子の構造と機能の相関関係を明らかにするとともに、臨床薬のターゲットとなる膜蛋白の迅速構造解析法等の開発を行う。また、蛋白質設計技術、改良技術の開発を行うとともに、これらを抗体親和性蛋白質等に適用して、抗体医薬品開発におけるダウンストリーム工程および品質管理分析工程の高度化に貢献する。独自の BAC ライブラリー調製技術を用いて従来生産することが困難であった生理活性天然化合物生産を行うとともに、世界最大級の天然物ライブラリーを活用して種々の標的に対する創薬スクリーニングを展開する。更に簡便な遺伝子定量法や核酸標準品の開発を行い医療計測の標準化に資するプラットフォームを整備する。

戦略課題2. 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

健康状態における生体リズムの変動や加齢に伴う生体分子の変化などを個体・細胞・遺伝子レベルで解析し、これらの現象を引き起こす生体分子メカニズムの解明を目指す。また得られた解析成果を利用して生体機能の評価系を開発し、これを制御する生理活性物質を天然物などから探索・同定するとともに、その作用メカニズムを分子レベルで明らかにする。さらに、様々な環境要因や遺伝的要因により引き起こされる疾病、特に睡眠障害などの生体リズム障害および体内時計に関連する精神疾患、高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病を疾患ターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発やこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生理活性物質の発見を目指す。

戦略課題3. 健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用

健康や病気の生体や組織において、その機能を調節する核酸やタンパク質、細胞間シグナル伝達に働く種々のシグナル分子などを解析し、これら生体分子による細胞制御メカニズムの解明を目指す。また、脳神経疾患や生活習慣病を始めとする種々の疾患のモデル細胞・モデル動物の作製を通して、各疾患のバイオマーカーや原因因子を探索する。これらの疾患における標的分子を検出する核酸やペプチド分子の高機能化技術、細胞の機能異常を捉える可視化技術開発を行い、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献することを目指す。

戦略課題4. ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

微細加工技術、表面加工技術と言ったナノテク技術、薄膜材料や自己組織化膜材料などの材料技術、バイオ分野の技術を融合したバイオ診断計測解析技術の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光分子プローブ材料の合成、生体分子を高感度に検出できるナノカーボン薄膜電極材料、および一細胞毎の計測が可能なナノ針アレイ等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、薬剤管理や代謝評価センサ、蛋白質や遺伝子を高感度に認識できるバイオセンサやマイクロ流路型デバイス、単一細胞解析が可能なセルソータなどの実現をめざす。

研究推進に加え、産総研のミッションや仕組みを十分理解し、産総研職員として自ら考え的確に行動できる職員の育成を行うとともに、産総研のミッションである「若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進」を実施するため、③「自ら考え着実に行動・実践・対話できる人材の育成」を三つめの部門ミッションと定め、産総研職員の育成と共に、産総研イノベーションスクール生、ポストドクや博士課程の学生、企業等からの外部研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行っている。

さらに国際連携研究を重視したミッション④「アジアのバイオハブを目指した国際連携を推進する」を目標に掲げ、特別課題としてアジアのバイオテクノロジー研究をリードする研究ハブの構築を実施する。インド、インドネシア等のアジアの各国とバイオ研究分野における国際連携を推進、イメージングなどのコア技術をベースとした国際ワークショップを開催する。

当部門は、質の高い論文として研究成果を発信することおよび開発技術の工業所有権（特許）の取得を行うことで成果の普及を行っている。研究論文においては国際的に評価の高い論文誌への投稿を重視し、特許においてはその具体的技術移転を想定した戦略的出願を重視している。また、企業等との共同研究を積極的に行うと共に、産総研オープンラボ、技術相談、学会・研究会などを通して成果の発信や普及を進めている。

内部資金：

- ・戦略予算「放射線による癌治療の副作用低減技術の開発」
- ・戦略予算「日印融合研究促進のためのイノベーション拠点形成ーアジアのバイオをリードする研究ハブを目指すー」
- ・標準基盤研究「化学物質リスク管理のための発光培養細胞による化学物質安全性評価システムの標準化」

外部資金：

- ・経済産業省 工業標準化推進事業委託費「戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化）」
- ・文部科学省 研究開発施設共用等促進費補助金「細胞性粘菌リソースの安定提供と発展」(震災で失われた細胞性粘菌株の再収集と再作製、およびバックアップ維持)」
- ・農林水産省（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所）農林水産資源を活用した新需要創出プロジェクト「平成25年度国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発委託事業 国産農産物の潜在的品質の評価技術の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（CREST）「微量計測のための電極等システム開発、性能評価」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）復興促進プログラム【マッチング促進】「高機能化細胞増殖因子を用いたヒト iPS 細胞用の無血清培養液の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（CREST）「シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業（ALCA）「藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「DNA ポリメラーゼの displacement 活性（鎖置換活性）の増強による二本鎖 DNA 複製系の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「リコリスアルカロイドの新規生体リズム制御剤としての製品化に関する研究」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「腸管型 IL-10 産生型制御性 T 細胞 (Tr1) による炎症誘導発がんの抑制」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「実用化を目指した中枢神経標的型蛋白質医薬の創出」
- ・独立行政法人化学技術振興機構（JST）研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構（JST）復興促進プログラム【研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】探索タイプ「ヤマユリ精油の産業化に関する研究」

- ・独立行政法人国立精神・神経医療研究センター 平成25年度精神・神経疾患研究開発費「筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を目指した基盤研究」
- ・公益財団法人千葉県産業振興センター 戦略的基盤技術高度化支援事業「プレバチルス菌を用いた抗体精製用タンパク質製造技術の開発」
- ・公益財団法人千葉県産業振興センター 平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業「生理活性物質特定と作用メカニズム解析による生産プロセスの最適化と発酵産物高機能化に寄与する技術開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人東京大学） 研究成果展開事業「先端計測分析技術・機器開発プログラム」「微弱発光標準光源開発による発光蛍光計測定量化」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人広島大学） 科研費（研究分担者）挑戦的萌芽研究「Bach1により制御される関節軟骨保護機構の解明とZFPによる新規治療法の開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人北海道大学） 科研費（研究分担者）基盤研究（A）「多機能ゲルが誘導する軟骨自然再生における間葉系細胞内情報伝達機構の解明」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：独立行政法人日本原子力研究開発機構） 科研費（研究分担者）挑戦的萌芽研究「非 DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人京都大学） 科研費（研究分担者）基盤研究（S）「複合機能プローブシステムによるバイオ・ナノ材料の分子スケール機能可視化」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人奈良先端科学技術大学院大学） 科研費（研究分担者）新学術領域研究「細胞シグナリング複合体によるシグナル検知・伝達・応答の構造的基礎」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：立教大学） 科研費（研究分担者）基盤研究（B）「有機反応ダイナミクス支配現象の微視的解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：兵庫県立大学） 生命理学研究科 科研費（研究分担者）基盤研究（B）「量子・情報科学理論の融合による生体反応場の統合的解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：独立行政法人日本原子力研究開発機構） 科研費（研究分担者）基盤研究（B）「放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：国立大学法人北海道大学） 科研費（研究分担者）基盤研究（C）「内在性線維芽細胞・基質複合体被覆下における移植腱マトリクス再構築機序の解明と制御」
- ・独立行政法人日本学術振興会（代表者：帝京大学） 科研費（研究分担者）基盤研究（C）「加齢による血栓傾向とその日内リズムを改善する食品成分探索と新規機能性食品の開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）計画研究「シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）「少数のダイニンと微小管から成る振動系の作成と構造・機能研究」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）「アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）「SecDF のタンパク質膜透過促進機構に関する電子顕微鏡構造解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 新学術領域研究（研究領域提案型）「CRISPR システムにおけるエフェクター複合体の構造機能解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメージング技術」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）海外「新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「エストロゲン様化学物質影響評価のための細胞内新規シグナル伝達経路の解明」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「張力によるアクチンの構造変化と、それに依存したミオシンの結合増加及び局在制御」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「高分解能3次元組成分析システムの開発と生物試料の解析」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「ナノカーボン電極を用いたリムルス試薬非依存型 LPS 定量デバイスの開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（B）「アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法への検証と遺伝子発現解析による作用機序の解明」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（C）「休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究（C）「実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリ

- バリーシステムの開発」
- ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「快・不快情動が操る嗅覚表象の単離脳イメージング：行動解析との融合的アプローチ」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「酸化ストレスマーカータンパク質検出用蛍光分子プローブの創製と医療診断への展開」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「転写因子 SATB1 に対する複合標的核酸創薬基盤の開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「転移 RNA の硫黄修飾塩基の生合成とその制御機構」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「低分子量 G タンパク質間クロストーク制御による細胞移動と軸索伸長メカニズムの解析」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「廃用性筋萎縮の新たなメカニズムの解明：体内時計の乱れは筋肉をも壊してしまうのか？」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明とその時間栄養学的改善方法の開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「分子進化工学的手法によるカルシウムチャンネルサブファミリーを識別するペプチドの創製」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「イムノセンシング界面構築に関する研究」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 基盤研究 (C)
「CpG オリゴヌクレオチド刺激による抗原特異的抗体産生活性化機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「非標識バイオセンシングに向けた高触媒活性な窒素ドーブグラフェン様薄膜電極開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「近赤外デジタルホログラフィー法による動物プランクトン計測技術の開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「中空糸配列体を用いた細胞マイクロアレイチップの開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「抗体産生キャリアとして機能する金ナノ微粒子の抗原提示機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「レクチンアレイ型微細構造観察ホルダの開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 挑戦的萌芽研究「遺伝子発現プロファイル手法による血液 RNA 診断に向けた基礎的研究」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 若手研究 (A)
「ミトコンドリアにおける tRNA プロセッシング機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 若手研究 (B)
「自己倍数化抑制に基づく酵母育種法の開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 若手研究 (B)
「前駆体マイクロ RNA へのポリウリジル化反応の構造基盤」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 若手研究 (B)
「選択的 3' 末端プロセッシングによる長鎖非コード RNA の機能獲得機構の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 特別研究員奨励費「基質親和性の高い微生物を利用した低濃度温室効果ガス処理技術の開発」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 科研費 特別研究員奨励費「プロテオミクス、バイオインフォマティクス、イメージングによる表皮ガン治療法の研究」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 (代表者：国立大学法人香川大学) 科研費 (研究分担者) 基盤研究 (B)「多光子顕微鏡による LIVE イメージング：生きた口腔で細胞膜修復装置を明らかにする」
 - ・文科省 科学技術試験研究委託事業 次世代がん研究戦略推進プロジェクト「次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤」(天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施)
 - ・文科省 日本学術振興協会 最先端・次世代研究開発支援プログラム「細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明」
 - ・独立行政法人日本学術振興会 最先端・次世代研究支援プログラム「ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発」
- 発 表：誌上発表164件、口頭発表309件、その他30件

- 蛋白質デザイン研究グループ**

(Protein Design Research Group)

研究グループ長：広田 潔憲

(つくば中央第6)

概要：

欲しい機能を有する蛋白質を思いのままに創製することは、蛋白質科学における究極の目標である。我々は、配列空間探索というコンセプトのもとに、蛋白質デザイン法の開発に取り組んでいる。そのために、蛋白質に網羅的にアミノ酸置換変異を導入し、得られた変異型蛋白質の特性解析を行ってきた。また、蛋白質をデザインするという事はアミノ酸配列空間における地形解析である、とのコンセプトのもとに個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定した適応歩行による蛋白質デザイン法を提唱し、その広範な利用に向けた研究開発を推進している。例えば、近年抗体医薬品が急成長しており、その製造・精製プロセスのプラットフォーム技術の高度化が要望されているので、この蛋白質デザイン法を利用し、抗体精製のアフィニティ・リガンド蛋白質のデザインを可能にするための基盤技術開発を進めている。さらに、デザインしたアフィニティ・リガンド蛋白質、及び当グループで開発した蛋白質の配向制御固定化法を利用して、民間企業とも協力し、抗体医薬品精製のアフィニティ担体や関連技術の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

健康維持機能物質開発研究グループ

(Physiologically Active Substances Research Group)

研究グループ長：大西 芳秋

(つくば中央第6)

概要：

これから日本は「少子高齢化社会」を迎えるにあたり、高齢者や女性、若者が生きがいをもって働ける社会を実現するために、国民全員が健康に生活していただけるための医療・介護・健康関連分野におけるライフ・イノベーションが期待されている。本研究グループでは、アルツハイマー病の様な高齢者に頻発する疾患の病因の解明、原因物質の探索から、高血圧症、動脈硬化症、2型糖尿病など、生活習慣病の予防やその軽度な段階での改善のために利用できる機能性食品の開発のみならず、ハーブや垂熱帯植物などを材料に新たな生理活性物質の検索、開発し、機能性物質として実用化することを目標として研究を行っている。具体的には、生理活性物質の *in vitro* スクリーニング系を確立し、動脈硬化を抑制する物質、早朝高血圧を防止するための血圧降下物質や生体リズム制御物質を効率よくスクリーニングする。さらに、病態モデル動物（脳卒中ラットや高血圧ラットなど）を使って検証を行い、実用性の高い健康維持増進物質を開発する。最終的には、新たな機能性物質として実用化することによる産業、

経済の活性化に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目2

生物時計研究グループ

(Biological Clock Research Group)

研究グループ長：大石 勝隆

(つくば中央第6)

概要：

現代社会においては、社会の24時間化や急速な高齢化に伴い、睡眠障害やうつ病、不登校・出社困難などの神経症が急増しており、体内時計との関連が注目されるようになった。体内時計と様々な疾患の発症の間には、複雑な相互作用が存在し、それぞれの作用メカニズムを解明することにより、新規な治療法や予防法の開発が可能になるものと考えられる。生物時計研究グループでは、体内時計と様々な疾患発症との関連性を分子レベルで解明することにより、時間医療・時間薬理学分野へ貢献するのみならず、生活習慣と体内時計との関連性に着目し、予防的観点から国民の健康医療に貢献することを最大の目標とする。

研究テーマ：テーマ題目3

分子細胞育種研究グループ

(Molecular and Cellular Breeding Research Group)

研究グループ長：本田 真也

(つくば中央第6)

概要：

細胞や生体分子が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、これらを合目的的に改良する新たな基盤技術（分子細胞育種技術）の研究開発を行う。その遂行においては、細胞や生体分子が高い機能を実現する合理的な機械であるという側面とそれらが長久の進化の所産であるという側面を合わせて深く理解することを重視し、そこに見出される物理的必然性と歴史的偶然性を有機的に統合することで、新たな「育種」技術の開拓を図ることを基本とする。また、技術開発課題の立案においては、内外のライフサイエンス・バイオテクノロジー分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

RNA プロセッシング研究グループ

(RNA Processing Research Group)

研究グループ長：富田 耕造

(つくば中央第6)

概要：

RNAはその鋳型であるDNAから転写された後、多岐にわたる加工プロセスを経て、機能を持ったRNA

へと成熟化されます。RNA プロセッシング研究グループでは、RNA が合成され、最終的に機能をもった RNA へと成熟化される一連の“RNA プロセッシング”過程に注目し、この過程に関わる蛋白質、蛋白質複合体装置の“機能”、“構造”、“進化”、そして“制御”の解析を通して、RNA と蛋白質の協同的な機能発現、制御、進化の詳細な分子機構を明らかにすることを目指す。具体的には RNA 合成、RNA の代謝、RNA の成熟化、RNA の機能付加に関わる酵素複合体に注目し、その中でも、“RNA 合成酵素群”に注目し、それらの蛋白質、蛋白質複合体の詳細な反応分子機構、分子認識機構、分子進化、制御機構の解明を、生化学、分子細胞生物学、構造生物学的手法を用いて多角的に明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目 7

ナノバイオデバイス研究グループ

(Nano-biodevice Research Group)

研究グループ長：丹羽 修

(つくば中央第6)

概 要：

新規なカーボンや自己組織化膜などのナノ薄膜材料、免疫系分子、合成プローブ、酵素等を利用した高精度な分子認識界面を構築し、生体分子を高感度に検出可能なセンシング手法を開発する。併せて、検出法の高感度化、マイクロナノ加工技術を融合した前処理工程の集積化や多項目試料測定が可能なデバイスの実現を目的とする。具体的な研究手段、方法論として、電気化学センサに用いる新規薄膜電極材料の開発、スパッタカーボン薄膜を用いた薬剤管理用の電気化学センサ（内毒素センサ）の開発、カーボンや酸化物のナノ構造体電極による薬物スクリーニング法の開発、配列特異的なメチル化 DNA 検出法の開発、糖鎖修飾界面と電気化学刺激を利用したタンパク質の高感度検出などを行った。また、戦略予算：アジア戦略「水プロジェクト」で環境管理部門等と協力し、ナノカーボン薄膜電極を用いた重金属イオンの高感度電気化学計測法の開発を担当した。

研究テーマ：テーマ題目 8

バイオ界面研究グループ

(Bio-Interface Research Group)

研究グループ長：田中 睦生

(つくば中央第6)

概 要：

様々な知見に立脚した界面構築材料の創製、材料物性に応じた界面構築法、分子レベルでの界面構造解析、界面の機能解析等、界面に関する一連の基盤研究を統合的に展開し、センシング素子や選択的透過膜等の機能性界面構築技術の確立、さらには機能性界面を用い

たセンサー開発等、実用化を目指した応用技術の確立を目標とする。センシング界面構築材料となるタンパク質固定化材料、非特異吸着抑制材料、糖鎖材料等の機能性表面修飾材料の開発や、補体レセプター等の機能性タンパク質の産生・精製法の開発を行っている。これらの材料を用いて機能性界面構築を行い、走査型プローブ顕微鏡や電子顕微鏡を用いて界面構造を解析し、界面構造と機能との相関を検討している。ここで得られた界面に関する知見をバイオセンサーのセンシング界面構築に展開し、材料によるセンシング機能の体系化を行った。さらには、材料開発で培った合成に関する知見を、新たな界面構築材料となり得る核酸の合成法開発へと展開した一方で、核磁気共鳴法を用いて代謝生成物等を包括的に解析できるプロファイリング法の普及を行った。

研究テーマ：テーマ題目 9

バイオメジャー研究グループ

(Bio-Measurement Research Group)

研究グループ長：関口 勇地

(つくば中央第6)

概 要：

- (1) 産業や医療分野などでのバイオ計測の信頼性確保、その国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に資する技術開発と基盤整備

バイオ計測（生体由来物質の計測：バイオメジャー）は広く産業、医療分野等において行われているが、その信頼性確保のための基盤整備は不十分である。また、その多くのバイオ計測の計量計測トレーサビリティの確立は途についたばかりであり、バイオ計測の国内および国際的なレベルでの比較互換性の確保は今後の大きな課題である。本課題では、バイオ計測の信頼性確保、比較互換性の確保に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、そのために必要な技術的検討を行った。また、バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ標準物質の開発、整備を実施すると共に、バイオ計測の精度管理方法の開発、およびバイオ計測の国際標準化に資する研究開発を実施した。

- (2) 生体由来物質（核酸、ペプチド・タンパク質、代謝物、細胞、その他個体としての生命活動など）を検出・定性・定量するための新しい有用な基盤技術の創成

生体由来物質を対象とした計測分野のさらなる発展は、今後のバイオテクノロジー分野、医療分野等の進歩に大きく寄与する重要な課題である。本課題では、核酸や動物細胞を中心に、それらバイオ計測技術を進展させるための基盤技術の開発を行った。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、

核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の開発と、その応用を行った。また、微生物由来核酸の定量技術開発を行った。また、核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

脳遺伝子研究グループ

(Molecular Neurobiology Research Group)

研究グループ長：戸井 基道

(つくば中央第6)

概要：

高齢化社会に伴い増加の一途をたどる神経・精神疾患において、その発症予測や治療、機能回復に関わる技術に対しての社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化・維持機構、脳におけるネットワーク形成やその可塑的变化を分子レベルで計測し、その詳細を理解することは依然として十分ではなく、それが疾患の予測・治療手法や、有効な創薬開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、主にモデル動物を用いた遺伝子解析技術と光学的イメージング技術に基づいて、神経細胞の維持・再生・移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標とする。特に、モデル動物を用いた遺伝子操作や、培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子の機能や神経疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構等を解明する。そのために、新規の神経疾患モデル動物の作製や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開発を行っている。並行して、これらの解析に必須である、分子レベルから個体レベルまでの生体現象の可視化に向けた、新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。これらの解析により、生体脳内や神経細胞内のイベントを鮮明に観察しながら、個々の疾患状態や治療効率の向上に繋げていく。

研究テーマ：テーマ題目12

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Research Group)

研究グループ長：近江谷 克裕

(つくば中央第6)

概要：

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。これら生体分子が本来持っている機能を解析しそれを利用する技術開発・機器開発などを遂行する。具体的には生理活性ペプチド、タンパク質、核酸などが結合する標的分子の認識機構を主に分子生物学的手法により解析し、分子間相互作用

機構を利用した創薬に資する技術開発、機器開発などを行う。生理活性ペプチドの構造骨格部分を保存し、標的認識部分に変異を導入した人工 cDNA ライブラリーを作成し分子進化工学的手法により新たな標的分子を認識できるように試験管内で高機能化する手法を開発中である。

研究テーマ：テーマ題目13

シグナル分子研究グループ

(Signaling Molecules Research Group)

研究グループ長：今村 享

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループでは、産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発によるライフ・イノベーションの実現のため、創薬・医療に関わる生体分子の構造・機能の理解・解明と創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の開発をめざしている。特に、各種組織を構成する細胞の、増殖・分化・機能等を制御するシグナル分子を研究の起点として、ヒトなど高等動物の細胞と個体の機能制御メカニズムに関する新知見を獲得するための研究を推進している。研究手段は、分子レベル、細胞レベル、個体レベルにまたがっている。得られた知見については、これを活用し、シグナル分子とその制御分子を用いて生命現象を細胞レベル・個体レベルで評価・制御するテクノロジーを開発し、創薬と医療支援に係る産業の振興に資することを目標としている。これらの目標に加え、当研究グループでは、シグナル分子を起点とした研究による知見の獲得とその利用という研究取り組みが、ライフサイエンス分野における本格研究の実現に有効であることをその研究活動を通じて示すことも、随伴的目標と位置づけている。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目

16

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Research Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

我々の細胞の機構は、分子から始まって様々な階層での相互作用の積み重ねによって形成されている。我々は、細胞、微生物の構造と機能の制御機構を、主に電子顕微鏡技術を利用して、分子・細胞・神経回路網レベルで研究している。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は200nm までが限界だが、電子顕微鏡はもしも電子線を十分に照射しても大丈夫なサンプルであれば2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の

方法ではタンパク質は電子線にそれほど強くはなく、照射量が限られるため微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電顕像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達、細胞内輸送、タンパク質分泌、抗癌剤などに関係する様々な膜タンパク質・可溶性タンパク質の構造決定に成功した。さらに、もう少し大きな細胞内の微細構造を自然な環境で中間倍率で観察するために、半導体製造で用いる SiN 薄膜越しに液体中の細胞を直接 SEM で見る全く新しい電子顕微鏡を、(株)日本電子と共同開発した。これらの技術を NMR や X 線結晶解析、画像情報学などの様々な方法と組み合わせながら、細胞内外におけるタンパク質や細胞内小器官レベルでの構造と機能の相関を広く研究している。

研究テーマ：テーマ題目17、テーマ題目18

セルメカニクス研究グループ

(Cell Mechanics Research Group)

研究グループ長：中村 史

(つくば中央第4)

概要：

本研究グループは、生物の有する機械的な運動機能、関連する生体分子の構造と機能を明らかにする、あるいはそのための装置・技術の開発を行う。明らかにした生物の情報、開発された技術により、学術研究、医療、創薬、あるいは細胞そのものを応用する新産業等に貢献することを目指す。細胞骨格系タンパク質の構造変化に基づく機能を新規に解明することで、医療応用における基盤情報の確立の一助と成る。近年 iPS 細胞に代表される幹細胞の応用に注目が集まっているが、移植医療への応用を実現するためには、免疫原性の抑制等を行い安全な細胞を提供する高度な細胞制御技術が必要となる。そのために細胞の構造と機能を理解し、低侵襲で効率よく解析・操作・分離を行う新しい技術、セルサージェリー技術の開発を行う。これらの研究は、バイオインフォマティクス、ナノテクノロジーなどの分野融合によって生み出される全く新しい生体分子工学、細胞工学の技術体系の構築とこれを利用した産業の創出に資するものである。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20

細胞増殖制御研究グループ

(Cell Proliferation Research Group)

研究グループ長：ワダワ レヌー

(つくば中央第4)

概要：

我々の研究グループはこれまで細胞の老化や不死化、ガン化などについての基礎研究を積み重ねてきた。独

自に同定したモータリン (hsp70ファミリーに属するタンパク質) は、ヒトのガンと老化病に強い関わりがあることが明らかになってきた。我々はモータリンに対する抗体の細胞内在性を明らかにし、細胞を追跡するナノ粒子の構築に成功した。モータリンの染色は正常細胞とガン化細胞の区別にも応用できる。また、ガン抑制タンパク質 p53の制御因子として同定した CARF 遺伝子が細胞老化に深く関わっていることを明らかにした。CARF 遺伝子に対する siRNA がガン治療に応用できる可能性を見出した。さらに薬剤耐性とガン転移に関わる遺伝子スクリーニングを行っている。

老化や癌化の分子メカニズムを探索するため、siRNA ライブラリーや cDNA 発現ライブラリーを用いたスクリーニング実験も行っている。我々がインドに自生する植物アシュワガンダの葉から新規に同定した薬効成分についても解析を進め、抗ガン活性や抗老化活性のある成分や関連する遺伝子群を同定している。その他にも、タンパク質を構成しないノンコーディング RNA (ncRNA) に着目し、生きたままの細胞内で ncRNA を蛍光検出する新規手法を通じて分子解析を進めている。上記のような標的因子の細胞内での挙動を制御することで、細胞の不死化やガン化を自在に操ることができる技術の開発を行い、「より良い医薬品の開発・提供」や「健康産業の創造」に貢献できるような研究活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22、テーマ題目

23

分子複合医薬研究グループ

(Molecular Composite Medicine Research Group)

研究グループ長：宮岸 真

(つくば中央第6)

概要：

分子複合医薬グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。構造解析に関しては、遺伝子発現調節因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶回折法などの構造生物学的解析を中心とした物理化学的アプローチにより、機能発現に関わる分子認識機構の解析を行なっている。抗体医薬を目指した取り組みとして、人工ライブラリーシステムの高度化に関する技術開発、シグナル分子や関連分子を認識するモノクローナル抗体作製・応用化技術の開発を行っている。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬の開発を進め、次世代アプタマーを用いた検出系、核酸医薬品の開発を行っている。また、疾患のターゲット分子を容易に明らかにする技術として、トランスフェクションアレーを用いた癌転移に関わるターゲット分

子の探索、および、ペプチドを用いたアレー技術の開発を行っている。個体レベルの研究としては、消化管免疫の分子機構の解明、および、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発へと展開を図っている。

分子複合医薬グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。構造解析に関しては、遺伝子発現調節因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶回折法などの構造生物学的解析を中心とした物理化学的アプローチにより、機能発現に関わる分子認識機構の解明を行っている。抗体医薬を目指した取り組みとして、人工ライブラリーシステムの高度化に関する技術開発、シグナル分子や関連分子を認識するモノクローナル抗体作製・応用化技術の開発を行っている。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬の開発を進め、次世代アプタマーを用いた検出系、核酸医薬品の開発を行っている。また、疾患のターゲット分子を容易に明らかにする技術として、トランスフェクションアレーを用いた癌転移に関わるターゲット分子の探索、および、ペプチドを用いたアレー技術の開発を行っている。個体レベルの研究としては、消化管免疫の分子機構の解明、および、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発へと展開を図っている。OMICS を用いた遺伝子発現解析による生理状態評価において、特に放射線ストレス評価を行い、環境評価においても応用範囲を広げている。

研究テーマ：テーマ題目24、テーマ題目25

次世代ゲノム機能研究グループ

(Genomic Neo-Function Research Group)

研究グループ長：上田 太郎

(臨海副都心センター)

概要：

本グループは、ヒトゲノムに限定せず、幅広い生物のゲノム機能の解析とそれを応用した創薬支援を目的とし、①機能性 RNA の解析、②ゲノム情報に基づくタンパク質構造の解析、及び③二次代謝産物合成遺伝子を応用した化合物生産研究を展開している。さらに、遺伝子情報およびそれらがコードするタンパク質構造情報等を分子標的とし、天然物ライブラリーを主とした創薬スクリーニングを行っている。

具体的な研究内容として、ヒトゲノムから産生される蛋白質をコードしないノンコーディング RNA (ncRNA) を対象に、細胞内構造構築に関わる RNA の機能解析を中心に研究を行うと共に、タンパク質合成に重要な役割を担う tRNA の機能獲得に必須な

RNA 修飾メカニズムに関して研究を展開している。

また、タンパク質立体構造研究に関しては、主に、膜タンパク質や複合体の構造に重点を置き研究を行っており、電子顕微鏡などの手法を用いて、それらの原子レベルの立体構造を解析し解明している。

ヒトゲノム以外の応用研究として、上市されている医薬品の6割以上を占める天然化合物を対象に、微生物や植物が持っている二次代謝産物合成遺伝子を応用した化合物生産を行っており、それらをライブラリーとして用いて創薬スクリーニングを展開している。

研究テーマ：テーマ題目26

[テーマ題目1] 蛋白質デザインに関する研究

[研究代表者] 広田 潔憲

(蛋白質デザイン研究グループ)

[研究担当者] 広田 潔憲、末森 明夫、竹縄 辰行

(常勤職員3名、他4名)

[研究内容]

欲しい機能を有する蛋白質を確実に創成する技術としての「配列空間探索による蛋白質デザイン法」の研究、及び「配向制御固定化法」による生体外での蛋白質利用技術の研究開発を行っている。

配列空間探索による蛋白質デザイン法の研究においては、芳香族化合物水酸化酵素群を対象に変異解析を進めている。具体的には、*Pseudomonas fluorescens* PA01株由来を始めとするフラビン蛋白質系芳香族化合物水酸化酵素群における逆進化的アプローチ (Retro-evolutional approach) を行うことにより、芳香族化合物水酸化酵素群の基質結合部位における保存性アミノ酸残基群 (ancestral amino acid residues) の存在を明らかにすると共に、基質特異性の設計・改変に関する戦略指針の基盤となるデータベースの構築を行った。

生体外での蛋白質利用技術の研究開発においては、蛋白質デザイン法や配向制御固定化法を抗体医薬品の製造技術に応用するために、抗体のアフィニティ精製技術の開発に取り組んできた。具体的には、プロテイン A やプロテイン L 等の抗体結合蛋白質をフレームとしたアフィニティ・リガンド蛋白質の網羅的なアミノ酸置換変異体を作製し、独自開発した蛋白質アレイ解析システムを用いて、これら変異体の特性解析とスクリーニングを進めてきた。その結果、利用価値の高いリガンド蛋白質をデザインすることに成功した。さらに、配向制御固定化法を適用することにより、デザインしたリガンド蛋白質を生体外で利用することを可能にした。このような成果を基にして、ハイスループットな抗体精製用の96ウェルプレートを生産企業と協力して開発した。開発したプレートは、45分以内に、96種類の0.2mLの培養液中に含まれる抗体を精製し、紫外吸収法により培養液中の抗体濃度を0.02mg/mL~2mg/mLの範囲において推定すること、を可能にした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質デザイン、配列空間探索、配向制御固定化、アフィニティ精製技術、アフィニティ・リガンド蛋白質

【テーマ題目2】 健康維持機能物質の開発

【研究代表者】 大西 芳秋（健康維持機能物質開発研究グループ）

【研究担当者】 大西 芳秋、森井 尚之、河野 泰広、市村 年昭、小川 昌克（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

生活習慣病改善のための物質の開発を目的として、種々の植物を材料に、アディポサイトカイン産生調節作用を有する抽出物を探索し、ユリノキの葉より炎症時に増加する一酸化窒素（NO）の産生抑制および炎症性サイトカイン TNF- α 産生抑制物質の同定と構造決定を行った。時計遺伝子 *Bmal1* を用いたリアルタイムレポーターアッセイシステムを用いて、ムラサキ等に含まれる生薬紫紺の成分である、シコニンが生体リズム周期短縮作用を有することを見出した。この生体リズム周期短縮作用はシコニン除去により消失することから、可逆的な作用であることが判明した。また、このシコニンの作用はトポソメラーゼ II 活性の阻害作用によることが示唆され、トポソメラーゼ II 阻害剤として有名なエトポシドにおいても生体リズム周期短縮作用が確認された。上記の結果より、生体リズム周期調節剤のスクリーニングにおいてトポソメラーゼ II 活性に対する作用も指標の一つになることが示唆され、今後のスクリーニング効率化を行ううえで重要な知見が得られた。また近年、エピジェネティックな転写調節が注目されており、生体リズム調節剤のスクリーニングにおいてもエピジェネティックな作用を示すものも存在することが考えられ、そのような生体リズム調節剤をスクリーニングするためのシステム構築が望まれていた。ヒト白血病細胞株 CPT-K の *Bmal1* プロモーター領域の CpG アイランドが高メチル化されていること、さらに概日リズムが観察されないことを見出した。本細胞株を用いて *Bmal1* プロモーターを持つレポーター遺伝子を安定的に保持している細胞株の樹立に成功した。DNA 脱メチル化剤である 5-*aza-dC* で樹立したレポーター細胞株を処理すると、内在の *Bmal1* の転写が上昇するとともに概日リズムの回復も観察された。これらの結果より本細胞株を用いて概日リズムを検討することにより、エピジェネティック作用を示す概日リズム調節剤のスクリーニングが可能となることが示唆された。今後、エピジェネティック生体リズム調節剤のスクリーニングを進めることが可能となった。

さらにアルツハイマー病発症原因であるアミロイド β の蓄積機構についても、アミノ酸残基間相互作用について法則性を見出した。この法則性の普遍性に関して検討

するために、他のタンパク質、KIF2C、 β 2ミクログロブリン、インシュリン等を用いて検証した。

また、高血圧自然発症ラットを用いて沖縄島野菜と果実の黒麹の発酵素材より、新たな血圧降下作用物質のスクリーニングを開始した。また、これまで茨城県行方市との共同研究でヤマユリの香水を開発していたが、商品化するための更なる香油成分の回収効率化を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 健康機能、炎症、生体リズム、アミロイド、生活習慣病

【テーマ題目3】 体内時計に関する疾患発症メカニズムの解明とその予防法の開発

【研究代表者】 大石 勝隆（生物時計研究グループ）

【研究担当者】 大石 勝隆、宮崎 歴、富田 辰之介、中尾 玲子、近藤 大輔（常勤職員5名、他4名）

【研究内容】

現在わが国においては、社会の24時間化に伴う精神的・肉体的・経済的諸問題が深刻化してきたことから、体内時計の乱れに起因する睡眠障害の改善が強く望まれている。ヒトの睡眠障害においては、多くの場合、遺伝子変異による先天的な原因よりも、ストレスなどの環境因子が原因となっていると考えられる。そこで我々は、ヒトへの外挿可能なストレス性睡眠障害モデルマウスの開発を行ってきた。本マウスでは、睡眠障害のみならず、慢性疲労や、過食、糖代謝異常など睡眠障害に関連する病態を呈することも明らかとなってきた。本マウスを用いることにより、生体リズム異常に関連する様々な疾患の発症メカニズムの解明や、新たな予防・改善・治療法の開発が可能であると期待される。

体内時計に作用する化合物を効率的にスクリーニングする目的で、時計遺伝子 *Per2* の下流にレポーター遺伝子をノックインした *PER2::LUC* マウス由来の神経細胞を用いる *in vitro* リアルタイムレポーターシステムを構築した。本システムを用いることにより、神経細胞における体内時計に作用する天然化合物を数多くスクリーニングすることに成功した。パッションフルーツ由来の植物アルカロイドであるハルミンによる体内時計の周期延長作用を *PER2::LUC* 神経細胞によって見出し、その分子メカニズムが *PER2* タンパク質の分解抑制作用によるものであることを明らかにした。

マウスを使った実験により、高脂肪高ショ糖食負荷による行動リズムの夜型化を、小麦の表皮由来のアルキルレゾルシノールが予防することを見出した。アルキルレゾルシノールは、高脂肪高ショ糖食負荷による、体重の増加や高インスリン血漿、高レプチン血漿、耐糖能異常、インスリン抵抗性などを全て有意に改善することを見出した。

大麦由来の熱処理した乳酸菌 *Lactobacillus brevis*

SBC8803株をマウスに慢性的に投与することにより、暗期（活動期）後半において、覚醒時間の延長とノンレム睡眠の短縮が認められ、睡眠覚醒リズムに作用する可能性が示された。

副腎皮質ホルモンである糖質コルチコイドは、免疫抑制の目的で広く使われている薬剤であるが、その副作用として筋肉の委縮が問題となっている。また、体内の糖質コルチコイドの分泌には、活動開始時刻にピークとなる顕著な日内リズムが存在することが知られている。投与時刻を工夫する時間薬理学的手法による副作用の軽減を目指し、マウスを使った実験を行った。投与時刻を、活動開始時刻（マウスにおける暗期初め、ヒトにおける朝）と活動終了時刻（マウスにおける明期初め、ヒトにおける夜）に分けて投与したところ、体内の糖質コルチコイドの分泌リズムに合わせた、活動開始時刻に投与することにより、筋委縮が有意に軽減できることが判明した。さらに、本来の薬効である免疫抑制機能については差異が認められなかった。時間薬理学的投与方法により、薬効に影響しないまま、副作用を軽減できる可能性が考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体内時計、睡眠障害、食品、時間薬理学

【テーマ題目4】 タンパク質の分子育種技術の開発

【研究代表者】 本田 真也(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】 本田 真也、村木 三智郎、
小田原 孝行、渡邊 秀樹
(常勤職員4名、他7名)

【研究内容】

タンパク質が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、構造情報を基盤とする論理的分子デザイン法とファージディスプレイ等の進化分子工学的法の有機的活用による新規の標的親和性人工タンパク質創製技術の研究開発を行う。また、医療応用を目指した、ヒトサイトカイン等の機能改変の研究開発を行う。

進化分子工学的手法によって当グループが独自に開発した、抗体の非天然型構造を認識する人工タンパク質 AF. 2A1 を使い、これを解析素子とした表面プラズモン共鳴 (SPR) および酵素結合免疫吸着法 (ELISA) に基づく治療用抗体の品質評価技術開発を進めた。AF. 2A1 は、天然型抗体に極微量混入した非天然型抗体を混入率 0.01% 以下の感度で検出することが可能であり、サイズ排除クロマトグラフィ等の既存技術を感度・スループット性の両面において上回る、新たな抗体医薬品質評価技術となることを示した。

バイオ医薬品として認可済みのサイトカインタンパク質の生体内代謝安定性を向上させた後続バイオ医薬品の開発を目指して、同タンパク質を構成するポリペプチド主鎖の両末端を連結した環状化サイトカインを合成し、その *in vitro* 分子特性解析を行った。具体的には、円偏

光二色性測定器を用いた熱安定性解析、NFS-60培養細胞を用いた細胞増殖活性測定、エキソプロテアーゼとの混合物の電気泳動評価によるプロテアーゼ分解耐性の3つの特性を評価した。その結果、昨年度の結果も併せて、環状化サイトカインのレセプター結合活性および細胞増殖活性は野生型と同等であり、かつその構造安定性とプロテアーゼ分解耐性は野生型より優れたものであることが明らかになった。

有用な活性を有するサイトカイン類に抗体断片等を結合させ細胞認識特異性を付与することは、次世代のバイオ医薬創製のための重要な基盤技術の一つである。がん細胞などに対して細胞死を誘導するヒト Fas リガンドの機能を損なうことなく他の化合物やタンパク質との結合を可能にすることを目的として、その細胞外ドメインの N 末端部位にシステイン残基を含有するタグ配列を付加した誘導体のピキア酵母を宿主とする発現生産系を構築した。当該誘導体タンパク質とマレイミド基を有する化合物と反応させることにより、標的細胞に対する細胞死誘導の要であるヒト Fas レセプターに対する結合活性を保持した部位特異的の化学修飾体を調製する方法を開発した。

タンパク質の立体構造は機能の理解や高機能化の設計には不可欠な情報であるが、構造が決定されていないタンパク質のほうがかかると多いのが現実である。結晶化条件探索を合理化するための情報を取得するために、ポリエチレングリコールとさまざまな塩の組み合わせによるタンパク質の会合について調べ、解析を行った。沈殿剤として塩単独で用いる場合とポリエチレングリコールと一緒に用いる場合とでは、塩の種類依存性が逆転することが観察された。タンパク質間領域とそれ以外の領域とで溶媒の組成に違いが生じる、即ちタンパク質を取り囲む溶媒領域が1相か2相にかよることが原因であると考えれば、ポリエチレングリコールによる浸透圧の増加(長距離的な効果)と塩から解離したイオンによるタンパク質からの電場の遮蔽(短距離的な効果)で無理なく説明できることがわかった。この会合機構は、結晶の形成を可能とする濃度も適切に見積もることができることも明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、分子設計、立体構造、人工タンパク質、バイオ医薬品、分子進化工学、膜タンパク質

【テーマ題目5】 微生物の細胞育種技術の開発

【研究代表者】 福田 展雄(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】 福田 展雄 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

微生物が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、酵母の接合型変換および接合応答制御技術を確認し、交配育種への応用を目指す。また、酵母のシグナル伝達

経路をヒト受容体の機能解析へと利用するための基盤技術を開発し、創薬候補物質の探索での活用を図る。

平成25年度は、交配育種への利用を目指して、接合能を有する酵母細胞をスクリーニングする方法の開発に注力した。酵母の交配育種では、a型および α 型酵母を掛け合わせて新株を創製する。産業利用される酵母は、接合能を有さないa/ α 型の接合型をもつが、これらを培養していると、接合能を有するa型および α 型酵母が極低頻度で出現することが知られている。そこで、a型または α 型細胞特異的に選択マーカー遺伝子を発現する技術を確立することで、a/ α 型酵母から派生した接合能を有する酵母細胞を、効率的に単離することに成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】酵母、交配、接合

【テーマ題目6】微細藻類育種技術のための多糖類利用技術の開発

【研究代表者】芝上 基成

(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】芝上 基成 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

微細藻類が有する物質産生機能の広範な産業利用を促すため、高付加価値化合物物質産生機能の改良およびこれらの物質の利用技術の開発をあわせて図る必要がある。本課題では特徴ある産生物質の中で最も複雑な構造をもつ多糖類について利用技術を確立し、その出口を明確にすることで微細藻類の産業利用を促進することを目的とする。

具体的にはミドリムシ (ユーグレナ) が産生する多糖 (パラミロン) に着目した。パラミロンはミドリムシの細胞内に多量に蓄積され、またその純度は極めて高いために工業原料としてのポテンシャルを有している。パラミロンはブドウ糖が数千個連なった高分子であり、同じくブドウ糖高分子であるセルロースと構造的に極めて近いが、その性質や分子集合様式は大きく異なることから、セルロースとは異なる物性を発揮する材料素材としての活用が期待される。平成25年度はパラミロンを出発原料として長鎖アルキル基などの官能基を化学反応により導入することで、高い熱可塑性と機械的強度を併せ持つ熱可塑性樹脂としての利用可能性を示すことが出来た。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微細藻類、熱可塑性樹脂

【テーマ題目7】RNA合成酵素の反応制御機構

【研究代表者】富田 耕造

(RNAプロセッシング研究グループ)

【研究担当者】富田 耕造、竹下 大二郎、杉本 崇

(常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

本テーマ課題では、典型的な鋳型を用いない RNA 合

成酵素、ウイルス由来の宿主因子と複合体を形成して機能する RNA 合成酵素、そして高次生命現象発現に関与するマイクロ RNA の代謝等にかかわる特殊な鋳型 RNA 合成酵素群に注目し、それらの酵素群の反応制御基盤を明らかにすることを目的とする。

本年度は、典型的な鋳型を用いない RNA 合成酵素のうち tRNA の修復をする酵素、CC 付加酵素の基質認識、反応機構、ウイルス RNA の複製能力を有する翻訳関連因子と複合体を形成する RNA 合成酵素の RNA 複製における翻訳関連因子の役割解明、マイクロ RNA の分解、代謝に関与する鋳型非依存的 RNA 合成酵素の反応制御機構を明らかにすることを目指して研究を遂行した。

具体的には、細菌由来の CC 付加酵素、単体、tRNA との複合体の X 線結晶構造解析、Q β ウイルスの RNA 複製能力を有する酵素複合体の X 線結晶構造解析を行った。また、マイクロ RNA の代謝にかかわる鋳型非依存的に RNA 合成酵素に相互作用する因子の質量分析、とその酵素の結晶化などをおこなった。

CC 付加酵素と tRNA の複合体の構造決定することに成功し、反応開始から反応終結に至る複数の状態の可視化に成功した。tRNA 認識の分子構造基盤やスクレオチドの特異性の分子構造基盤、動的反応分子機構が明らかになった。また、ウイルス由来の RNA 複製酵素に関しては3つの宿主蛋白室を含む、ウイルス RNA 複製能を有した4者複合体の構造を決定することに成功し、宿主因子の結合様式が明らかになった。特に、宿主蛋白質のうちリボゾーム蛋白質と RNA 合成酵素との詳細な結合様式、RNA 複製開始と終結においてリボゾーム蛋白質が複製開始と終結反応における役割が示唆された。今後、RNA との複合体の構造解析を進め、RNA 複製における詳細な役割を明らかにして行く予定である。また、ヒト由来の、マイクロ RNA の代謝分解のシグナルを、RNA へ付加する鋳型非依存的 RNA 合成酵素に関しては、これらのヒト細胞での恒常的発現細胞を樹立し、この細胞を用いて、これらの RNA 合成酵素と相互作用する蛋白質因子を質量分析によって解析をおこなった。この中から、実際にウエスタンブロッティングにより相互作用をしているものを同定し、それらが実際にマイクロ RNA の分解、代謝に関わっていることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】RNA合成、ウイルス、RNA、反応制御、機能、構造

【テーマ題目8】ナノマテリアル材料を利用した高性能センシング素子開発

【研究代表者】丹羽 修 (ナノバイオデバイス研究グループ)

【研究担当者】丹羽 修、佐藤 縁、鈴木 祥夫、吉岡 恭子、栗田 僚二、加藤 大 (常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

本テーマでは、バイオ界面研究グループ、矢吹総括主幹と協力し、疾病マーカー分子などを高い感度と選択性で検出するためのカーボン系薄膜材料、自己組織膜など有機系の分子を利用した分子認識界面の構築、免疫法などを用いた新規検出手法やデバイスの開発を目指している。大きく分けると、(1)スパッタカーボン薄膜やナノ材料を用いた電極基板開発とバイオセンシングへの展開(2)分子認識ソフト界面を利用したレクチン等の高感度認識膜の開発(3)免疫センシング法をベースとした配列特異的なメチル化 DNA 検出法やホルモン検出、更に新規なセンシングデバイスの開発である。(1)では、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) スパッタ法やアンバランストマグネトロン (UBM) スパッタ法を用いて、電極触媒作用を付与することで電気化学検出が困難、或いは反応電位が高い物質の検出可能な電極を開発した。具体的には、カーボン膜の形成時に窒素ガスを共存させて、窒素を含むカーボン膜を形成し、低電位での酸素や過酸化水素の検出、或いは核酸分子の検出を実証した。また、共スパッタが可能な UBM スパッタ装置を用いてカーボンと金属を同時にスパッタすることにより、金属ナノ粒子がドーパされたハイブリッド型カーボン薄膜電極を形成し、予備実験を行って電気化学触媒活性が高いことを確認した。

ナノカーボン薄膜を用いた内毒素 (リポポリサッカライド: LPS) の高感度電気化学バイオセンシングへの応用では、昨年度、確立した LPS を吸着する高分子を修飾し、LPS を吸着させた後、LPS 認識プローブ (LPS 結合性のポリミキシン B に酵素を標識した分子) を結合させ、基質の酵素反応により生成した電気化学活性種を測定する方法について、S/N 比向上のために、反応液中のイオン種、イオン濃度や共存種などを検討し、LPS 認識プローブの非特異吸着抑制について検討を行った。また、マイクロ流路を用いて高感度化、試料の微量化、測定時間の短縮を図るため、金型を用いて LPS 吸着高分子ビーズを充填する部分を有するシリコンゴム (PDMS) 製のマイクロ流路を試作し、LPS 吸着ビーズの高効率充填のための構造を最適化した。今後は、検出用の電極を下流に組み込んで、マイクロ流路化での測定を実施すると同時に、新規な LPS 認識プローブの開発を有機合成により行い、目標検出限界を達成する予定である。

次にナノ構造を表面に有するカーボン薄膜電極を利用した薬物代謝と阻害を電気化学的に検出可能なセンサー開発では、チトクローム P450 (CYP) とカーボンナノファイバーを固定化した薄膜カーボン電極を用いて測定を行い、電極と CYP の直接電子移動に基づく酸素還元電流の大幅な増加と、酵素の基質となる薬剤を加えた時の還元電流の増加や阻害剤を加えた時の電流値の大幅な低下を観測でき、薬物代謝を簡便に調べるバイオセンサとしての基本的な動作を確認することができた。同様に、

表面にナノレベルの粗さをもつ導電性酸化物の電極 (インジウム-錫酸化物: ITO) では、純度が低い CYP を固定化しても薬物代謝が電流計測でき、ITO が CYP との直接電子移動に極めて適していることを確認した。また、CYP は、幾つかの種類があるので、代謝を複数の酵素を用いて同時測定するため、PDMS 製のマイクロ流路に複数の電極を組み込んだデバイスを試作し、まず流路内の流れ特性を評価した。

(2)では、糖鎖末端を有する自己組織化膜材料とアルカンチオールを用いたハイブリッド型自己組織化膜を形成し、レクチン認識の感度向上について引き続き検討した。レクチンを認識する糖鎖末端を有するチオール化合物と電気化学活性基であるフェロセンを末端に有するチオール化合物をハイブリッドした自己組織化膜を用いて、外部電場刺激がレクチンの高感度認識に有効であることを確認した。ガレクチン類の種類区別検出について、糖鎖修飾微粒子を用いて高感度かつ選択的検出につながる結果を得た。

(3)では、昨年度合成オリゴマーで原理を確認したシーケンス選択的なメチルシトシンのイムノアッセイ法について、本年度は長鎖 DNA をターゲットとし、非標識の表面プラズモン共鳴 (SPR) 法で検出することに成功した。具体的には、ゲノム DNA を制限酵素処理により適当な長さで切断した後、測定対象の (メチル) シトシンのみとミスマッチを形成する相補的なビオチン化プローブ DNA を混合する。本混合溶液をアビジン修飾 SPR センサへ導入後、抗メチルシトシン抗体を導入することで、測定対象シトシンのメチル化状態を選択的に検出することに成功した。また、免疫センシングデバイスの簡便な検出デバイス開発を目的として、有機 FET を利用した生体分子センサの検討を山形大学と共同で行い、アビジン-ビオチン結合による表面荷電の変化を有機 FET で計測することに成功した。

最後に他部門との協力として、環境管理部門主幹のプロジェクト: アジア戦略「水プロジェクト」に参加し、ナノカーボン薄膜電極を用いて環境中の重金属イオン (カドミウムや鉛イオン) を電極上に濃縮し、その後酸化するアノードックストリッピング法で高感度検出を試みた。今年度は、カーボン膜の種類を詳細に検討し、検出限界向上に適したカーボン中のダイヤモンド (sp^3) 結合とグラファイト結合 (sp^2) の比を最適化することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノカーボン薄膜、電気化学測定、ナノ構造体、窒素ドーパカーボン、金属ナノ粒子、薬剤管理、内毒素、薬物代謝測定、遺伝子関連分子、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、レクチン、表面修飾材料、重金属測定

〔テーマ題目9〕機能性界面構築技術の開発

〔研究代表者〕 田中 睦生（バイオ界面研究グループ）

〔研究担当者〕 田中 睦生、澤口 隆博、根本 直、
石井 則行、平田 芳樹、村上 悌一
（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

本テーマでは、界面に関する様々な知見に基づく基盤的な研究を行うと同時に、ナノバイオデバイス研究グループをはじめとした他の研究グループや機関と協力して界面構築に関する基盤技術を展開し、疾病マーカー分子等、生体関連物質を計測するバイオセンシングシステムの新規構築を目指している。

センシング界面構築材料として、抗体や酵素など機能性タンパク質を共有結合固定化できる表面修飾材料、タンパク質の非特異吸着を抑制する表面修飾材料、レクチンを検出できる糖鎖を導入した表面修飾材料等の開発や、免疫に関わる補体タンパク質を検出できる機能性タンパク質である補体レセプター等、センシング界面構築に有用な機能性タンパク質の産生・分離法などを検討している。これらの界面構築材料を用いて界面を構築し、界面の構造と機能を解析し、目的とした機能性界面構築法の確立へと展開している。界面構造解析においては、原子間力顕微鏡（AFM）や走査型トンネル顕微鏡（STM）等の走査型プローブ顕微鏡や透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて分子レベルでの構造解析を行っている。

バイオセンサーの開発では、センシング界面へのタンパク質の非特異吸着を抑制する必要がある。タンパク質の非特異吸着抑制には、界面の水和分子が寄与していることが示唆されているが、界面の水和分子を観測する手法は見いだされていない。そこで従来のAFMを改造することによって、界面近傍での水和分子層構造についての情報を得ることができるようになった。本手法を用いて、今までに開発した非特異吸着抑制表面修飾材料の界面水和分子構造による体系的評価が可能になった。AFM、STM、X線光電子分光分析法（XPS）等による表面解析を行い、その結果を踏まえてセンシング界面最適化を施したチップを用いた導波モードセンサーで、抗レプチン抗体によるイムノアッセイを行った。非標識検出法で数十ng/mL、二次抗体を用いることによって数ng/mLの濃度のレプチンを検出できることを見いだした。これらの界面構築技術は、臨床現場で迅速に検査（POTC）できるセンシングシステムとして開発しているオシレーターセンサーにも適用可能であることを見いだした。さらには、イメージング手法への展開を目的として、TEMの要素技術開発を行った。

糖鎖を導入した表面修飾材料の開発等で培った合成技術を基盤に、新たな界面構築材料となり得る核酸合成法の開発を検討した。核酸を表面修飾材料として用いるには、従来の固相合成法とは異なる大量合成法の開発が必要であることから、大量合成可能な均一系での合成手法

確立を目標とし、DNAやRNAモノマーの有用な合成法を見いだした。

生体の代謝生成物に代表されるように、多種多様な物質の混合物解析は困難である。そこで多変量解析法と核磁気共鳴法等の分光的手法を組み合わせて代謝生成物等を包括的に解析できるプロファイリング法を開発し、その手法の普及を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 表面修飾材料、機能性タンパク質、非特異吸着抑制、走査型プローブ顕微鏡、導波モードセンサー、オシレーターセンサー、プロファイリング

〔テーマ題目10〕バイオ計測の信頼性確保および比較互換性の確保に向けた研究開発

〔研究代表者〕 関口 勇地

（バイオメジャー研究グループ）

〔研究担当者〕 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、
陶山 哲志、野田 尚宏、松倉 智子、
三輪田 恭子（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

バイオ計測の信頼性確保、およびその国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、必要な技術的検討を行った。バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ標準物質の開発、整備を実施し、NMIJから新たなRNA認証標準物質の頒布を開始した。また、バイオ計測の精度管理方法の開発として、次世代シーケンサーによる遺伝子定量技術の品質管理用核酸候補標準品の有用性の評価を実施した。また、DNAマイクロアレイ技術に関するバイオ計測の国際標準化に必要な研究開発を実施した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 標準化、遺伝子、DNA定量、PCR、DNA標準物質、RNA標準物質、国際比較

〔テーマ題目11〕バイオ計測基盤技術の研究開発

〔研究代表者〕 関口 勇地

（バイオメジャー研究グループ）

〔研究担当者〕 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、
陶山 哲志、野田 尚宏、松倉 智子、
三輪田 恭子（常勤職員7名、他10名）

〔研究内容〕

核酸や動物細胞を中心に、それら生体由来物質の計測技術（バイオ計測技術）を進展させるための基盤技術の開発を実施した。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の応用研究を行い、昨年度に引き続き他機関と共同でその臨床的妥当性等の検証を実施した。また、微生物

物由来核酸の定量技術の開発を実施し、スパイクイン 16S rRNA 遺伝子による微生物相解析技術の品質管理方法を各種環境試料の評価に応用した。また、ヘリカーゼなどの核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発とその応用を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチップ、細胞機能評価、動物細胞、凍結保存、バイアビリティ、バイオイメージング

【テーマ題目12】 神経疾患モデル動物の作製と分子動態可視化技術の開発

【研究代表者】 戸井 基道（脳遺伝子研究グループ）

【研究担当者】 戸井 基道、加藤 薫、海老原 達彦、落石 知世、梶原 利一、波平 昌一（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

疾患発症の分子メカニズムの解明とそれに対する創薬支援技術の開発には、病態解析や様々な薬効解析を可能にするモデル動物の作製が非常に有効である。特に脳神経疾患や精神疾患については、その分子機構の詳細が不明なものが多く、現在においても有効な治療方法や効果的な薬剤の開発には至っていない。そこで、特に神経変性や神経細胞死を誘発する神経疾患の原因タンパク質について、その分子レベルでの細胞内動態解析と、その動態変化に基づいた創薬候補物質スクリーニングに利用可能なトランスジェニック動物の作製と解析を進めている。昨年度までに作製した、アルツハイマー病の主要原因タンパク質であるアミロイドベータ可視化動物を使用し、生細胞内でのアミロイドベータ融合タンパク質の動態解析と個体での解析を進めた。GFP 単独、あるいは A β -GFP 融合タンパク質を発現させたもの、アミロイドベータの凝集を抑制する変異を導入した A β -GFP などを細胞に発現させた。蛍光分子相関法を用い、発現したタンパク質の分子当りの蛍光強度や拡散速度を測定し、細胞内の凝集状態を推測した。その結果、作製した A β -GFP は、発現量の増加に依存して、2~10分子程度の多量体化した割合も増加する事が明らかになった。したがって、開発した融合タンパク質は、生細胞内において確かにオリゴマー状態で分布している事が明らかになった。これらの融合タンパク質を発現させた線虫の神経系において、A β -GFP はシナプス部に強く集積している事、若齢期には蛍光が強くオリゴマー状態であるが、老齢期になるにつれて蛍光が消失し、強く凝集している事が分かった。また、老化に伴う神経細胞死の増加も観察された。A β -GFP トランスジェニックマウスについても、脳内の発現解析と併せてシナプス形成異常や細胞死の解析を進めている。並行して、エピジェネティック変化と脳機能の解析に利用する、部位特異的・時期特異的に

DNA メチル化を制御するトランスジェニックマウスの作製にも成功した。

また、これらの可視化細胞や可視化動物の観察に必要とされる顕微鏡システムの開発に向けて、超解像観察に適したサンプル作製法の開発を進めた。細胞培養時の条件やサンプル作製の改良により、細胞内の微細な構造変化を100nm の分解能でライブイメージングする事に成功した。同様に、細胞内小器官であるミトコンドリア内部の構造解析にも成功している。来年度以降これらの観察システムを用いて、作製した疾患モデル動物における神経構造の変化やタンパク質動態、組織レベルでの神経情報伝達の異常を解析していく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳神経疾患、トランスジェニック動物、細胞内分子動態、可視化解析

【テーマ題目13】 分子進化学を用いた生体分子の高機能化

【研究代表者】 近江谷 克裕（脳機能調節因子研究グループ）

【研究担当者】 近江谷 克裕、近藤 哲朗、稲垣 英利、木村 忠史、大塚 幸雄（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

「分子進化学を用いた生体分子の高機能化」

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャネルなどを標的とした生理活性ペプチド、生物毒などに注目し、標的分子認識メカニズムを解析しそれを利用した創薬基盤技術開発・機器開発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能、すなわち標的分子を特異的に認識し結合する能力を獲得している分子であると考えられる。これら生理活性ペプチドの単離精製・遺伝子解析の過程で、これらの分子の構造上の特徴はその基本骨格は保たれているが標的を認識する部位は変化に富んでいることが内外の研究により明らかになってきた。この遺伝子配列上の特徴を利用して標的認識部位配列を人工的にランダム配列化させた cDNA ライブラリーを作製した。指向的分子進化学手法を用いて目的の標的分子に結合する活性分子の探索技術開発を行った。Three Finger モチーフや Inhibitor Cystine Knot (ICK) モチーフ配列をもとに作製した人工 cDNA ライブラリーを従来より開発中の大腸菌発現クローニング実験系に発現させて標的とする分子を認識するペプチド配列の同定を行った。標的分子としてヒト遺伝子配列 G タンパク質共役受容体 (GPCR) やイオンチャネルなどの膜タンパク質を大腸菌内膜に発現させた。本来のヒト細胞で細

胞外ドメイン部分をペリプラズム側に発現させるべく大腸菌遺伝子産物との融合タンパク質として発現させた。また、同時にペリプラズム内に人工 cDNA ライブラリー転写産物を目的標的分子に結合する遺伝子産物の選択を行った。選択に際して次世代シーケンサーを用いた配列解析を行い、従来法より多種類の配列を迅速に解析することが可能であることが確認された。また、作製された生理活性ペプチドの効果を評価する材料となるヒト神経幹細胞の長期培養法と分化誘導技術を確立した。開発中の手法により得られるペプチドの配列・立体構造情報などが創薬の際有効に利用されることが期待される。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 指向的分子進化学、生理活性ペプチド、膜タンパク質

〔テーマ題目14〕 細胞増殖因子の新規機能とシグナル伝達機構の研究

〔研究代表者〕 今村 亨 (シグナル分子研究グループ)

〔研究担当者〕 今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘、岡田 知子 (常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

シグナル分子群の中で生体機能制御の鍵分子である、細胞増殖因子の新規機能とそこに介在するシグナル伝達機構の解明を通じ、得られた知見を基に、新たな創薬ターゲットの発掘や新たな生体機能制御技術の開発を行うことを、目標としている。一つの標的分子として、代謝調節ホルモン (シグナル分子) である FGF19 について、世界をリードする研究成果を取得し発表した。すなわち、ヒトなどが食事をすると、胆汁の刺激により腸管で FGF19 (ヒト) / FGF15 (マウス) が産生され、血流によって肝臓に到達し、肝臓における胆汁酸の合成を抑制したり、グリコーゲンとして糖を貯蔵する肝臓機能を調節したりする。この際、生理的濃度の FGF19 が特異的活性を発揮するためには、FGF 受容体4と補助受容体β-クロトーンに加え、硫酸化グリコサミノグリカンが必要であることを初めて示した。一方、その反応はヒトと実験動物であるマウスでは大きく特異性が異なることも示した。この発見は、動物実験を介してヒト用の医薬を開発する際の重要な注意点として高く注目された。これらの知見の啓蒙を、複数の大学や製薬会社研究員などを対象とする講演などを通じて行い、創薬の研究領域に大きな影響を与えた。さらに別の標的分子として、細胞内局在分子である FGF13 について、極めて新しい知見を得た。すなわち、シスプラチンなど白金錯体の抗癌剤に耐性を獲得した癌細胞における、薬剤耐性を獲得する基盤として、FGF13 遺伝子の高レベル発現が必要である分子機構を実証した。さらに、この抗癌剤を治療に用いた癌患者の治療成績について、今回明らかにした分子機構が関与することを示す結果も得た。これらの成果は平成25年度に論文発表し、臨床における有用性に関する医療機関と

共同の解析展開を計画した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 シグナル分子、ホルモン、メタボリズム、硫酸化グリコサミノグリカン、糖鎖、癌、癌細胞、子宮頸癌、シスプラチン、耐性

〔テーマ題目15〕 癌のシグナル伝達関連遺伝子の機能解明による診断・治療への利用

〔研究代表者〕 木山 亮一 (シグナル分子研究グループ)

〔研究担当者〕 木山 亮一 (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

本課題では、腎癌の包括的遺伝子変異解析とポジショナルクローニングにより見出された癌抑制遺伝子 Kank について、様々な細胞機能への関与とそれに関わる細胞内シグナル伝達メカニズムを解明することで、癌のメカニズムの解明と癌の診断・治療や創薬への利用を目標とした基礎研究を行っている。Kank タンパク質は、様々な低分子量 G タンパク質と相互作用をすることでそれらに関わる細胞機能の制御に関与している。例えば、Rhoファミリー低分子量 G タンパク質に属する RhoA/Rac1/Cdc42 と相互作用をすることでアクチン重合反応の制御を介して細胞運動の制御を行っており、細胞内輸送に関わる低分子量 G タンパク質 Arf1 の GEF (Guanine Nucleotide Exchange Factor) である BIG1 などと相互作用をすることで、細胞内輸送の制御に関わっている。本年度は、Kank タンパク質と相互作用する細胞分裂に関わる低分子量 G タンパク質に関する解析を行い、Kank タンパク質が細胞分裂の制御に関わっていることを見出した。また、腎癌のサブタイプによって Kank 遺伝子の発現が異なることがわかったので、病理診断への利用を目標として、Kank と CK7 及び CD10 の3つのマーカーと DAPI による細胞核染色を組み合わせた4重蛍光免疫染色法を開発し、淡明細胞癌、嫌色素癌、乳頭癌などの腎癌のサブタイプの染色を行いそれらの病理データを解析した。また、退光しない蛍光色素を用いることで、今まで不可能だった複数のマーカーによる多重免疫染色を行った病理検体の長期保存を可能にする技術を開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 癌抑制遺伝子、細胞運動、シグナル伝達、免疫組織化学法

〔テーマ題目16〕 放射線障害の防護方法の開発

〔研究代表者〕 今村 亨 (シグナル分子研究グループ)

〔研究担当者〕 今村 亨、浅田 眞弘、岡田 知子、鈴木 理 (シグナル分子研究グループ)、古川 功治、高橋 淳子 (分子複合医薬研究グループ) (常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

近年、放射線障害の予防・治療薬の必要性が広く認識

されている。我々は、高線量放射線被ばくによる障害の予防・治療に向けた細胞増殖因子の利用を目指してきた。まず、繊維芽細胞増殖因子（fibroblast growth factor (FGF)）群のなかで FGF1、FGF7、FGF10に、X 線照射後のマウス腸管の生存クリプト数減少を抑制し、骨髄におけるアポトーシスマーカー出現を抑える効果を確認した。さらに、腸管の障害防止効果においては、これらの中で FGF1が優れていることを示した。FGF1は全ての FGF 受容体を活性化することからその効果を発揮できる組織範囲が広いと考察された。さらに、FGF1の基本特性の多くを兼ね備えつつ、分子安定性の高いキメラ細胞増殖因子 FGFC について、その実用化に向けて、放射線の影響の防護に関する有効性を多面的動物実験によって評価した。平成25年度は、FGFC の優れた放射線防護活性の実証を、複数の評価系でさらに進めた。特に、放射線を被ばくした個体の免疫系において免疫細胞数が減少した後に回復する際、細胞集団の偏った増殖と自己免疫疾患発症に繋がる可能性が、FGFC 投与によって抑制するという、新規かつ有用な効果を見出した。さらに、FGFC を医薬製品とする際の必須開発項目である、品質の高い組換え FGFC タンパク質の大量生産・精製についても、その開発に着手し、順調な途中経過を得た。これらのことより、放射線がもたらす障害から生体を防護する医薬として FGFC を開発するための基盤整備が着実に進行した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 放射線、障害防護、細胞増殖因子

【テーマ題目17】 電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明

【研究代表者】 佐藤 主税（構造生理研究グループ）

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦（常勤職員2名）

【研究内容】

Diffraction に依存する光学顕微鏡は光の波長が数百 nm のため、分解能はこの値から大きく離れることは難しい。これに対して、電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかしタンパク質は電子線照射にあまり耐性が大きくなく、照射量が限られるため微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電頭像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析アルゴリズムを、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達に重要なイオンチャネルを中心に研究してきた。イオンチャネルは脳において、神経興奮を司る重要な役割を果たし、イオンを情報伝達物質として制御することで様々な高次機能を実現している。しかし、チャネルの構造解明は結晶をつくることの難しさから容易ではない。我々は結晶を必要としない単粒子解析を開発し、これを用いて、Na チャネル、IP3受容体チャネル、TRP チャネル、ORAI 等様々の心臓疾患や免疫疾患に対する創薬に重要なタン

パク質構造を解明してきた。25年度は、さらに単粒子解析法を開発し、細胞骨格のタンパク質である微小管や SecDF 等の構造変化の解明に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャネル

【テーマ題目18】 新しい SEM 電子顕微鏡技術の開発

【研究代表者】 佐藤 主税（構造生理研究グループ）

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦（常勤職員2名）

【研究内容】

光頭は生きたまま細胞を観察できる素晴らしいツールである。しかし、その分解能は紫外線の波長でも200nmと大きい。電子顕微鏡は、光学顕微鏡では到達し得ない高分解能を達成するツールであり、サブ nm レベルの分解能を誇る。しかし、サンプルを真空に置く必要がある。電子顕微鏡は真空に耐えるためには、脱水や蒸着等の長い処理が必要で、柔らかい細胞内構造は壊されることも多い。走査電子顕微鏡 SEM の技術を最新の半導体製造用薄膜技術や細胞培養技術と融合させ、これまでに観察不可能であった細胞内のダイナミックな構造変化を、自然な状態で観察する ASEM を開発した。ASEM は液体中で8nm の分解能で観察できる電子顕微鏡である。ASEM は疎水処理を必要としないために免疫電頭としても抗原の保護性能が高く、様々な抗原が検出できる。そのため、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定する。さらに様々な生物の微細構造、細胞内小器官の観察を可能とする。25年度は、さらに ASEM による免疫電頭法によりニューロンの軸索内区画化などの無染色観察に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官

【テーマ題目19】 ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

【研究代表者】 中村 史

（セルメカニクス研究グループ）

【研究担当者】 中村 史、小林 健（集積マイクロシステム研究センター）、山村 昌平（健康工学研究部門）、（常勤職員3名、他9名）

【研究内容】

本研究では、従来標的に出来なかった細胞内のマーカータンパク質を標的とした新しい細胞分離技術の開発を目的とした。5mm 角のシリコンウエハ上に、直径200nm、長さ20μm のナノニードルが、100×100本、計1万本規則正しく配列したナノニードルアレイを作製した。このナノニードルアレイを、標的タンパク質を結合する抗体で修飾し、基板上に配列した1万個の細胞に同時に挿入する。細胞内部の標的タンパク質を抗体で結合しナノニードル

アレイを引き上げることにより、標的細胞のみを機械的に釣り上げ、分離することを原理とする。

従来の化学修飾法による抗体修飾では、数 nN の抗体結合力であった。MPC ポリマーと、ZZ-BNC を用いた抗体修飾を検討したところ、いずれもネスチン陽性の P19細胞で30nN を超える結合力を達成した。また10nN 以上の結合力を再現性良く得るには、ZZ-BNC の方が優れていることが分かった。一方で、ネスチン陰性の NIH3T3 では、平均2nN の非特異的相互作用が観察され、細胞アレイでは2nN を越える接着力に調製する必要があることが明らかとなった。細胞アレイ調製の各種条件を最適化した結果、ナノニードル直下に1個1個細胞が配列した細胞アレイの作製が可能となり、最大で95%の細胞充填率を達成した。また、ナノニードルアレイの直下に細胞は正確に配列していなければならないが、1mM 以上の BAM インク液を用いることで、中心軸から5 μ m 以上重心がずれた細胞を5%以下にすることが可能であった。さらなる検討の結果、P19、NIH3T3ともに約10nN に調製することが可能であった。P19、NIH3T3混合細胞アレイと抗体修飾ナノニードルを用い、細胞分離の検証を行った結果、24%の P19の回収に成功した。また、NIH3T3の誤回収率は5%に留まった。これらの結果はネスチン陽性の P19に特異的な細胞分離が可能であることを示している。

本技術は、幹細胞から分化誘導した細胞群の回収する技術に発展するものである。マウス iPS 細胞から神経細胞へ分化誘導し、分化マーカーとなるネスチンを発現した細胞の分離に取り組み、分化誘導したマウス iPS 細胞集団を用いても、充填率90%以上の細胞アレイを作製出来ることを確認した。またさらに、未分化 iPS 細胞についても、マーカーとなりうるビメンチンを標的として、原理的に分離が可能であることを確認している。

このように、本技術は iPS 細胞に対して適用可能であり、iPS 細胞の実用化に資する技術に発展することが今後期待される。本研究では、生細胞を抗体修飾ナノニードルで釣り上げて分離可能であることを実証し、多数細胞の同時処理を実現した。他にも、細胞内の浮遊状態のタンパク質を標的として、抽出の後に細胞外で検出し、アレイ上の細胞を特定することも期待でき、生細胞のタンパク質検出技術として汎用性の高い技術に発展すると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

【テーマ題目20】 アクチンフィラメントの力学応答と機能分化

【研究代表者】 上田 太郎

(セルメカニクス研究グループ)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃

(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

アクチンフィラメントは、真核細胞の細胞運動や細胞内物質輸送等のさまざまな現象で非常に重要な機能を果たしている。たとえば、運動中の細胞性粘菌アメーバの前部では、アクチンフィラメントの伸張が仮足を前方に押しだし、後部ではミオシン II と相互作用して後端を収縮させる。このように、細胞内にはアクチンフィラメントを主成分とする多様な構造が共存し、それぞれ特異的な機能を果たしている。このようなアクチンフィラメントの機能分化は、相互作用しているタンパク質の差異に基づくと考えられているが、個々のアクチンフィラメントが、どのようにして適切なアクチン結合タンパク質と結合するのかについてはよく分かっていない。これに対してわれわれは、細胞内アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかという仮説の検証に取り組んでいる。

今年度は以下の成果を得た。

1. さまざまなアクチン結合タンパク質のアクチン結合ドメインを GFP 融合タンパク質として細胞性粘菌で発現し、細胞内の特定のアクチンフィラメントと結合するアクチン結合ドメインを複数種同定した。これらは、細胞内アクチンフィラメントの構造多型性を認識して局在している可能性が高いと考えている。
2. コフィリンがアクチンフィラメントに協同的に結合する際のアクチンフィラメントの構造変化を、高速原子間力顕微鏡により観察した。その結果、コフィリンはクラスター状にアクチンフィラメントと結合するが、これにより引き起こされる、らせんピッチの短縮を伴うアクチンフィラメントの構造変化は、フィラメントのマイナス端方向へ一方向的に伝播することを見出した。またコフィリンクラスターの伸長方向もマイナス端方向へ一方向的であった。これは、アクチンフィラメントの一方向的な協同的構造変化を初めて実証した結果である。なおこの実験は、金沢大学古寺准教授の全面的な協力を得て行った。
3. 動物やアメーバ細胞とは細胞内力学環境が大きく異なると推測される植物由来のアクチンをアイソフォームに分けて精製することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

【テーマ題目21】 ガンにおけるモーターと CARF の分子解析と抗癌剤の開発

【研究代表者】 ワダワ レヌー (細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ レヌー、カウル スニル (常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

ストレス応答タンパク質の一種であるモータリン（ミトコンドリア熱ショックタンパク質70）はガン細胞に過剰発現しており、ヒトの発ガンに関与することが示唆されている。これまでの研究から、モータリンを抑制する siRNA は、ほとんどの HCC 株においてアポトーシスを誘導する。一方、我々による詳細な解析の結果、ガン細胞における p53変異体の活性化により、カスパーゼ3を通じたアポトーシスが引き起こされる。さらに、モータリンと p53の相互作用がガン細胞およびストレス細胞に特異的であることを明らかにした。したがって、これらは治療に向けた腫瘍細胞特異的な標的となる。我々は、モータリンが癌細胞の核に局在し、ガンの亢進性・浸潤性に関与するテロメラーゼおよび hnRNPK を活性化することを見いだした。さらに抗モータリン・モノクローナル抗体を新規に作製したところ、そのうちいくつかの抗体が、これまで以上に細胞に内在化する特徴を示している。モータリンに関しては、これまでの研究成果の集大成として、モータリンの生物学と題した書籍を上梓した。抗モータリン抗体については、生体内における細胞の長期観測のためのナノ粒子としての利用とともに、将来的な抗ガン剤としての評価も行っている。

CARF はガン抑制遺伝子 p53の経路を活性化する因子として以前より報告されている。最近我々は、CARF の過剰発現がヒト細胞において早期の老化を引き起こすことを見出した。CARF は細胞周期依存的に制御され、G1期および G2期に活性化する。また、CARF は、薬剤やガン性ストレス、テロメアの脱保護によって誘導されたガン細胞において発現が上昇する。これは、CARF が細胞レベルにおいて、ストレス応答性マーカーもしくは細胞老化応答性マーカーとして機能しうることを示している。さらに、CARF によって制御されるシグナル伝達の解析を行い、CARF がストレス等による細胞老化において、DNA 損傷への応答の重要な因子であることを報告した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 モータリン、抗癌作用、内在化抗体、ナノ粒子、モータリン siRNA、CARF、CARF siRNA、apoptosis

【テーマ題目22】 生体分子メカニズムの解明とこれを制御する天然物由来活性物質の探索・利用

【研究代表者】 ワダワ レヌー（細胞増殖制御研究グループ）

【研究担当者】 ワダワ レヌー、カウル スニル（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

伝統的なハーブ療法は、基礎研究のみならず臨床面でも統合的かつ実証的な西洋医療と並んで、高く評価されてきている。アシュワガンダ (*Withania somnifera*: Solanaceae) は、インド周辺地域において自生するハー

ブであり1000年以上伝承されてきた伝統的な民間治療薬として広く使われてきた。長年にわたる知見から健康に有効であることが信じられてきたものの、アシュワガンダが作用するメカニズムについては、ほとんど理解されてこなかった。そこで我々は独自にアシュワガンダ葉部のアルコール抽出物 (i-Extract) を精製し培養細胞および動物実験において抗ガン活性があることを見出した。また i-Extract とその成分 (i-Factor/ withanone) が一定の濃度において、正常細胞には影響を与えずにガン細胞を選択的に死滅させることを見出した。我々は、ヒトのガン細胞および正常細胞における、アシュワガンダ葉部の水溶性抽出物 (Ash-WEX) の効果を調べたところ、Ash-WEX には抗ガン活性があることを見いだした。詳細な分子メカニズムを解析したところ、Ash-WEX およびその組成化合物であるトリエチレングリコール (TEG) には、ガン抑制遺伝子 pRB をリン酸化して活性化する効果があることを見いだした。これらのデータから、アルコール抽出物および水溶性抽出物に由来する抗ガン活性は、異なるメカニズムによって効果を発揮することが明らかとなり、個別に精製した化合物よりもハーブの混合物の方が高い機能を有するという伝統的な言い伝えと医学的な経験を分子レベルで裏付ける証拠となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞増殖制御、老化、ガン、植物抽出物、酸化ストレス、神経分化

【テーマ題目23】 タンパク質を構成しないノンコーディング RNA

【研究代表者】 ワダワ レヌー（細胞増殖制御研究グループ）

【研究担当者】 ワダワ レヌー、カウル スニル、加藤 義雄（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

細胞には、細胞分裂によって細胞数を増やす「増殖」と、自己増殖を止めて別の特性を持つ細胞へと舵を切る「分化」という2つの方向性がある。従来、細胞増殖や分化に関わる細胞性の因子を探索するために、タンパク質をコードする遺伝子について様々な解析が行われてきたが、依然として不明な部分も多い。そこで我々はタンパク質をコードしないノンコーディング RNA の中でも特に小さな RNA (miRNA) に着目し、細胞増殖や分化においてどのような miRNA の発現が変化しているかについて解析を行っている。これまでに種々の疾患に関与する miRNA が見出されてきており、治療薬や診断薬のターゲット分子として、産業応用されることが期待されている。我々の研究では、細胞増殖に関与する miRNA を同定した。ヒトのガン細胞においては、特殊な薬剤 (5-Aza-dC) によって細胞老化が誘導されるが、この細胞老化から逃れて増殖するような現象に関与する miRNA について、現在解析を進めている。

また、miRNA は細胞内での遺伝子発現を調節するだけでなく、細胞外に放出されることが明らかとなってきた。細胞外に放出された miRNA は、脂質二重膜に覆われたエクソソームと呼ばれる30-100nm の粒子に存在していると言われている。しかしながら、細胞外に放出された miRNA がどのような役割を持っているのか、依然として不明な点が多い。そこで我々は、転移性のガン細胞で発現が低下している miR-143に着目し、細胞外に放出された miR-143の機能解析を行った。始めに、miR-143を間葉系幹細胞にリポフェクションによって導入した後、培養培地を回収してエクソソーム画分を得た。このエクソソーム画分には miR-143が多く含まれていることを RT-PCR により確認した。次に、miR-143を含むエクソソームを骨肉腫培養細胞(143B 細胞)に添加したところ、骨肉腫培養細胞の転移能が低下することが明らかとなった。我々の研究結果から、miR-143を人工的にエクソソームの形として細胞外に放出させ、そのエクソソームが骨肉腫培養細胞に取り込まれて miR-143が機能し、転移能を抑制する効果があることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 miRNA アレイ、細胞増殖、細胞分化、miRNA-296

【テーマ題目24】 エクソソーム結合 RNA アプタマーの取得とその生化学的特徴

【研究代表者】 宮岸 真 (分子複合医薬研究グループ)

【研究担当者】 宮岸 真、山崎 和彦、池本 光志
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

エクソソームはエンドソームを由来とする粒径30nm~100nm の小胞であり、放出細胞の miRNA、mRNA 等の情報を内包し、血液、唾液、尿等の体液に含有されている。最近、この小胞内の miRNA、mRNA の上を解析することにより、少量の血液や唾液から、癌や様々な疾患の診断への応用開発に、注目が集まっている。しかしながら、この小胞を効率的に分けるプローブやデバイスの開発はまだ、発展途上の段階である。

我々はエクソソームに対して特異的かつ効果的に結合する分子プローブの取得を目的として、RNA アプタマーの取得を試みた。ヒト293T 細胞由来エクソソームを大量に調整し、修飾型 RNA プール2種類(30塩基ランダム化核酸、55塩基ランダム化核酸)を用いてアプタマーのセレクションをセレクトス法により行った。10ラウンドのセレクションの後、各プールの塩基配列を次世代シーケンサーによる包括的な配列解析を行った。その結果、上位約50の配列のうち、およそ半分は長さ数十塩基程度のモチーフ配列がそれぞれ保存されていることが分かった。また、モチーフ配列の両側の配列は構造的に相補鎖を組んでいることが2次構造配列解析から推定された。別の RNA プールにおいても同様の構造をもったモチーフ

配列が濃縮されていることも判明した。これらの情報をもとに、濃縮された配列に共通する特徴を持つ、2種類の短鎖の RNA アプタマー合成し、エクソソームとの相互作用の確認を行った。フィルターアッセイ、表面プラズモン共鳴解析を行った結果、共に、RNA アプタマーとエクソソームの結合が観測された。

さらにモチーフ配列を有するループ配列部分の構造が G-カルテット(4重鎖)構造を取っている可能性が配列の特徴から考えられたので、それを調べるために、CD スペクトル解析を行った。その結果 G-カルテット構造に特徴的なスペクトルパターンを示しており、また、メルティングカーブによる観測から、非常に高い融解温度を持っていることから、G-カルテット構造を示していることが示唆された。また、G-カルテット構造の維持に必須であるカリウムイオン依存的にエクソソームとの結合が変わることから、この構造がエクソソームとの結合の維持に重要であることが判明した。

今後、得られた RNA アプタマーを用いた、エクソソームの精製法への応用、さらに、診断デバイスの開発を行い、がん等の疾患に対する、診断ツールとして開発を行っていきたいと考えている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸アプタマー、エクソソーム、診断技術、診断プローブ、SELEX 法

【テーマ題目25】 GPCR を標的とした核酸アプタマー創製のための基盤技術開発

【研究代表者】 池本 光志

(分子複合医薬研究グループ)

【研究担当者】 池本 光志、宮岸 真、山崎 和彦
(常勤職員3名)

【研究内容】

G タンパク質共役型受容体(G Protein Coupled Receptors: GPCR)は生命維持に不可欠な大半の生理機能に深く関与しているため、GPCR を標的とする薬剤は多種多様な病気の治療に必要とされるだけでなく、新規治療薬を開発する上での創薬標的因子としても注目を集めている。なかでも、新規「鎮痛薬」に関する創薬研究は、難治性疼痛治療の上でニーズだけでなく、疼痛に苦しむ患者さんの Quality of Life 向上の観点からも重要である。

本研究は、GPCR を特異的に認識して薬理作用を発揮する核酸医薬を創製するための基盤技術開発を目的とする。本年度は、基盤技術開発の第一段階として、GPCR を標的とする核酸アプタマーの新規取得方法の開発に於いて必要となる核酸アプタマーの開発を実施した。「痛み」が重要な創薬研究課題であることに鑑み、代表的な「痛み」制御 GPCR であるオピオイド受容体、特に、モルヒネなどの主要鎮痛剤の標的 GPCR である μ -オピオイド受容体(MOR)に着目し、核酸アプタマーの汎用的取得

方法として多用されている Cell SELEX 法を用い、MOR に対して高親和性で特異的に結合する DNA アプタマーの探索を試みた。

最初に、MOR の N 末端に HA タグを挿入した HA-MOR キメラ蛋白質をテトラサイクリン依存的に発現誘導する Flp-In T-REx 293 HA-MOR 安定細胞株を構築した。次に、40塩基長のランダム配列を含む一本鎖合成 DNA ライブラリーを用い、HA-MOR 未発現細胞ならびに HA-MOR 発現誘導細胞による Counter Cell SELEX 法を合計24サイクル実施した。本探索では、DNA アプタマーの結合条件はサイクル数を重ねる毎に漸次厳しくなるように設定し、選別された DNA アプタマー群の分子群特性を約5サイクル毎に融解曲線プロファイルを解析する事で評価した。本探索により得られた107個の陽性クローン全ての DNA 配列を解析した結果、最終的に16個の候補 DNA アプタマーを得た。次に、16個の候補 DNA アプタマーを用いて Flp-In T-REx 293 HA-MOR 安定細胞株に対する結合実験を行った結果、候補 DNA アプタマーのひとつが、MOR に対して特異的に結合することが判明した。更に、この DNA アプタマーの分子特性を MOR への受容体結合実験により詳細に解析した結果、本取得 DNA アプタマーは、MOR に対して nM オーダーの親和性で特異的に結合することが明らかとなった。また、本取得 DNA アプタマーの薬理効果を検討した結果、cAMP 量を抑制したことから、MOR に対してアゴニストとして作用することが明らかとなった。従って、本取得 DNA アプタマーは、MOR に対する核酸創薬基盤技術開発において有用なツールとなり得ると考えられた。また、本取得 DNA アプタマーを用いて、GPCR を標的とする核酸アプタマーの新規取得方法の開発研究も並行して実施し、プロトタイプを作成を終えた。現在、本取得 DNA アプタマーの詳細な分子特性の解析と、GPCR を高親和性で特異的に認識する核酸アプタマーの新規取得方法のプロトタイプの改良を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸アプタマー、鎮痛、痛み、 μ -オピオイド受容体 (MOR)、Cell SELEX 法

【テーマ題目26】 ゲノム情報を応用した創薬支援研究

【研究代表者】 新家 一男 (次世代ゲノム機能研究グループ)

【研究担当者】 廣瀬 哲朗、三尾 和弘、嶋 直樹、佐々木 保典、新家 一男 (常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

ノンコーディング RNA 群は、今世紀初めのポストゲノム解析によって発見され、現在新しい生体制御因子として期待されている。本研究グループでは、そのうち細胞内構造構築に関わる RNA の機能解析を実施し、疾患

関連タンパク質と共に構造体を形成する分子機構と細胞抑制などの生体機能解明、さらに神経変性疾患の新たな病因解明などを目指した基礎研究を展開している。今年度は、NEAT1によるパラスペックル構造構築に関わる新しい因子であるクロマチン再構築因子複合体の作用機序の解析を行った。その結果、クロマチン再構築複合体が、複数の必須パラスペックルタンパク質と NEAT1 ncRNA と直接相互作用し、これらの分子間相互作用ネットワーク形成に重要な役割を果たしていることを明らかにした。こうしてパラスペックル構造構築は、NEAT1 生合成と密接に共役して進行することが明らかになった。次に抗癌剤プロテアソームの阻害による NEAT1 の発現誘導を通じたパラスペックル肥大化現象の分子機構を解明した。この他に、tRNA の機能獲得に必須な RNA 修飾の中で、硫黄化修飾経路について原核生物をモデルとして研究を行った。tRNA 硫黄化酵素について、放射性同位元素や高速液体クロマトグラフィー装置を用いた試験管内反応解析法を駆使して定量的に生化学的解析を行った。反応に必要な補酵素の同定、補酵素の機能の推定、基質 tRNA の活性化中間体の解析を行い、新規硫黄化反応機構を提案した。

タンパク質立体構造に指南された創薬戦略の実現を目指し、創薬の標的として今後より重要と考えられる膜タンパク質や複合体について、構造解析技術の改良と創薬支援に向けた基盤技術の開発を行う。構造解析技術としては、極低温電子顕微鏡を主軸に X 線結晶構造解析や NMR 計算機シミュレーション等の情報も取り入れながら行う。

膜蛋白質の解析では、タンパク質の細胞膜透過機構を明らかにするために、ペプチドチャネル (トランスロコン) の SecDF タンパク質に対して単粒子構造解析を行い、得られた2つの構造から首振り運動によるペプチド輸送仮説を支持する結果を示した。単粒子解析に関する技術改良に関しては二次元平均化サイクルの中に長軸を合わせるステップを導入することで画像の収束を促進させることができた。核内構造の理解に関する研究では、ゲノム制御や筋肉や神経のジストロフィー発症、10倍速度で老化が進行する早老症発症に繋がる核内ラミンに関する研究を行い、多数の変異体を作成して物理化学的性質や構造学的研究を行った結果、ジストロフィーを発症するたった1アミノ酸の変異でも性質が大きく変化し、重合異常を起こすことを示した。超遠心分析法等を用いた解析からリンカー領域のアミノ酸組成が重合化に特に重要であることが判明した。

天然化合物は、生合成遺伝子と呼ばれる遺伝子によって生産されるが、近年のゲノム解析技術の進歩により、微生物ゲノム中には、人類が利用出来ていない未利用生合成遺伝子が多数存在することが明らかになってきており、それらを利用することにより、これまで人類が手にする事の出来なかった化合物を生産することが期待さ

れている。また、人類が分離可能な微生物は、地球上に存在する微生物の1%にも満たないと言われており、現在の技術ではこのような難培養微生物の隠れた可能性を引き出すことは出来ないのが現状である。我々は、このような人類未利用の遺伝子を用いて、新奇化合物の生産を目的に研究を進めている。難培養微生物の対象として、土壌中あるいは海綿やホヤと言った海洋生物中に存在する共生微生物を対象に、微生物を分離培養することなく、集積した微生物より BAC ベクターを用いて、巨大なサイズのゲノムライブラリーを調製する技術を確立した。これにより、これまで数十 kbp と小さなゲノム単位しか扱えなかった従来のメタゲノム的手法のボトルネックを克服することが出来た。このような新技術を用いて、微生物中に存在する未利用（未知）生成遺伝子をクロニングし、異種発現生産による新奇天然化合物の創出を進めている。

また、我々は国内有数の製薬および発酵企業より、天然物ライブラリーの提供を受け、25万サンプル以上の世界最大級の天然物ライブラリーを保有しているが、本ライブラリーを用いて各種創薬スクリーニングを行った。本年度は、抗腫瘍剤リード化合物の探索を中心に、10種類のスクリーニングを実施した。幾つかの化合物については、動物レベルでの活性評価を進めており今後の開発が期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸、RNA、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾、電子顕微鏡、構造生物学、ケミカルバイオロジー、天然物化学、二次代謝産物合成、創薬スクリーニング

⑨【ヒューマンライフテクノロジー研究部門】

(Human Technology Research Institute)

(存続期間：2001.4～終了日)

研究部門長：赤松 幹之

副研究部門長：横井 孝志、鎮西 清行

総括研究主幹：梅山 伸二

所在地：つくば中央第6、第2、東事業所

人員：82名（82名）

経費：813,593千円（運営交付金488,838千円）

概要：

ヒューマンライフテクノロジー研究部門では、生活者や生体システムとしての人間を科学的に探求することにより、少子高齢化し高度に情報化された社会の中で暮らす人々のニーズを見極めつつ、人間にとって安全で安心かつ有益な技術の人々の生活に導入することを目標として研究開発を行う。この目的のために、安全・安心な生活環境を創出する機器、使いやすい製品

を設計することを支援する技術、健康増進のための機器、患者にとって安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術などの研究開発を進め、さらに人間生活及び医療福祉機器関連産業の育成・活性化に貢献する。

特に人間の心身活動を深く理解するための研究を行うとともに、科学技術の利用者である人間側に視点をおきながら、人間の能力発揮や機能回復を支援する技術を開発することをミッションとする。

課題1 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術 (人間生活工学分野)：

ディマンドとパフォーマンスの適合による認知行動タスクの最適化を目指し、以下の要素技術の開発に取り組む。即ち人間の認知処理容量を脳全体の酸素代謝から推定するための光と超音波を組み合わせた計測方法の開発を継続し、人間工学実験によって有効性を確認する。近赤外脳機能計測装置に対しては、頭部血流動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき、アーティファクト除去が可能な手法の開発を進める。また、人間の適応的タスク遂行能力のモデル化によりタスクディマンドを行動から推定する手法の構築を行う。

課題2 心身の適応力の向上のための評価・支援技術 (健康福祉工学分野)：

健康維持増進技術の一環として、心身の適応能力向上のための評価・支援技術を構築する。そのために、心身の相互応答特性を解明するとともに、心身の適応状態を計測・評価する技術を開発する。

具体的には、運動習慣、睡眠、温熱環境などの身体的要因と、精神ストレス、心理状態、認知機能などの精神・心理要因との関係を明らかにし、身心適応能力を向上させる技術開発につなげる。また、血流応答や血管硬化度、音声情報などを用いて、身心の適応性を計測・評価するための生理的・心理的手法を開発する。

課題3 生活自立支援のための身体機能回復技術(福祉工学分野)：

次世代リハビリテーション技術の指針を提供することを目標に、生活自立支援のための身体機能回復技術構築の一環として、脳機能に着目したニューロリハビリテーション技術と食の QOL 向上のための基盤研究を行う。具体的には、動物実験を通じて脳の適応能力機構を解明し、その回復のプロセスと要因を明らかにするとともに、残存機能を活かすニューロリハビリテーション技術を開発する。また、身体の生理機能や認知機能の理解に関わる研究を通じて、長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けた、食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術の基礎を構築する。

課題4 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術（医工学分野）：

医工学分野におけるトランスレーショナル・リサーチや本格研究の実践によって、第三世代生体材料の研究開発やその基礎研究を核としながら、次世代人工心臓の開発を行うとともに、低侵襲機器と組合せた治療法の研究開発を進める。適用疾患として骨疾患、心疾患、がんを想定し、それぞれ、高齢社会のQOL向上、二大死因の克服といった社会ニーズに対応する。

課題5 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究（標準化分野）：

人間特性に基づいた適正な製品の設計・開発や安全で迅速な医療機器の設計・開発を支援することをねらいに、人間工学的視点及び医療機器に対する技術的視点から、アクセシブルデザイン技術の標準化研究、映像の生体安全性に関する国際標準化、再生医療製品を含む医療機器開発に対するガイドライン策定と標準化を推進する。

内部資金：

交付金 戦略予算 レギュラトリーサイエンス拠点化にむけた調査研究

交付金 戦略予算 パロ癒し効果の科学的解明

交付金 戦略予算 産総研ニューロマーケティング支援フレームワークの構築

交付金 標準基盤研究 情報技術における音声命令の標準化

交付金 標準基盤研究 アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化

交付金 標準基盤研究 インプラント用材料の電気化学的な評価方法の標準化

交付金 標準基盤研究 映画等映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕設計手法の標準化

交付金 標準基盤研究 1型色覚および2型色覚の等歩度色覚尺度（色差）、色差式および均等色空間

外部資金：

経済産業省 平成25年度工業標準化推進事業委託費 平成25年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザイン及びその適合性評価に関する国際標準化））

経済産業省 平成25年度医療機器開発ガイドライン策定

事業 平成25年度医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業（医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業）

経済産業省 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力） 3D映像

（独）科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業「日本－米国研究交流」社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究－日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究

（独）科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）・起業挑戦 体感型次世代情報通信を実現するための非ベース型3D 触力覚技術に関する研究開発

（独）科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）・探索タイプ 動圧軸受を用いた心疾患用補助循環ポンプの開発

（独）科学技術振興機構 産学共創基礎基盤研究プログラム バイオメディカル光イメージングにおける数値モデルと画像再構成

（公財）静岡県産業振興財団 平成24年度課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業（ふじのくに先端医療総合特区） 高生体適合性（カスタムメイド）インプラントの上市を目指した研究開発

文部科学省 平成24年度橋渡し研究加速ネットワークプログラム 「神経・血管温存下に最大限の病変摘出を行う手術用治療器（パルスウォータージェットメス）の開発」における数値解析（生体組織への作用機序解明）

（財）木原記念横浜生命科学振興財団 平成25年度課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業（京浜臨海部ライフイノベーション国際戦略総合特区） 超音波画像装置の開発

（一社）至誠会 平成24年度岡本系枝学術研究助成 粘膜炎剥離手技研修用実態シミュレータの研究開発

（公財）立石科学技術振興財団 平成24年度研究助成（B）アバターロボットを制御する脳波コミュニケーション技術の開発

（公財）LIXIL 住生活財団 平成24年度調査研究助成

安全で快適な半屋外・居住環境形成のための高齢者の温熱生理・心理・行動特性に関する研究

(財) ライフサイエンス振興財団 平成23年度研究助成
視床一皮質ネットワークが司る注意統合機構とその病態解明

(公財) 立石科学技術振興財団 平成25年度研究助成
視覚野の神経情報を用いたロボットハンド制御技術の開発

(一財) キヤノン財団 平成25年度研究助成 脳神経情報に基づく視覚体験の可視化技術の開発

(財) 上月スポーツ・教育財団 2012年度研究助成 下肢血流制限を伴う動的運動が中心循環動態に与える影響

(公財) 武田科学振興財団 2013年度研究助成 触知覚における情報統合機構の解明

(公財) 交通エコロジー・モビリティ財団 平成25年度 ECOMO 交通バリアフリー研究助成 高齢者およびロービジョン者の情報受容歩行の解明

(一社) 日本人工臓器学会 2013年度研究助成 体外循環における非採血式血液凝固・生化学検査を実現する血液内近赤外光散乱モデルの開発

(公財) 医療科学研究所 2013年度研究助成 総合診療の実態解明に向けた受診理由の解析手法の開発

(公財) 内藤記念科学振興財団 2013年度研究助成 神経伝達物質のリアルタイム計測技術の開発と実践ー神経科学とナノテクノロジーの融合ー

(公財) 鈴木謙三記念医科学応用研究財団 2013年度研究助成 可搬型受動的嚥下速度無侵襲計測システムの開発

(公財) 鈴木謙三記念医科学応用研究財団 2013年度研究助成 注意・意識を担う神経ネットワークとその病態解明

(公財) 上原記念生命科学財団 平成25年度研究奨励金
脳内化学プロセスのリアルタイム計測技術の開発

(財) 大川情報通信基金 2013年度研究助成
Compressed sensing は超短時間 MR Elastography を可能にするか

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 動的脳

活動の非侵襲計測データ統合解析に基づく高次視覚認知のデコーディング技術

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) 意思決定における「迷い」の検知・制御メカニズム

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(A) ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 高齢者の健康で安全な生活のための居住環境と住まい方に関する基礎的・実践的研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 運用現場における音案内の誘導性能をリアルタイムに評価するツールの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 自閉特性が顔認知に与える影響ー分類画像法および反応一貫性分析による検討ー

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 社会的公正性に配慮したデータマイニング技術

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 不均一な男性構造の知覚特性の研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 特徴空間の幾何構造を利用した学習アルゴリズムの構築

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 運動に伴う血圧変化メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 脳損傷後の運動機能回復の基盤となる分子・解剖レベル変化

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 多点電気刺激による顔情報制御の研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 異なる感覚モダリティ・属性に共通した「時間」と「内容」の情報統合メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 業務引き継ぎカイゼンシステムを用いた OJT 教育プログラムのフレームワーク

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 自己と他者の認識が感覚情報処理に与える影響－社会性と知覚の接点－

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 色覚障害者に配慮した均等色空間および色差式の確立に向けた基礎研究

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 睡眠中の潜在記憶学習の可能性

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 加齢変化を考慮した騒音評価方法の開発に向けた聴覚モデルの構築

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 神経活動依存的に変動する脳内乳酸濃度の全脳計測

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 多感覚情報の脳内統合機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 動脈硬化の加齢変化の個人差を生むメカニズムの解明－10年間の追跡に基づく検討－

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) レム睡眠が感情記憶に及ぼす効果検証

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 物理・免疫融合療法に用いる in situ 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 体外補助循環における出血・血液凝固の非侵襲連続光診断法の確立

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環

ポンプに関する研究開発

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 前頭前野における神経調節物質の影響に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件の推定法構築

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 サル内包梗塞モデルを用いた脳機能回復メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究領域提案型) カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 医薬品の適応拡大に向けた研究：複数の疾患に使用することのできる医薬品の特徴解析

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 3次元有効視野計測法の開発と、それに基づく人間の視空間情報収集特性の加齢変化

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 インフラ絶縁下において利用可能な体温管理システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 運動機能可塑性における赤核機能・構造連関の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 運動習慣が脳循環動態・脳循環調節機能に及ぼす影響：脳疾患予防の基礎的研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) オープンブランにおけるスピーチプライバシ保護のためのハイブリット設計技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 音響放射力を伴う超音波の生体組織への影響

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 機械学習における自己情報コントロール機構の構築

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 虚弱高齢者の定量的身体機能計測に基づいた縦断的転倒リスク

評価指標の構築

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 小型遠心ポンプを用いた可搬式除水システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 孤立した大地震被災地の初動救命活動を支援する可搬動力システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 質感認知に関わる視聴触覚情報の心理物理的分析

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 情報論的自己組織化マップとその応用

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 随意運動に先行する脳活動の同定—セントラルコマンド発生機構の探索

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 スペースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支援と広報

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(A) 生体内超音波ビーム計測及び制御法を用いた低侵襲超音波診断治療統合システム

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 潜在的な認知機能低下を可視化する認知ストレス画像法 DSCSI の開発

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 テキストの安全な匿名化に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) パルスジェットメスによる末梢神経機能温存下拡大経蝶形骨洞腫瘍摘出法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 非侵襲超音波痛み評価・治療統合システム

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 高齢者の熱中症予防に向けた住環境整備と住まい方に関する研

究

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 実世界環境下での輻輳眼球運動計測による視空間情報処理の研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳内ネットワーク機能の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 内頸動脈閉塞におけるリアルタイム脳血流量評価法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 認知的負荷が多属性意思決定に及ぼす影響の解明:生体信号・生理指標に基づく分析

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 半正値四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 病態生理に基づく革新的な意思伝達手段の開発と長期経過追跡による適応評価研究

発表: 誌上発表315件、口頭発表484件、その他85件

アクセシブルデザイン研究グループ
(Accessible Design Group)

研究グループ長: 倉片 憲治

(つくば中央第6)

概要:

高齢社会における安全で快適な生活に関する研究を遂行し、人間生活関連産業の育成・活性化に貢献することを目標とする。この目的のために、人間の感覚知覚の分野において、高齢者・障害者の特性を人間工学的に計測し、そのデータベースを作成・公開するとともに、それに基づいて ISO/IEC ガイド71に推奨された高齢者・障害者配慮の設計技術(アクセシブルデザイン技術)を開発する。さらに、その技術を国内外の規格として制定することにより、アクセシブルデザイン製品の普及を目指す。

研究領域は、聴覚・視覚・触覚等の基本的な感覚知覚特性及びこれらの感覚情報から認識レベルに至る過程の特性(言語理解、文字認識など)を対象とする。具体的には、高齢者、色覚障害者、及びロービジョン(弱視)のための視覚情報提示技術、音響及び音声による情報提示・移動支援技術、加齢効果を考慮した騒音評価法、視覚障害者のための触覚情報提示技術などを研究課題とする。

研究テーマ：テーマ題目5

マルチモダリティ研究グループ

(Multimodal Integration Research Group)

研究グループ長：氏家 弘裕

(つくば中央第6)

概要：

人間の視覚、聴覚、味嗅覚、平衡覚および運動感覚等についての情報の統合機構解明を前提として、人間の感覚知覚統合機能に適合した VR 環境等のマルチモーダル情報提示に関する技術開発を目指し、以下の研究を実施する。

(1) 製品・環境等のパフォーマンス適合性評価：

人間環境を取り巻くマルチモーダル情報提示の機能性について、パフォーマンス適合性の観点による計測・評価手法の開発を目指す。具体的には、視覚、聴覚、体性感覚フィードバックによる行為特性の解明と製品・環境の適合性評価への展開、及び口腔内での味覚、嗅覚、触覚間の統合機能の解明と味・嗅覚機能検査法の確立とを目指す。前者に対してはその基盤として、感覚モダリティ間の時空間統合特性の解明や、視覚と前庭の情報統合と姿勢との関係の解明、さらに情報提示技術として三次元音響記録再生技術の開発を同時に進める。

(2) 生体影響リスク低減に資する知的基盤確立：

情報提示による生体影響に関するデータ収集とその蓄積を行い、これに基づく健康面への影響評価技術を開発し、ISOでの国際規格化を目指す。具体的には、マルチモーダル環境でとりわけ問題となる立体視による視覚疲労やサイバー酔いについて、情報内要因、情報提示要因、さらに個人特性による影響を明らかにすることで、評価技術開発を目指すとともに、それぞれの要因に対して有効な対策指針の規格原案審議に結びつける。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

認知行動システム研究グループ

(Cognition and Action Research Group)

研究グループ長：岩木 直

(つくば中央第6)

概要：

人間の認知メカニズムは、外界の環境中にある多様な課題要求に応じて機能する。課題要求と人間の認知機能の適合性を検討するためには、認知機能の解明が必要不可欠である。特に、認知メカニズムがどのような機能単位（モジュール）から成り立っており、それらが互いにどのように機能するかを明らかにする必要がある。そこで、人間の認知活動に必要な注意、記憶、構え、遂行などの情報処理モジュールを特定する手法を開発し、モデル化に向けた枠組みを構築する。

この目標に向けて、認知処理容量を反映する課題を構築し、副次的な課題で認知処理容量の負荷を操作し、その操作に対応するパフォーマンスの変化を確認する。これら心理実験を実施中の被験者の脳活動を脳波、機能的MRI、NIRSを用いて多面的に計測し、脳の表面から計測される酸素消費量の課題遂行や課題負荷にともなう変化を確認する。ユーザの種類や情報環境の特殊性を考慮した計測を可能とするための技術開発を行うとともに、実際の場面やそれらを模した環境下での計測・実験を行うことによって、産業技術の発展に資するデータを収集する。さらに、当該分野の新しい展開を視野に入れ、認知行動における人間と環境との適合性を解明する新たな研究パラダイムを創出するための萌芽的研究に取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：高島 一郎

(つくば中央第2)

概要：

システム脳科学研究グループでは、脳が持っている高い能力を引き出し、支援するために必要な基盤的研究を行う。

認知・行動制御メカニズムの解明に必要な適応モデル動物を確立しつつ、活動中の脳におけるニューロン活動の計測と解析を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。同時に、注意や動機、疾病診断等の生理的指標として有用な、視線・瞳孔径を高速かつ非侵襲的に計測する装置などの評価支援システムの開発を進める。

また、脳損傷モデル動物を用いて、ニューロリハビリテーションの神経基盤の解明を目指す。大脳皮質運動野が損傷された後のリハビリ訓練により手の巧緻動作の回復が促進されることが明らかになっているので、その背景にある遺伝子・分子・神経回路レベルの変化を統合的に解明する。さらに、脳損傷後に生じる疼痛性感覚異常の克服を目指した霊長類モデルの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

ユビキタスインタラクショングループ

(Human Ubiquitous-Environment Interaction Group)

研究グループ長：宇津木 明男

(つくば中央第6)

概要：

人間生活においては生活環境における情報化及び情報と通信の融合が進み、情報技術がオフィスばかりでなく生活の場へも浸透し、ユビキタス社会が実現しつ

つある。すでに、携帯電話やPDA、またITS（高度道路交通システム）などの情報支援機器や行動支援機器、ネットワーク対応した家電機器の開発などが行われているが、その支援の恩恵を誰もが享受できるユビキタス社会を実現することが、社会的な要請となっている。

この要請に応えるために、ユビキタス機器利用時の人間の認知行動特性の理解を得ること、また、それに適合した情報支援・行動支援環境を創出することを目的として、生活行動の把握技術の開発、ユビキタスインタフェースの評価技術の開発を行う。さらに、これらの認知行動特性の理解に基づいて、ユビキタス社会における人間の活動を支援することのできるユビキタスインタフェースの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長：赤穂 昭太郎

(つくば中央第2)

概 要：

人間の認知行動を評価・予測するモデルを構築するために、ビデオ画像や生体信号などの大量データから有用な情報を抽出する機械学習・データマイニングアルゴリズムの構築を行う。

まず、その基礎技術となる確率・統計モデルについて情報幾何学などを用いた理論的な観点からの学問的体系化を行う。近年、インターネットや計測技術の発達に伴い、計測されるデータの多様性が増し、データ解析の結果を還元する際にもさまざまなサービスが開発されている。当グループでも、理論的なバックグラウンドに基づいて多様なデータの解析手法の開発や、新規のサービスの提案などを行っていく。

具体的には、インターネットにおける検索や推薦といった問題や、コンピュータビジョンによる高速な画像処理・パターン認識技術の構築などに取り組む。また、人間の認知機能やその発達などの数理モデルを構築し、認知行動の評価や予測を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

環境適応研究グループ

(Environmental Control Research Group)

研究グループ長：都築 和代

(つくば中央第6)

概 要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活を実現することを目的に、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境を創り出す研究を行う。

そのため、実際の生活現場において、低侵襲・低拘束な計測方法を駆使し、人の生理・心理・行動データの収集、ならびに、環境側データの収集を行う。その

結果を解析し、実態を把握するとともに、因果関係の解明に努める。また、実態把握にとどまらず、現場実験等も有効な研究手法であるため、必要に応じて生活現場における介入実験を行う。実験室では、眠気、体温調節等のメカニズム解明のための実験計画や非定常不均一な温熱環境における快適性の評価のための基礎研究を行い、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境の構築技術の開発を行う。特に、高齢者についてのデータを収集し、青年と比較することにより加齢の影響の導出に取り組む。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

身体適応支援工学グループ

(Physical Fitness Technology Group)

研究グループ長：井野 秀一

(つくば中央第6、つくば東)

概 要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活(Quality of Life: QOL)の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人間の生理機能・感覚運動機能・スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

- ① 心循環機能・動作機能に関する研究：心身適応力の向上による健康維持増進技術を研究開発する。生体を計測する新しい技術を検討するとともに、自律神経・血圧反射・心循環応答等の循環調節機能や姿勢制御等の動作機能に着目して、環境変化やストレスへの心身の適応性向上のための技術構築を目指す。
- ② 心身親和性の高い生活自立支援技術に関する研究：心身特性との親和性を考慮した生活自立支援技術を研究開発する。運動機能・感覚機能・認知機能等に注目し、高齢者や障害者等の活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェース技術やロボットセラピー技術の構築を目指す。
- ③ 手術手技スキル向上支援技術に関する研究：ドライラボ（人工物によるシミュレータ）と手術室での実際の手術の操作情報を融合した、より臨場感の高い遠隔手術手技研修システムおよび自習システムの構築を通じて、安全で効率の良い手術スキル向上支援技術の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目

4

ニューロテクノロジー研究グループ

(Neurotechnology Research Group)

研究グループ長：長谷川 良平

(つくば中央第2)

概 要：

ニューロサイエンスの研究で得た知見に基づき、

人々の「生活の質 (QOL)」向上や、脳情報を活用した新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。特に、人や動物を対象とした脳・神経系の機能や構造を調べる実験研究や、その成果を活用して、低下した身体機能を補償する装置の開発・実用化を目指し、以下のような研究を行う。

(1) ブレイン-マシン インターフェース (BMI) 技術の開発 :

脳/身体機能に障がいを持つ方々の社会参加を補助・促進することを目的とし、脳と機械を繋ぐ技術の開発を行う。具体的には、動物や人の脳から発せられる信号の抽出および取りだした信号の解読手法、さらには解読した信号で外部機器を動かす装置の開発を実施する。開発した装置の試作機を使って実証実験を行い、実用化へと積極的に取り組む。

(2) 色覚バリアフリー実現に関する技術の開発 :

色覚に異常がある人でも、見やすい視環境を提供できることを目的に、色変換データベースを作成している。色盲の方には、どのように色が見えるか、どのような場合に色の区別が難しいか、検索して調べる事ができ、また識別性の良さを判定する機能をもたせたデータベースを公開し、運用している。

研究テーマ : テーマ題目 3

脳機能計測研究グループ

(Brain Function Measurement Research Group)

研究グループ長 : 梅山 伸二

(つくば中央第2)

概要 :

生体の脳が、外界からの刺激を受け、どの場所でのように反応しているかを見ることは、脳機能の解明や病気の診断、また脳機能回復訓練の効果などを判定する上で非常に重要であり、このため fMRI、fNIRS、EEG などの様々な計測手法が開発されてきた。特に近赤外脳機能計測技術 (fNIRS) については、その低侵襲性の高さや測定の手軽さ、装置自体が安価であることなどから、近年多くの注目が集まっているが、その反面、測定プローブコンタクトの不安定性や皮膚血流量由来によるアーティファクトの問題など、高い精度の計測が難しいことが問題となっている。本グループでは、fNIRS について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

研究テーマ : テーマ題目 1

医用計測技術グループ

(Biomedical Sensing and Imaging Group)

研究グループ長 : 兵藤 行志

(つくば東)

概要 :

ユニットのミッションである「人間個人が、複雑な社会の中で人々との関係を保ちつつ、自立して知的で快適な生活を安心して送ることを可能とするため、人間の心身活動を深く理解するための研究を行うと共に、技術のユーザである人間側に視点をおき、人間の能力発揮及び機能回復を支援する技術を開発する」において、当グループは、従来は視ることができなかった、測れなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発を基軸として、部門内連携研究を推進し、ユニットミッションの遂行に資することを目標とする。

具体的には、電磁波 (ラジオ波 (MRI)、赤外光、近赤外光、可視光、X 線) 及び超音波技術を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生理、分子・生化学、生体力学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 安全で負担の少ない医療機器技術・医療高度化の実現に資する「生体組織の物理・生理特性新規計測技術」、(2) 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援のための「全脳代謝計測の基盤技術」を確立すると共に、(3) 人間生活に関わる製品・環境の評価・設計支援のための規格化における「医療機器に対する評価技術」を開発し、その標準化を推進する。

研究テーマ : テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 4、テーマ題目 5

治療支援技術グループ

(Surgical Assist Technology Group)

研究グループ長 : 小関 義彦

(つくば東)

概要 :

病変部位を安全確実にピンポイント同定・到達・治療する微細低侵襲技術の確立を目的とする。また、高度医療技術が迅速かつ安全に実用化されることを目指して、医療機器の橋渡し研究の推進と評価技術の確立を目的とする。

病変部位の同定方法として、普及型診断機で生体組織の弾性を無侵襲に計測する生体力学計測について、新たな振動-計測同期方法を開発し、容易な導入に取り組む。病変部位に到達方法として、針穿刺時に針にかかる抵抗力を適切に使用者に提示する穿刺力提示について、空気圧駆動・制御方式にすることで、安価・安全なプロトタイプを開発に取り組む。また、病変部位の治療を可視化する手段として、薬剤と超音波可視な造影剤を合成させた機能性造影剤について、最適合成条件の探索に取り組む。橋渡し研究と評価技術として、ロボット技術を用いた運動機能回復機器の性能を評価するガイドラインの策定事業に事務局として参加する。

研究テーマ : テーマ題目 4、テーマ題目 5

高機能生体材料グループ

(Advanced Biomaterials Group)

研究グループ長：伊藤 敦夫

(つくば中央第6、つくば東)

概要：

組織再生を促進するシグナル物質を担持した骨折固定具の橋渡し研究を行う。この担持技術を応用して高機能アジュバントを開発し、*in vitro*・*in vivo* 安全性、有効性試験を行う。

硬組織再生医療用途の高機能生体材料の開発に向けた細胞培養系での生体材料の有効性予測技術開発を行う。また、再生医療用途の細胞培養加工システムの最適化検証と標準化研究を実施する。

生体物質の分子間相互作用解析を通じて、医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズムを解明する。また、硬組織形成過程で生ずる未知の準安定相に関する探索を行う。

大腿骨の骨格構造に最適なカスタムメイド人工関節設計開発を行い、急増する高齢者骨折に対応した人工関節とするための最適形状設計を実施する。また、人工関節摺動部の構造に関して検討するとともに、人工関節摺動部の耐久性試験方法を検討する。さらに、高生体適合性 Ti 合金素材の低コスト化に向けて、Ta の量を低減した高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-1Ta 合金の製造技術を検討するとともに、薬事製造承認申請に必要な力学特性、化学的安全性のデータを取得する。

再生組織や生体組織の高分解能 X 線 CT を用いて構造解析を行い、同時に静的・動的力学試験を実施する。再生軟骨の成熟度評価において、特に重要な荷重支持特性のスクリーニング技術を確認するため、MRI、X 線、赤外、力学試験等により生化学、力学、構造特性を評価し、これらのデータの精度を精査し評価装置の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5

人工臓器グループ

(Artificial Organ Group)

研究グループ長：丸山 修

(つくば東、つくば中央第6)

概要：

組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能デバイス技術の開発を推進するため、補助循環血液ポンプにおいては、ポンプ材料であるチタンおよびポリカーボネートの試験片を作成し、材料表面に凹凸加工することで故意に血栓形成を誘導し、抗血栓性付与に対するシグナル分子担持の有意性を確認し、血管内皮細胞導入の至適条件の確立に発展させる。

非接触式補助循環血液ポンプの開発では、*in vitro*

血液評価試験を実施することで、血液ポンプの溶血特性および抗血栓性に関する問題点の抽出と、ポンプ形状の改良を行うとともに、人工心臓埋め込み患者の流量計測の実現のため、小型血流量計と小型計測システムを開発し、模擬循環回路により計測性能を評価する。

人工心臓の開発においては、成人用補助人工心臓の耐久性評価の2年間の実施を完了した。実験条件・駆動結果が一定であることから、開発ガイドラインに基づく長期信頼性を確認することができ、今後の臨床使用への発展を目指す。NEDO プロジェクト採択課題の研究委託機関として、小柄患者用補助人工心臓の耐久性評価システムの設計製作を進め、長期耐久性試験の開始に向けて準備を進めている。さらに、共同研究により企業が市販した体外循環ポンプについて、さらなる長期信頼性に向けた羽根回転の安定性および血液適合性に基づく流体力学的検討を進めている。人工心臓等の人工臓器の抗血栓性の定量評価や、臨床における抗凝固管理の最適化に貢献するために、可視及び近赤外光を使用した血液の光計測法およびイメージング法の開発を行い、血液凝固に伴う血液光学特性変化の解明、血液凝固能の非侵襲診断法の確立に取り組んでいる。

脳血管疾患における身体機能回復技術の開発では、失われた脳機能を回復させるための効率的なリハビリテーション手法を開発することを目的として、その脳内メカニズムを解明するのに適した動物実験モデルを用い、選択反応時間タスク遂行中において強制的に応答動作を誘発して運動感覚を呈示することによって学習過程に介入できることを健常ラットと脳梗塞片麻痺ラットを用いて検討する。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 4

[テーマ題目 1] 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術

[研究代表者] 岩木 直 (認知行動システム研究グループ)

高島 一郎 (システム脳科学研究グループ)

宇津木 明男 (ユビキタスイインタラクシ
ョングループ)

赤穂 昭太郎 (情報数理研究グループ)

梅山 伸二 (脳機能計測研究グループ)

兵藤 行志 (医用計測技術グループ)

[研究担当者] 岩木 直、瀧田 正寿、武田 裕司、永井 聖剛、木村 元洋、小高 泰、小村 豊、菅生 康子、山本 慎也、梅山 伸二、山田 亨、岩野 孝之、兵藤 行志、谷川 ゆかり、新田 尚隆、鈴木 慎也、宇津木 明男、高橋 昭彦、竹内 晴彦、中村 則雄、横山 一也、佐藤 稔久、熊谷 徹、西田 健次、

市村 直幸（常勤職員25名、他12名）

〔研究内容〕

1) 信頼性の高い近赤外脳機能計測技術の開発

近赤外脳機能計測技術について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

平成25年度は、市販携帯型 NIRS 装置について、fNIRS 計測での毛髪雑音/プローブ固定不備の影響低減のためのホルダーを再設計し、毛髪部位での安定な計測を実現した。本装置を用いて運動課題時の脳活動計測を行い、提案手法の有効性を示した。また、fNIRS の光源として、レーザーの代わりに安価な LED を用いた場合にも概ねレーザーと同等の計測精度を持つことを検証した。

2) 全脳代謝計測技術の基盤研究

脳のマクロな酸素代謝推定を可能とするために、計測モダリティ及び計測方法の基盤的な研究開発を行い、脳の酸素代謝を伴う人間工学実験によって開発した手法の有効性を確認する。

平成25年度は、脳全体の酸素代謝を推定するために必要な複数の計測モダリティ（近赤外光、超音波）を相互補完的に併用する生体物理・生理特性計測技術を継続して開発し、一定の運動をとまなう人間工学実験によってその有効性の検証を進めた。その結果、頭部血管を対象とする計測により、脳代謝が推定できる可能性を得た。

3) ニューロン活動計測による処理資源にかかわる神経基盤の解明

サルをモデル動物として使用し、認知資源の配分と制御に関わる未知の神経基盤を同定することを目的とする。

平成25年度は、視覚刺激の曖昧さと主観的な確からしさに応じた神経活動が、視床枕という脳領域に存在することを明らかにした。また、外界にある沢山の情報の中から、我々の生存にとって重要な情報を適切に取捨選択・統合し、適切な運動を生じさせる脳内メカニズムに尾状核尾部という脳領域が関与することを明らかにした。

4) 認知情報処理モジュールに関わる脳機能評価技術の開発

日常的な認知活動の基礎となる情報モジュールごとに、その情報処理を反映する脳活動パターンを特定し、認知状態を評価するための技術開発を目指す。

平成25年度は、認知パフォーマンスの個人差を定量的に評価することを目標に脳波や MEG、fMRI 等の脳活動計測実験を行い、トップダウン抑制機能が強い個人では脳内モジュール間の機能的結合を反映するガンマ帯域脳波の位相同期性が高いことと、ガンマ帯域 MEG 信号強度と心的な3次元図形処理などの視空間

処理パフォーマンスと有意な相関があることを明らかにした。

5) 行動データに基づくタスクディマン드의評価技術

日常的な活動におけるリスク要因を、基本的なタスクのディマンドと人間のパフォーマンスの適合性によって評価する手法を確立するために、タスクを遂行する人間の行動データの統計的分析によりタスクディマンドを推定する技術を開発する。

平成25年度は、自動車運転中の環境要因によるディマンド等、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化する手法を開発し、異なる環境による視覚的ディマン드의定量化に成功した。そして、安全なタスク遂行を実現するため、ユーザの低下している認知機能の種類に応じてタスク負荷を低減する方法を明らかにした。

6) 認知行動計測のための高速画像認識技術の開発

認知行動計測のために、ビデオ画像から人や物物を高速に抽出する必要がある。本研究では、GPU を用いた高速画像特徴抽出法の開発と、画像特徴を用いた物体追跡・パターン認識技術の開発を行う。

平成25年度は、画像情報からタスクディマンドを高速に抽出するための要素技術として、ベクトル量子化に基づく最近傍探索法を高速に実現するために、直積ベクトル量子化に基づく方法を実装し、画像データで有効性を確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 近赤外脳機能計測技術、fNIRS、アーティファクト除去、脳領域間結合、fMRI、超音波循環動態計測、ニューロン活動の計測、タスクディマンド、確率ネットワークモデル、高速画像特徴抽出法

〔テーマ題目2〕 心身の適応力の向上のための評価・支援技術の開発

〔研究代表者〕 小峰 秀彦(身体適応支援工学グループ)
都築 和代(環境適応研究グループ)
横井 孝志(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 横井 孝志、都築 和代、永田 可彦、
稗田 一郎、武田 裕司、甲斐田 幸佐、
永井 聖剛、新田 尚隆、菅原 順、
小峰 秀彦、関 喜一
(常勤職員11名、他15名)

〔研究内容〕

1) 心身相互応答特性の解明

前年度までに整備してきた実験環境、刺激装置、プログラムを用いて、睡眠不足が感情記憶に及ぼす影響を調べた結果、睡眠不足が快・不快記憶に影響することが明らかになった。

高齢者の周囲温熱環境と血圧について、四季にわたり男女8名ずつのデータを得た。睡眠中の血圧について

は、季節差が認められなかった。

刺激の物理的強度と反応強度との刺激反応適合性について、様々な運動刺激速度と反応強度間の適合性を見出した。さらに、概念レベルにおける事物の大小（「蟻」、「船」等の単語提示）と反応強度との刺激反応適合性を支持する結果も得た。後者の知見から、より抽象化されたレベルでの刺激情報（認知）が反応出力（身体・運動）システムと共有されていることが示唆された。

身体活動に代わる心血管リスク低減手段を確立するため、下肢温熱刺激が中心循環動態に与える影響を若年者で検討した。下肢温熱刺激は若年者の末梢動脈ステイフネスを減弱させたものの、中心動脈圧を下げる効果は認められなかった。

2) 心身の適応状態を計測・評価する技術の構築

血液性状・血管機能計測における拍動の時相依存性を低減するための信号処理及び実装方法を検討し、昨年度の高精度化手法とともに実証した。また、低負荷刺激時の血液性状・血管内皮応答変化について検討した。

コミュニケーション定量化に必要な音声分析技術の先行研究を調査し、音声から感情情報を抽出する技術を有する企業との連携をはかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ストレス、認知機能、体温調節、循環調節、運動処方、リラクゼーション、心理状態

【テーマ題目3】生活自立支援のための身体機能回復技術

【研究代表者】井野 秀一（身体適応支援工学グループ）
肥後 範行（システム脳科学研究グループ）
藤崎 和香（マルチモダリティ研究グループ）

【研究担当者】金子 秀和、肥後 範行、村田 弓、林 隆介、稗田 一郎、藤崎 和香、永井 聖剛、井野 秀一、長谷川 良平、岩月 徹、関 喜一、坂本 隆、氏家 弘裕、伊藤 敦夫、遠藤 博史、小早川 達、柴田 崇徳
梅村 浩之（健康工学研究部門）
（常勤職員17名、他5名）

【研究内容】

1) 残存機能を活かすニューロリハビリ技術

医薬品開発で一般的に用いられるラットを用いた研究と、ヒトに近いサルを用いた研究を並行して行うことで、独創的かつ効率的なニューロリハビリテーション技術の開発に繋がる研究成果を目指す。

ラットを用いた研究では、近年のリハビリにおいて

期待されている動作アシストの効果について検討した。左右前肢への空圧刺激に対してレバーから前肢を離して応答するという選択反応時間タスクをラットに学習させた後、片側大脳皮質前肢領域に脳損傷部位を作成して逆転学習を行わせた。動作アシストとして、正応答側あるいは誤応答側の前肢に対して応答動作を強制的に誘発させた結果、誤応答側前肢の応答動作を誘発した場合の方が正応答側前肢の応答動作を誘発した場合よりもエラー率の改善が速かった。このように、強制的に異なる運動感覚を発生させることで学習速度に差を生じたことから、応答動作誘発による運動感覚が訓練効果に影響したと考えられる。また、誤応答側前肢の応答動作を引き起こした場合に訓練効果が高かった理由として、誤応答側アクチュエータの駆動に伴ってラットの体幹が持ち上がり、正反応側前肢に随意応答時と同様の運動感覚を生じたからではないかと考えられた。本結果は、適切な運動感覚を発生させることによってリハビリテーション効果が促進される可能性を示唆している。

サルを用いた研究では、脳損傷後の把持運動の機能回復に伴う組織及び解剖学的変化に関する解析を行った。回復後に、軸索における神経活動伝播にかかわるミエリン鞘を形成するオリゴデンドロサイト前駆細胞マーカーの発現を調べた結果、皮質下への投射経路の周囲には、オリゴデンドロサイト前駆細胞が多く存在していることが示された。すなわち、ミエリン鞘の形成により運動出力経路を強化することが、把持運動の回復の基盤となっていると考えられる。さらに、脳損傷後に把持運動の機能回復を示した個体の、大脳皮質からの出力線維終末の分布を健常個体と比較した結果、小脳核では損傷個体のみで機能代償に関わる運動皮質からの出力線維終末が見られた。把持運動の回復過程で運動前野腹側から小脳核への投射が形成され、これが新たな運動出力経路として機能している可能性が考えられる。これらの成果は、新たな薬剤や、回復を促進する電気刺激装置の開発において、基礎的な知見となりうる。

2) 食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術

長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けて、本テーマでは、楽しい語らいのある食生活を目指した福祉介護技術（誤嚥下予防トレーニングシステム・遠隔食事介護システム）に関する基礎から応用に至る研究開発を展開し、「食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術」を提案することを目指す。

誤嚥下予防トレーニングの研究では、食塊の移動状態を嚥下音で評価する新技術の検討を医工連携で開始した（この研究の一部は研究題目「可搬型受動的嚥下速度無侵襲計測システムの開発」の助成を受けて行った）。この研究は、嚥下状態と嚥下音の物理特性の関係

を比較検討して、嚙下音の発生メカニズムを明らかにし、嚙下音から嚙下状態を推定する計測システムを開発するものである。本年度は、先行研究調査、嚙下リハビリテーション現場との研究協力体制の確立と、嚙下音計測に用いるセンサの選定を行った。

遠隔食事介助の研究においては、食事介助場面をターゲットとした遠隔介護における知覚・行動特性の計測系を用いて、遅延視覚フィードバックにおける妨害効果について定量的に検討した。その結果、時間遅延とともに増大するのは主に空間ずれに関するエラーであり、そのほかのエラーはあまり増えないことが示唆された。加えて、和やかな食事の環境づくりに大切な社会的なコミュニケーション機能に着目し、個人特性に応じた快感情の誘導法に関する研究を行った。コミュニケーション機能に深く関わる顔認知特性と個人のコミュニケーション能力との関係性を定量的に明らかにした。さらに、BMI 技術を用いた脳情報解読による意志表示システムの開発と介護補助デバイスへの拡張をめざした研究開発を行い、モデル動物の神経活動データ（マルチ電極アレイ）から機械学習を介して手形状を自動判別することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳卒中、動物モデル、運動リハビリテーション、動作アシスト、嚙下リハビリ、遠隔介護、食生活の QOL、コミュニケーション支援

【テーマ題目 4】 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術

【研究代表者】 伊藤 敦夫（高機能生体材料グループ）
丸山 修（人工臓器グループ）
兵藤 行志（医用計測技術グループ）
小関 義彦（治療支援技術グループ）

【研究担当者】 伊藤 敦夫、王 秀鵬、岡崎 義光、十河 友、小沼 一雄、廣瀬 志弘、丸山 修、金子 秀和、西田 正浩、小阪 亮、迫田 大輔、鎮西 清行、小関 義彦、葭仲 潔、鷺尾 利克、兵藤 行志、三澤 雅樹、新田 尚隆（常勤職員18名）

【研究内容】

- 1) 第三世代生体材料の先行臨床応用と基礎研究
線維芽細胞成長因子-2 (FGF-2) と水酸アパタイト複合層を形成した創外骨折固定ピンの組成と生物活性を品質管理する技術を構築し、安全性確認のための臨床研究が開始された。また、薬物・機器組合せ製品のうち、医療機器に該当すべき類型の製品に対する、品目を特定しない評価指標のガイドライン素案を作成した。
- 2) バイオリズドポンプ

バイオリズドポンプの構成材料の一つとして、チタン材料を基本としている。抗血栓性に優れたチタン材料の抗血栓性評価を行う目的で、凹凸表面を持つチタン試験片の表面に、アパタイトの存在下でアルブミンを固定化する最適法を確立した。この方法によってアルブミンを固定化したチタン試験片は、in vitro 血液試験により有意な抗血栓性を示し、同アルブミン固定法が、血流条件下であっても有効であることを実証した。

3) 生体力学計測と穿刺力提示、機能性造影剤

普及型 MRI による生体力学計測については、機械振動の同期に MR 撮像で生じる電磁波を用いる新方法を開発した。穿刺力提示については、高価な電気部品などに替わって空気圧駆動を用いることで、安価で臨床向き（十分安価ならばディスプレイにできるため）になると期待される空気圧駆動方式を開発した。機能性造影剤については、至適合成条件の探索として、造影剤の最適な粒子径に着目し、粒子径のばらつきを評価する実験系を構築した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血管内皮細胞、バイオリズドポンプ、線維芽細胞成長因子-2、アパタイト、シグナル分子、穿刺支援技術、ナノバブル可視化、物理・生理計測技術

【テーマ題目 5】 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究

【研究代表者】 倉片 憲治（アクセシブルデザイン研究グループ）
氏家 弘裕（マルチモダリティ研究グループ）
本間 一弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、佐川 賢、氏家 弘裕、渡邊 洋、鎮西 清行、鷺尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里、兵藤 行志、三澤 雅樹、谷川 ゆかり、新田 尚隆（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、木山 亮一（バイオメディカル研究部門・シグナル分子研究グループ）、片岡 正俊（健康工学研究部門・バイオマーカー解析研究グループ）、弓場 俊輔（健康工学研究部門・組織・再生工学研究グループ）、坂無 英徳（情報技術研究部門・スマートシステム研究グループ）、本間 敬子（知能システム研究部門・ディペンダブルシステム研究グループ）、

梶谷 勇（知能システム研究部門・統合知能研究グループ）、
 榊田 創（エネルギー技術研究部門・先進プラズマ技術グループ）、
 池原 譲（糖鎖医工学研究センター・マーカー検出技術開発チーム）
 （常勤職員25名、他8名）

〔研究内容〕

1) アクセシブルデザイン技術の標準化研究

ISO/TC 159/SC 5/WG 5（特別な配慮を必要とする人々のための物理的環境 WG）コンビーナとして「公共空間等の音声アナウンス」の ISO 規格原案（ISO/DIS 24504）の審議を進め、最終国際規格案（FDIS）を作成した。「色の組合せ方法」の ISO 規格原案（ISO/CD 24505）の審議を進め、国際規格原案（DIS）を作成した。また、「年齢別聴覚閾値分布」の ISO 改訂規格原案（ISO/3WD 7029）の審議を進め、委員会原案（CD）を作成した。その他、視覚・聴覚・触覚に関する ISO 規格案及び TR 案、計5編の審議又は標準化提案のための準備を進めた。

国際照明委員会（CIE）において TR 案2編の審議を進めた。国内においては、「公共空間の音案内」の日本工業規格（JIS）原案を確定させた。

これまでの標準化研究において収集した人間特性データ、及び発行した JIS・ISO 規格の効果的な普及を目的として産総研研究情報公開データベース「高齢者・障害者の感覚特性データベース」を構築し、平成25年8月にプレス発表を行い Web 上で広く一般に公開した。

2) 映像の生体安全性に関する国際標準化

ISO/TC 159/SC 4/WG 12（映像の生体安全性 WG）コンビーナとして審議を進め、光感受性発作に対する ISO 規格原案第2版（DIS 9241-391.2）が作成され、DIS 投票が開始された。また、立体映像の生体安全性に関して、（一社）電子情報技術産業協会と連携して新作業項目提案に導いた立体映像による視覚疲労に対する標準化では、委員会原案（CD 9241-392）が成立し、国際規格案（DIS）の登録を行い、投票の結果、DIS が承認された。さらに、関連する ISO/TC 159/SC 4/WG 2（視覚表示の条件 WG）でのエキスパートとして、裸眼式及び眼鏡式立体ディスプレイに関するスタディグループの審議に参加し、新作業項目提案（NP 9241-332, NP 9241-333）に寄与した。

3) 医療機器開発に対するガイドラインの策定と標準化の推進

医療機器開発ガイドライン策定事業における審議に基づき、新規に再生医療分野（2件）、体内埋め込み型材料分野（2件）、プラズマ応用技術分野（1件）、医療用ソフトウェア分野（1件）、運動機能回復訓練機器分野（1件）における6件の開発ガイドライン案を策定し

た。これまでに策定した開発ガイドライン案は総計35件（改訂版等を含む）に達する。

再生医療等製品に関連する標準化では、再生医療製品製造用途の除染接続装置開発について、ISO/TC 198/WG 9（ヘルスケア製品の無菌操作法 WG）にて日本提案を含む委員会原案（CD 18362）を作成・審議し、DIS 投票の段階となった。再生医療製品の製造プロセスの標準化について、（一社）再生医療イノベーションフォーラムと連携し、ISO/TC276（バイオテクノロジーTC）Bioprocessing タスクグループにて、新規業務規格案（Human cell culture processes）の作成を進めた。また、バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する国際標準化について、（一社）日本ファインセラミックス協会と連携し、CD 投票に向けた細胞侵入性評価法の新規業務規格案（NP 19090）の改訂を進めた。

近赤外光診断装置の標準化では、ISO/TC 121/SC 3/JWG 10（パルスオキシメータ WG）にて（一社）電子情報技術産業協会と連携して日本提案の委員会原案（CD）が平成26年2月に国際規格原案（CDV）として登録、回付となった。

赤外線サーモグラフィ試験の標準化では、（一社）日本非破壊検査協会と連携して審議を進め、用語規格 ISO 10878:2013が平成25年10月に発行された。また、ISO/TC 135/SC 8/WG 2（赤外線サーモグラフィ試験 WG）コンビーナとして試験方法通則 ISO/AWI 10880の委員会原案（CD）作成を継続して進めた。

マイクロ X 線 CT の標準化では、産業用 X 線 CT 装置の用語規格の JIS 化作業を進め、JIS B 7442:2013 が平成25年11月に制定された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 高齢者、障害者、ロービジョン、聴覚特性、触覚認識、映像の生体安全性、映像酔い、立体映像、視覚疲労、医療機器、ガイドライン、製造販売承認、JIS、ISO

3) 情報通信・エレクトロニクス分野

(Information Technology and Electronics)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：金山 敏彦

副研究統括：関口 智嗣

概要：

研究統括は、情報通信・エレクトロニクス分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行うとともに、研究分野間の融合を推進する業務を実施している。

副研究統括は、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括するとともに、研究分野間の融合を推進する業務を実施している。

情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室

(Research Planning Office of Information
Technology and Electronics)

所在地：つくば中央第2

人員：9名（7名）

概要：

当室は、情報通信・エレクトロニクス分野に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究分野における研究の推進に関する業務を実施している。

具体的には、研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、分野重点化課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、分野内・分野間のスペース利用の調整、プロジェクトの企画・立案・総合調整、経済産業省その他関係団体等との調整、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応等の業務を行っている。

当室の平成25年度の活動の特記事項としては、産総研戦略的融合研究事業（STAR）として、「高電力効率大規模データ処理イニシアチブ（IMPULSE）」の立案及び推進体制構築等の総合調整を行った。

本事業では、あらゆる社会課題解決の鍵になると考えられる大規模データ利活用を支える基盤として2030年のデータセンターのあるべき姿を見据えて、産総研が世界に誇る不揮発メモリ、高性能ロジック、光インターコネクタ、及びこれらを統合するアーキテクチャといった先端技術要素をベースにした超省電力データ処理技術開発を先導していく。

機構図（2014/3/31現在）

[情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室]

研究企画室長 安田 哲二 他

②【ネットワークフォトンクス研究センター】

(Network Photonics Research Center)

(存続期間：2008.10.1～)

研究センター長：並木 周

副研究センター長：河島 整

所在地：つくば中央第2

人員：14名（14名）

経費：853,500千円（245,800千円）

概要：

インターネットの普及で映像情報を中心として通信トラフィックが大きく増加している。これに対応してネットワークの消費電力が急激に増大している。今後、ネットワークを活用して、より効率的で安全、安心な社会を形成していくためには、低消費電力で、大量の情報を扱うことの出来るネットワークインフラを構築して行く必要がある。このために、我々は IP をベースとした従来のネットワークに加えて、大幅な低消費電力化が期待できる光の回線交換を用いた光パスイノベーションシステム整備事業の「先端融合領域イノベーション創出拠点形成」のプログラムで「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」を形成し、企業10社と産総研関連研究ユニットと連携して研究開発を推進している。

先端融合領域イノベーション拠点では、企業と連携して以下の開発を進めた。まず、光パスイノベーションでの経路切り替え用のスイッチとして、小型・大規模化が可能なシリコンフォトンクスを用いたスイッチおよび多ポート入出力型の新しい波長選択スイッチの開発を進めた。シリコンフォトンクスのスイッチでは、熱光学効果を用いた干渉計型スイッチの大規模化、偏波無依存化、低クロストーク化について、前年度より継続的に検討し、世界最小となる PILOSS 型8x8光スイッチの試作および動作実証に成功した。波長選択スイッチでは、5x5のプロトタイプモジュールを試作した。また、ファイバの非線形性のひとつである4光波混合を用いた光パスイノベーションの波長変換技術では、独自の方式を採用し実用的な特性を有するプロトタイプを開発した。加えて、光パスイノベーションのダイナミックノードのインターフェース検討およびその要素

技術として、ODU スイッチの試作、波長可変レーザの高速制御技術、CDC-ROADM によるプロテクション動作の研究開発を進めた。さらに、光パズネットワークのアーキテクチャに基づくデモ実験系の構築に着手した。

以上の研究開発に加えて、InGaAs 系のサブバンド間遷移素子やII-VI族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を新しいデバイスに展開する研究、ビッグデータ時代のデータセンターを支える新しい光スイッチ・光インタコネクタ技術に関する基礎検討を行った。

外部資金：

文部科学省 イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

科研費(研究分担者)「ランダムショートカットと光通信技術による超低遅延グリーンインターコネクタ」

科研費「Be カルコゲナイドを用いた高信頼性緑色～黄色半導体レーザの実現」

科研費「多層アレイ導波路回折格子と液晶空間光変調器を用いた波長選択スイッチの研究」

科研費「サブバンド間遷移の超高速光非線形性を集積化した全光信号処理デバイスに関する研究」

発 表：誌上発表45件、口頭発表76件、その他3件

機能フォトリクス研究チーム

(Functional Photonics Research Team)

研究チーム長： 鯨塚 治彦

(つくば中央第2)

概 要：

将来の通信ネットワークであるダイナミック光パズネットワークに不可欠となる、光ノード内装置の制御技術、波長制御技術、および光位相制御技術の研究開発を進めている。

光ノード内装置の制御技術では、多粒度多階層型ノードを構成するノード内装置の制御技術の開発を進めている。ネットワーク制御と光デバイス制御との仲立ちをおこなう、中間制御インターフェース(開発名BlueBox)の概念を提案し、導入に向けてハードウェア、ソフトウェアの実装を進めている。

波長制御技術として、高速に光源の波長を切りかえる、波長可変光源高速制御技術の研究開発を進めるとともに、将来の波長多重通信規格である Flexible Grid の必要とする精度と品質で、通信用光源の波長を高速

に制御できる技術の開発を進めた。

さらに、超高速光信号のフォーマットの一つとして主流となりつつある位相多値信号に関して、光信号処理の可能性を検討している。様々な位相変調信号の処理を実現するために不可欠な、位相が制御された光源の研究を、企業と共同で進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

ナノフォトリクス集積研究チーム

(Nanophotonics Integration Research Team)

研究チーム長： 河島 整

(つくば中央第2、つくば西 TIA 連携棟)

概 要：

ネットワークトラフィックの持続的拡大と省エネルギーを両立させるダイナミック光パズネットワークの構築には、光回線交換機能の強化が必要である。Silicon-On-Insulator を基に作製されるシリコン光導波路は、石英平面光回路を凌駕する集積密度を実現するプラットフォームとして注目を集めており、当チームは、シリコン光導波路に基づく集積型の多ポートスイッチ(光回線交換器)の開発を目指して、その低損失化やパッケージング、更には効率的な校正方法の開発に取り組む。実用性の高い波長選択スイッチについては、空間光学系を利用したプロトタイプを開発する。光制御型位相変調素子や可視光源など、化合物半導体を用いた萌芽的基盤技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目2

光信号処理システム研究チーム

(Optical Signal Processing System Research Team)

研究チーム長： 並木 周

(つくば中央第2)

概 要：

将来のネットワーク像を模索し、システムにおける光の役割を検討・提案しながら、光ネットワークの実現を目指す研究を進めている。光機能性材料・デバイスを活用した光信号処理システム、特に、非線形光学現象を用いる新しい光信号処理の提案を行い、システムレベルでの検証を行う。光ネットワークの要素技術として、波長変換、可変分散補償、光信号再生などを優先的な課題としている。非線形光学材料として、高非線形ファイバ、シリコン導波路、化合物半導体などを用いる。このチームでは材料開発は行わないため、ネットワークフォトリクス研究センターや電子光技術研究部門など産総研内の関連部門だけでなく、国内外の先端研究グループとの材料に関連した連携・シナジーを積極的に追及している。ネットワークレベルなど上位レイヤーでの検討評価についても、内外の関連研究グループとの連携を行い、目指すネットワークのシステムデモンストレーションを実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

〔テーマ題目1〕光デバイス制御技術（運営交付金、文部科学省「イノベーションシステム整備事業」・「先端融合イノベーション創出拠点の形成」）

〔研究代表者〕 鍛塚 治彦
（機能フォトンクス研究チーム）

〔研究担当者〕 小笠原 剛、須田 悟史、松浦 裕之、
Albores-Mejia Aron
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

中間制御インターフェース（Blue Box）は、制御層と光スイッチとをつなぐ中間インターフェースであり、多粒度多階層への対応、種々／多数の装置・モジュールの制御、物理／論理インターフェース差異吸収、光スイッチベンダー間のコマンド詳細の秘匿、Wrapping（OXCとWSSを組み合わせたWXCの実現）等の様々な機能を提供できる。これまでに、仕様を確定、接続情報、制御情報、制約情報の分離等の上位層との共有情報の決定、ハードウェア設計用の回路図エディタで、デモ・システム全体を回路図化、ネットリストの作成等を行ってきた。1ノードのみでの実装／動作確認を行っており、テストベッドの完全運用に向けて、実証システムの構築、モニタ制御機能の拡張等を行っている。

波長制御技術においては、光パスキューションのPTDC用光源として、拠点の協働企業とともに高速に波長の変えられる光源の開発を行った。協働企業では、チップ温度一定で動作とする波長可変レーザの開発を行い、産総研では、チップ前後の温度勾配をプリエンファシスで高速制御する技術の開発を行った。開発の結果、1ms以下の高速波長スイッチングを実現・C-band内の全Ch間高速スイッチングを実現、高速波長可変と実用的線幅を世界で初めて両立することができた。PTDC用光源として装置への実装を進めている。また、新しいWDMのFlexible Grid対応した波長ロッカー技術の開発を行った従来の50GHzグリッドのエタロンを組み合わせることにより、6.25GHz間隔の波長間隔の波長ロッカーを実現した。この波長ロッカーを用い、次世代のWDM光源としてFlexible Grid波長可変レーザを世界で初めて実現した。この波長ロッカーは、半導体レーザモジュールに内蔵可能であり、協働企業と小型化集積化を検討中である。次世代のWDM光源として、実用化を検討している。

位相多値信号の制御技術として、半導体レーザ注入同期位相制御光源の研究を、多値化に向けたレーザの一層の線幅化、位相感応型ローカル発振器として光受信器に用いることによる、DSP信号処理の肩代わりや、PSA等の位相変調信号の光信号処理用光源等への適用を目的に、将来の光信号処理に向けた萌芽的研究として行って

いる。この技術は、位相変調信号をレーザに注入する簡便な構成で実現され、レーザ内部の活性層の3次光非線形効果による位相感応型増幅効果と、レーザ共振器の超狭帯域光フィルタ効果を組み合わせて実現される。簡単な構成で、16QAM位相変調信号の搬送波位相を再生できることを世界で初めて実証した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 光制御、半導体レーザ、波長多重、位相変調、光信号処理

〔テーマ題目2〕光スイッチ集積技術（運営交付金、文部科学省「イノベーションシステム整備事業」・「先端融合イノベーション創出拠点の形成」、科研費「Beカルコゲナイドを用いた高信頼性緑色～黄色半導体レーザの実現」、科研費「多層アレイ導波路回折格子と液晶空間光変調器を用いた波長選択スイッチの研究」、科研費「サブバンド間遷移の超高速光非線形性を集積化した全光信号処理デバイスに関する研究」）

〔研究代表者〕 河島 整
（ナノフォトンクス集積研究チーム）

〔研究担当者〕 秋本 良一、牛頭 信一郎、
Cong Guangwei、鈴木 恵治郎、
谷澤 健、上塚 尚登、立蔵 正男、
Kim Sang-Hung、Jijin Feng
（常勤職員6名、他4名）

〔研究内容〕

光パスキューワークの回線切り替え用スイッチとして、大規模集積化が可能なシリコン細線導波路を用いた熱光学8×8スイッチの装置組み込みを進め、64個の要素スイッチ全てについて校正作業を行い、全ての接続経路が低損失であることを確認した。その結果に関する報告は、国際会議ECOC2014のPost deadline paperに採択され、「世界最小の8×8 PILOSSスイッチ」と広く認められるに至った。TIA-SCRの12インチ試作ライン向けに、32×32スイッチの設計を見直しフォトマスクを更新した。空間光学系とMEMSを利用した5×5波長スイッチは、前年の損失の要因を分析して取り除き、組み立てに要求される位置精度を緩和する方向に設計変更をした結果、実用的な特性を持たせることに成功した。化合物半導体量子井戸構造を用いた光制御型超高速位相変調素子について、挿入損失と変調効率の改善に取り組み、可視光源応用に向けては、II-VI半導体結晶成長技術の改良を進めた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 キーワード：光スイッチ、シリコンフォトンクス、波長選択スイッチ、化合物半導体、ISBT

〔テーマ題目3〕光信号処理システム（運営交付金、文部科学省・イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」）

〔研究代表者〕並木 周

（光信号処理システム研究チーム）

〔研究担当者〕黒須 隆行、来見田 淳也、井上 崇、石井 紀代、Karen Solis-Trapala、Hung Nguyen Tan（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

光パスネットワークの主要技術の一つである、光ファイバの非線形性を活用した高性能波長変換技術の研究では、WDMにおいて多値位相変調信号に対する波長変換特性について実用的な見地から詳細に調査した。電子デバイスの消費電力が負担となる超広帯域信号の伝送効率を向上するため、ナイキスト時分割多重波長多重技術という独自の方式を提案し、その動作原理を確認した。光信号の位相雑音を抑える光信号再生では、非線形ファイバと位相変調器をハイブリッドに組み合わせる独自の構成により位相変調信号の効率的な位相雑音抑制に成功した。また、究極の光伝送技術を実現するため、理想的な非線形補償構成の基礎検討を行い、従来技術であるデジタル信号処理よりも大幅に大きい非線形補償効果を確認した。

前年度までに検討した、多粒度多階層よりなる光パスネットワークの具体的なトポロジーを具現化するデモ実験系の構築を目指し、個別の装置の開発を推進した。H26年度には、これを完成させて、拠点デモ実証実験を実施する。機能フォトニクス研究グループや関係機関と議論をしながら、具体的な構成・インターフェースの開発にも着手した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕光パスネットワーク、高非線形ファイバ、波長変換、位相再生、グリーンネットワーク

③【デジタルヒューマン工学研究センター】

（Digital Human Research Center）

（存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31）

研究センター長：持丸 正明

副研究センター長：加賀美 聡

首席研究員：西田 佳史

所在地：臨海副都心センター

人員：15名（15名）

経費：338,718千円（155,269千円）

概要：

デジタルヒューマン工学研究センターの前身であるデジタルヒューマン研究センターでは「人間個人の機能モデルで個人の欲求を満足するように製品・サービスを最適化する技術」を研究し、成果をあげてきた。しかしながら、個人の欲求を追求することの積分が、社会・環境の価値に繋がるわけではない。個人の満足と持続的社会の共存という問題は、人間個人の機能モデルだけでは解決し得なかった。そこで、「個人にとって付加価値の高い製品・サービス（＝個人欲求充足による市場原理）を通じて、健康で安全で持続可能な社会（＝社会・市場の価値形成）を実現すること」を次なるグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジを達成するための方策として、いままで培ってきた「人間個人の人体機能モデル」に、新たに「人間生活の機能モデル」を研究する。ここで、人間生活とは、人間の個体だけでなく、関係する他の人間や周囲の環境を含むものであり、また、時間的な文脈を備えたものである。人間生活の機能を計算論的にモデル化することとは、すなわち、人間生活を観測し、それをひとつのシステムとして記述し、人間生活同士を比較し、再現提示できることを意味する。これには、実験室における人間観測とモデル化だけではなく、実生活の場における人間と環境の観測とモデル化研究が必要になる。人間（ユーザ）とその生活がモデル化されれば、生活をまもる、生活を変える、生活を支えるような製品・サービスの設計を支援することができる。このような製品・サービスを通じて、ユーザに個別満足を与えつつ、ユーザにその製品・サービスのもつ社会・環境価値も合わせて提示し、ユーザの欲求と社会・環境価値をバランスする社会創成を目指す。このような実社会に開かれたサイクルにデジタルヒューマンモデルを組み込むことで、持続的に人間生活特性データを蓄積し、モデルをアップデートしていく研究アプローチそのものが、デジタルヒューマン工学研究センターのセントラルドグマである。

デジタルヒューマン工学研究センターでは、先に掲げたグランドチャレンジに寄与する研究のアウトリーチシナリオを立て、そのシナリオに駆動されて必要な技術開発や技術の統合を進める。ここでは大きく4つのアウトリーチシナリオにしたがって研究を推進する。

- (1) 身体機能に適合し活用する製品設計支援技術の研究
- (2) 健康を維持し人間生活機能を高める健康増進支援技術の研究
- (3) 事故を予防し人間生活機能をまもる傷害予防工学の研究
- (4) 人間と環境を理解し人間生活機能を支えるスマートアシスト技術の研究

個々のシナリオについて、最終的な社会還元を見据え、単に必要となる新規技術を開発するだけでなく、

シナリオ実現に不可欠な既存要素技術との統合、ステークホルダーを巻き込む組織体の構成なども行い、シナリオ遂行におけるイニシアチブを發揮し、社会的にインパクトのある成果につなげる。中核となる新規技術については、個々のシナリオの枠内にとどまらず、他のシナリオや他のアプリケーションでも幅広く活用できるように、できるだけ汎用的な基盤技術として確立することを目指す。すなわち、人間とその生活を、機能的、生成的にモデル化する技術を、できるだけ普遍的なモジュールとして確立し、それらを社会シナリオの実現に役立てることをミッションとする。

平成25年度は、4つのアウトリーチシナリオについて「人間生活モデル」を指向した具体的な研究を推進した。(1)の製品設計支援技術については、国際的に競争力の手の機能モデリングを中核として、全身姿勢・運動モデルまで統合したソフトウェアプラットフォーム「DhaibaWorks」を開発した。全身の姿勢生成機能を加え、自転車や日用品のデザインを支援する共同研究を実施した。(2)の健康増進技術については、単に健康に関与する身体機能を評価するだけでなく、その身体機能を維持・増進させる取り組みを日常生活の中で「つづけさせる」ことを目標に設定した。健常者（高齢者含む）歩行データベースを150名規模に拡充した。この歩行データベースに基づき、歩行中の運動のばらつきから転倒リスクを推定して表示するシステムを開発した。企業との共同研究を通じて、システム実装と実証を進めた。(3)傷害予防工学については、病院などから事故・傷害データを収集し統計モデルを構成する技術や、事故原因を究明し対策効果を検証するための人体転落・転倒シミュレーション技術、これらを支える基本人体特性データベースの整備を進めた。事故・傷害データベースは、キッズデザインガイドラインに沿って安全製品を設計し、CSD認証を得るための必須の設計プロセスとして組み込まれ、企業での本格活用が始まった。(4)のスマートアシスト技術では、ロボットなどが生活環境下で生活者を適切にサポートする技術の確立を目指し、これに必要となる要素技術として、環境と生活者行動の観測、モデル化の研究を重点的に推進した。生活者の行動観測のみでは、生活者がどのような環境刺激に対して行動を起こしたのかが分からず、データとして意味をなさない。従来の実験室環境では環境刺激を制御していたためこのような問題は生じなかったが、デジタルヒューマン工学研究センターが掲げる生活環境下での継続的なデータ観測では、刺激としての環境観測とモデル化が不可欠である。平成25年度では、環境・人間行動観測技術を組み込んだ移動型のロボット技術を開発した（屋外移動ロボットや自動走行自動車）。また、段差や凹凸がある環境下でも安定的な移動を可能とする二足歩行技術を完成させ、国際的なロボットコンペティションで第一位となった。

外部資金：

経済産業省 平成25年度製品安全関連法の施行「消費生活用製品安全法特定製品の規制対応状況検証調査」

厚生労働省 地域医療基盤開発推進研究事業「被災後の子どものこころの支援に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）「外傷記録評価システムおよびISS版総合安全学習プログラムの実装」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「実時間並列ディペンダブルOSとその分散ネットワークの研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）「分散 Structure-from-Motion 法を用いた自由視点画像合成 Web サービスの実用化」

独立行政法人国立成育医療研究センター 「子どもの事故予防に関する総合的研究」

社団法人日本皮革産業連合会 「足入れの良い健康革靴プロジェクト」

財団法人栢森情報科学振興財団 「人間の意図理解と行動予測のための一人称ビジョンセンシングの研究」

公益財団法人立石科学技術振興財団 「高運動機能性製品設計のための高分解能4次元計測技術の研究」

財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団 「スポーツ用義足は有利か不利か？—走行中の関節ステイフネス評価による検証—」

公益財団法人タカタ財団 「効果の高いチャイルドシート着用推進コンテンツ「本当に子どもを愛するのなら」の作成・効果評価・社会周知」

公益財団法人三菱財団 「クラウド型児童虐待データベース蓄積・虐待診断支援システムの開発とその導入におけるバリア分析に基づいた活用促進プログラムの作成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「運動性を考慮した可動領域表現による人の手の運動機能の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「コード化環境光を用いた完全鏡面物体の3次元形状計測」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発—日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「手指伸筋腱ネットワークに潜む関節トルク調整機構の解明と筋腱張力推定問題への展開」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「嚥下メカニズムの解明による喉ごしの定量評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「情報集約による日常生活の構造的な理解のための情報処理システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「デジタルハンドによる製品の操作性評価に基づくエルゴノミック設計支援システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人体計測データベースの構築と多角的分析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「イナーシャマッチングに基づく階段歩行スキルの解明と大腿義足制御への応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「こどもの事故の発生要因の解析と予防—地域、年齢、疾患特性の解析—」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「ロボットの聴覚の実環境理解に向けた多面的展開」

発 表：誌上発表93件、口頭発表168件、その他15件

身体機能中心デザインチーム

(Human Centered Design Team)

研究チーム長：多田 充徳

(臨海副都心センター)

概 要：

身体の機能に即した安全で扱いやすい製品をデザインできるようにすることで、製品の付加価値、ひいては日本の製造業の国際競争力を高めることが求められている。身体機能中心デザイン研究チームでは、製品使用時の身体と製品との間の相互作用や、その結果生じる体感を予測することで、身体機能に即した最適な製品デザインを実現するための技術を確認することを目的とする。

これを実現するために、身体の形体、運動、そして

体感を定量的に扱うための計測技術、計測したデータを統計的または力学的に解釈し、再利用できるように蓄積するためのデータベース化技術、そして、計測したデータを運動学または動力学的に解釈し、それらをコンピュータ上に再現するためのモデル化技術を研究する。また、構築したデータベースやモデルを用いて、コンピュータ上で対象ユーザの使用感を評価し、それが最適となるような製品形状を明らかにするためのデザイン技術を確認する。具体的なアプリケーションを想定しない身体の機能に関する基礎的な研究から、アプリケーションに駆動された実践的な研究まで、研究のフェーズや、データベースとモデルの完成度に応じて適切なアプローチをとる。

具体的なテーマとして、1) モーションキャプチャで計測した姿勢や運動を蓄積するためのデータベース化技術、2) 製品に対する身体の姿勢を生成するための姿勢生成アルゴリズム、3) 生成した姿勢から製品の安定性や関節のトルクを予測するための力学モデル、4) 予測した力学指標とユーザが感じる体感を関連付けるための主観モデルに関する研究を行う。また、これらの研究成果を、標準の制定や企業との共同研究で活用する。

研究テーマ：テーマ題目1

生活・社会機能デザイン研究チーム

(Human and Social Functioning Technology Team)

研究チーム長：西田 佳史

(臨海副都心センター)

概 要：

日常生活における製品による事故や、個々の環境や人に対して適切に個別化された製品設計の困難性の問題の最深部には、日常生活という複雑システムを扱う科学技術が未成熟であるという共通問題がある。

生活・社会機能デザイン研究では、人間の生活機能と計算機や人工物による生活支援機能とを有機的に組み合わせ再構成することで、人の日常生活をデザイン可能にする技術体系（生活機能構成学）および社会体系を確認することを目的とする。

生活機能構成学を確認するためには、日常生活を記述し、再利用可能な知識として扱えるようにする科学的方法が必要となる。そこで、本研究では、人間の生活現象を、心身機能、活動機能、そして社会参加機能の側面から捉え、生活機能構造を解明するなど、日常生活を科学的に取り扱うことを可能にする技術を開発する。また、この研究によって開発した生活機能モデルと、知能メカトロニクス (IRT) コンポーネントを用いて生活機能を再構成可能にする工学の研究、さらに、どのような生活機能設計が望ましいかという規範や考え方の整理を通じて、生活支援システム／サービスの開発や評価の方法論やあり方を明らかにする研究

を行う。また、生活機能構成学を確立するためには、科学技術（技術体系）のみならず、多機関連携やオープンイノベーションを促進する社会的な仕組みを構築することで、問題解決する体制の構築も重要となる。このような観点から、技術体系と社会体系は相互に関係して存在するため、本研究では、技術体系と社会体系の両方を同時に開発するアプローチをとる。

具体的研究テーマとして、1)生活データ正準化技術、2)日常生活データベース、3)生活構造分析手法、4)個人適合型動機づけによる生活デザイン技術、5)目的志向の状況記述・検索技術、6)ステイクホルダー間知識循環技術、7)アクションリサーチ技術などの研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目2

健康増進技術研究チーム

(Health Technology Team)

研究チーム長：持丸 正明

(臨海副都心センター)

概要：

健康の維持・増進は、長期的な医療費の削減として社会的に大きな効果があるだけでなく、健康維持・増進を支える製品、サービス産業としても大きな市場を有している。しかしながら、それらの製品やサービスを持続的に使わせることは困難であり、多くの製品やサービスが「三日坊主」に終わっている。本研究チームでは、単に健康に資する要素技術を開発するだけでなく、それらを個人の特性・状態に合わせて提供し、使用効果を適切に呈示することで、健康に対する取り組みを「つづけさせる」技術として統合することを目指して掲げる。平成25年度では、健常者（高齢者含む）歩行データベースを150名規模に拡充した。この歩行データベースに基づき、歩行中の運動のばらつきから転倒リスクを推定して表示するシステムを開発した。企業との共同研究を通じて、システム実装と実証を進めた。

研究テーマ：テーマ題目3

スマートアシスト技術研究チーム

(Symbiotic Assist Technology Team)

研究チーム長：加賀美 聡

(臨海副都心センター)

概要：

システムが人間あるいは人間環境のモデルを持ち、それを利用して適切により良く支援するためのスマートアシスト技術について研究する。この目的のために、1)人間やシステムに装着した視覚、聴覚、力覚、姿勢覚、筋電などの各種センサとその統合による人間と人間環境の理解技術と、2)理解した人間や人間環境の情報をを用いて個人や環境に応じた適切な支援を行うアシ

スト技術の二つの方面から研究を進める。

2)の人間と人間環境の理解技術においては、人間環境の地図化、人間の行動情報の取得とモデル化、場所とその使い方の理解、人間環境にある物体のモデル化と環境中からの発見や追跡、一人称ビジョンによる行動理解、音源地図作成と音源発見や追跡などの研究を行う。

2)のアシスト技術においては、得られた人間と環境のモデル、行動の履歴、物体の使用履歴などから、健康向上、QoL向上、介護・介助、見回り、運搬、案内、搬送、移動などのタスクを、個人や環境に適した方法によって行うことを計画し、実際にサービスを行うことを目的とする。また物体の受け渡しやすれ違いの方法、個人の意図の理解や対象物の特定、などのインタラクションやインターフェースの研究を行う。

これらの目的を達成するために Dhaiba を始めとする人間の形状、運動などのモデルとデータベース、あるいは子供の事故情報、物品のデータベースなど、他のチームの成果を積極的に利用し、デジタルヒューマンモデルにより始めて可能となるサービスやアシスト技術にフォーカスする。

研究テーマ：テーマ題目4

傷害予防工学研究チーム

(Injury Prevention Engineering Research Team)

研究チーム長：山中 龍宏

(臨海副都心センター)

概要：

傷害予防工学では、日常生活現象の理解、そして、傷害という生理現象の理解まで踏み込んで傷害予防を可能とする技術体系と社会体系の確立を目的とする。傷害予防の技術体系に関しては、製品のリスクを制御するために我々が制御可能な対象を、大きく環境・製品と、人の意識・行動とに分類し、その全体を環境改善と行動変容の両方からなる一つの制御システムと捉えフィードバックループを作って持続的改善していく包括的なアプローチを可能とする科学技術の構築を目指す。さらに、傷害予防工学の研究活動では、技術開発に留まることなく、傷害予防のための社会体系として、「安全知識循環型社会システム」の社会実装を多機関連携によって進める。

傷害予防工学のための社会体系に関しては、キッズデザイン産業のためのオープンイノベーション支援システム、母子保健分野・地域安全・学校安全の支援者支援システムの社会実装を進める。それを支える技術体系として、1)傷害データベース技術、2)傷害解析・再現技術、3)キッズデザイン製品開発支援技術、4)コミュニティ参加支援技術、5)効果的行動・意識変容支援技術を開発し、社会システムの構築に向けた活動を行う。

【テーマ題目1】人間機能モデル Dhaiba の拡張と国際
人体特性データベース

【研究代表者】多田 充徳
(身体機能中心デザイン研究チーム)
【研究担当者】多田 充徳、宮田 なつき、遠藤 維
(常勤職員3名)

【研究内容】

身体の形状については、12件の手指寸法を新規に計測することでデータベースを拡充した。また、運動については、モーションキャプチャを用いて日常生活に出現する140件の把握運動を計測すると共に、過去に計測した433件の子どもの歩行の縦断計測データに対してラベリングなどの前処理を行った。これらの運動データに対して、主成分分析を用いた解析を実施することで、把握や歩行運動の多様性を明らかにした。また、把握運動データについては、運動の複雑さとの相関解析を行うことで、運動学的に手指運動の複雑さを評価するための指標を導出した。

上記身体形状や身体運動データの統一的な操作、身体と製品との相互作用の予測、そしてこれらの可視化を実現するためのプラットフォームソフトウェアとして、DhaibaWorks の開発を継続して行った。このソフトウェアに実装されている、仮想バネの引力を用いた手の姿勢生成アルゴリズムを一般化することで、モーションキャプチャシーケンスや、ユーザが指定した特徴点群に対する身体形状モデルのフィッティングに基づく姿勢生成手法を新規に開発した。また、このソフトウェアの普及と持続的拡張を実現するために、一部の企業や大学関係者を対象に DhaibaWorks の講習会を実施した。

筋活性に基づく主観評価を実現するために、手指に関する筋骨格モデルの構築を開始した。より正確な手指の筋骨格構造を再現するために、6体の屍体標本に対して母指の筋骨格運動解析を行い、骨形状に対する筋腱の付着位置や、関節回転中心位置を明らかにした。また、母指球筋の張力が外在筋による手指の関節運動に与える影響も明らかにした。この筋骨格モデルと、DhaibaWorks で生成した関節運動と外力データから筋活性を計算できるように、汎用筋骨格シミュレーションソフトウェアである OpenSim に対するインタフェースを DhaibaWorks 上に実装した。

以上のように様々な機能が DhaibaWorks 上に実装されているため、個人別の形体や代表的な形体の生成、製品に対する姿勢の生成、そして姿勢や筋活性に基づく力学評価値の計算をシームレスに行うことができるようになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】製品設計、形体、運動、体感、身体機能データベース、身体機能モデル、最適デ

【テーマ題目2】生活データベース技術、生活センシング技術およびに関する研究

【研究代表者】西田 佳史
(生活・社会機能デザイン研究チーム)
【研究担当者】西田 佳史、堀 俊夫、北村 光司、
大野 美喜子 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

移乗・移動・排泄などを行う機器の介護施設における効果評価を行うためのセンサ・ネットワークとして、介護者の姿勢センサ、位置センサ、機器の稼働センサなどからなる評価支援システムを開発した。北原リハビリテーション病院に設置し、評価支援システムの有効性を検証した。

間取り構造を含む生活データの検索・分析技術として、モノ同士の関係についてもグラフ構造で表現する形式とし、その際、モノを表わすノードをつなぐエッジに意味付けできるようにし、エッジで設置状況を指定可能な機能を実装した。生活データの一部である事故データに関して、H24年度までに開発してきたグラフ構造化による分析技術に加えて、空間情報とも関連付けて登録し、分析可能な機能を開発した。

生活機能データベース技術に関して、自由記述文を入力することで、既存の ICF コードの検索と新規ワードの登録作業が行える ICF オントロジー管理ソフトウェアを開発した。入力されたデータに含まれる単語のうち、今までに辞書に登録されていない場合、その単語を表示し、さらに類義語辞書を使用して類義語を使って、辞書を検索し、対応付ける候補を表示する機能を開発した。写像空間に関しては、プログラム内で写像空間を変更可能な機能を実装した。また、子どもを含め高齢者の生活調査データ56人分の生活構造データベース(間取り、生活機能)を作成した。金融機関・リハビリテーション病院と協力し、八王子地区の機器開発・サービス事業者68社を聞き取り調査、340人の生活ニーズアンケートを実施し、ICFに基づく生活ニーズ・サービスマッチングのためのシステム設計を行った。

生活機能データベースを用いた生活構造(幸福認知構造)分析手法に関して、生活機能変化が生じた経験を持つ高齢者の生活データを収集し、そのデータを生活グラフ構造化した。その際、生活機能変化が起きる前、起きた後、生活機能が復活(社会参加が増加した状態)した時、の三段階ごとに生活グラフを作成し、生活機能の変遷をデータベース化した。また、その際に、生活機能の変化に関わった要因を抽出可能なグラフ演算機能を開発した。

H24年度に開発したスマートフォンを用いた環境計測機能、生活機能対称性を特徴とするリハビリ・ナビゲーション機能の検証のため健常者5名を対象に、血圧、心拍、

主観的疲労感に関する計測を行った。地域資源の見える化支援技術として、ICFに基づく社会参加施設登録機能を開発し、その検証として、神戸市丸山地区、清瀬台地区でコミュニティ地図を作成した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活データベース、生活モデル、行動モデル、行動シミュレーション、正準化技術、フルボディインタラクション、ヒューマンエラー、センサーネットワーク、大規模データ

【テーマ題目3】歩行データベース整備と歩行評価システムの研究

【研究代表者】持丸 正明

(健康増進技術研究チーム)

【研究担当者】持丸 正明、森田 孝男、三輪 洋靖、小林 吉之、保原 浩明 (常勤職員5名)

【研究内容】

店頭や日常生活環境で顧客の歩行を観測し、その歩き方の特徴を評価する技術、より健康増進に効果のある歩き方の推奨、あるいはその歩き方に変容させる商品の開発と推奨に関する研究を進めた。要素技術として、健常者のさまざまな歩行(運動、床反力)を蓄積した歩行データベースの整備、歩行の個人差を表現する歩行主成分モデルの確立、さらに現場で実現可能な限られた歩行データに歩行主成分モデルを活用することで全身歩行を再現し、特徴を評価する技術の開発を行った。平成22年度までに開発してきたトレッドミル型歩行評価システムのみならず、圧力センサを敷き詰めたウォークウェイ型、身体装着センサ型など異なる場面で利用できる歩行評価システムの開発に着手した。平成25年度では、(1)健常者(高齢者含む)歩行データベース累積150名分を整備した(中期計画 IV-3)。(2)歩行データベースに基づき、歩行のばらつきから転倒リスクを推定する手法を開発した。(3)開発した技術を、日用品メーカー、スポーツ容疑メーカーなどの共同研究を通じて、システム実装し、サービスを含めた開発を進めた。(4)健康維持のための走行(ジョギング等)で疲労骨折が起きるリスクを下肢全体のバネ特性指標から推定する方法を開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】健康工学、生体力学、デジタルヒューマン

【テーマ題目4】スマートアシスト技術の研究

【研究代表者】加賀美 聡

(スマートアシスト技術研究チーム)

【研究担当者】加賀美 聡、西脇 光一、山崎 俊太郎、トンプソン・サイモン、佐々木 洋子 (常勤職員5名)

【研究内容】

主に下記の6項目の研究を行った。

1) ヒューマノイドロボットのアシストに向けた基本機能の研究

これまで研究してきた動力学的モデルに基づいた短周期歩行軌道生成手法に、力センサと姿勢センサから推定した運動状態をフィードバックし、外乱に対して頑健な二足歩行システムの実現法を研究している。

本年度は、これまで開発してきたオンラインで力学的整合性を考慮した軌道を生成する不整地歩行制御手法を拡張し、外乱に際して、高速に駆動できる脚を利用して着地時の接地状態、運動状態に応じて、次の着地位置やタイミングを変更することにより安定に歩行を継続する手法を開発し、2種のロボットで検証を行った。開発した二足歩行システムを用いて屋外を模した環境での歩行実験を行った。歩行機能を提供したロボットが災害救助ロボットの国際大会試技会において1位を獲得した。

2) 視覚による人間と人間環境の理解機能の研究

カメラ、パターン投影立体視、レーザー距離センサなどを利用する各手法の研究と、これらを用いた人間の発見・追従・進路予測、環境の地図作成・自己位置認識、物体のモデル作成・発見・位置姿勢検出、生活行動のモデル化などの研究を行っている。

本年度は、RGB-D 画像を入力として Random Hough Forest を用いた弱識別器による多クラス識別および位置姿勢同時推定による高速な学習・識別手法を開発し、オンラインシステムを構築した。本手法により14クラス、50物体、1万画像の入力が、フレームレートで精度良く認識できることを確認した。本手法は今後生活環境の物体認識システムに利用していく。

前年度の研究成果である DLP プロジェクタと高速度ステレオカメラを用いた時分割構造化光ステレオを拡張し、2組のシステムを用いて運動物体の形状を2方向から同期計測した。単一システムで発生する画像読み出し遅延を、複数システムによるパイプライン処理で隠蔽し、計測速度や精度を失うことなく、480hz による投影、160Hz による全周ステレオ復元を実現した。また、知能システム部門との連携で4次元全身計測システムを構築し、本研究で開発したプロジェクタとカメラの幾何校正技術を応用した。

3次元形状モデルの非剛体変形推定に関連して下記の3つの研究を行った。(1)運動物体を30Hz で計測した距離画像の時系列から全周形状と表面変形を復元する技術を開発した。本研究は来年度に企業との共同研究に発展する予定である。(2)3次元および4次元計測データの欠損箇所を3D メッシュの時空間フィッティングで補完する手法を提案し、国際会議で発表し、ソフトウェアを複数の外部組織に有償で技術供与した。(3)人体形状データベースを用いて人体計測点群の解剖学的特徴点を ISO-20685の基準を満たす精度で推定する

技術を開発し、精度検証結果を国際会議で発表した。

3) 聴覚による人間と人間環境の理解機能の研究

低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度は情報技術研究部門との連携により、開発してきた無限混合ガウスモデルを利用した学習・識別手法を動画の音声処理へ応用し、人の発話部分検出の機能を実現した。

次に無限混合ガウスモデルを利用した学習・識別手法を、音処理だけでなく、レーザー距離センサから得られた環境形状の学習と識別、移動体の追跡の結果からの行動分類の2つの問題に応用し、それぞれ半教示ありでことの有効性と新規のクラスを識別および学習可能であるということを確認した。さらに音源識別の成果を利用した移動音の追跡手法を多重仮説検定型のパーティクルフィルタリングを用いて開発した。

これらの手法を音環境理解機能として発展させていく。

4) デジタルヒューマンモデルを用いたアシスト技術の研究

スマートアシスト技術により実現されるサービスからアプリケーションドリブンにシステムを構成し、実際にサービスを行うことにより、システムの有用性を実証し、問題点を探る研究を行う。具体的には一人称ビジョンによる生活記録、サービス移動ロボットによる人間環境の変化や人間の生活記録、人間に親和性の高い移動アシスト、音焦点形成による呼びかけなどの技術について研究している。

本年度は当センターの体形データベースからのモデル化を行い、光学的に外部から簡便に計測できる数項目の寸法項目を計測することにより、精度良く全身の約50の人体寸法項目を推定する手法を実現した。本手法を利用し KINECT を用いたオンライン体形推定システムを構築し、実証実験を行うことにより、約5%の精度を実現した。

次に全身姿勢、手先外力を考慮したヒューマノイドロボットのための立位作業制御器を開発した。これまでの歩行制御法を拡張する形であるため、不整地での作業や不整地を含む路面での踏み替えや歩行をそのまま行うことができる。また、関節負荷を考慮し、手先でトルクを発生しない力分配による梯子昇降力制御器を実現し、梯子登りを成功させた。

一方で移動ロボットのための多層型のレーザー距離センサを用いた、地図作成、位置認識、静止障害物発見、移動障害物の検出と移動軌跡取得、経路計画、経路追従を統合したパッケージを開発した。本システムを用いることにより、3種類のロボットを用いて、屋内・屋外歩道・屋外車道の3つの環境(日本科学未来館、

パシフィコ横浜(屋内)、つくばチャレンジ2013(屋外歩道)、ITS 世界会議、豊田市交通安全学習センター(車道を模した環境))での自律移動実験を行い、自律移動の基本性能を確認した。

最後に、これまでに開発してきた屋外の自律移動システムが、福島原発の復興工事において、放射性瓦礫の自動搬送に利用されている。

5) 双方向 Mixed-Reality による提示とインタラクション機能の研究

人間にシステムの内部状態を提示したり、逆に人間から意図や指示を受け取るための双方向 Mixed Reality (MR) の研究を行う。またこの双方向 MR システムにより環境中のシステムの内部・外部状態とマーカーをつけた環境中の人間や物体の記録を取ることが可能になる。この情報を利用したシステムの改善、人間とシステムのインタラクションの記録と解析、安全性の検証などの活用などについて研究する。

本年度は移動ロボットの認識・計画・制御機能を実世界に重畳するシステムを構築した。開発した手法はロボットの認識や意図を人間に提示すると共に、人の指示や意図を入力可能な双方向 MR のシステムとなっている。日本科学未来館の展示フロア用ロボットを対象に、半年間の実証実験を行った。

6) 実時間ディペンダブル OS の研究

ART-Linux の開発を継続し、Linux 2.6.32~3.10 に対応する実時間機能、AMP 機能、実時間通信機能を持つ OS を開発した。本 OS は他の Linux ベースの実時間 OS よりも実時間処理のジッターが数倍から数十倍少ないという特徴がある。開発した OS を記者発表すると共に Sourceforge より一般公開を開始した。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2, HRP3, HRP4 や移動ロボット Pen2, Segway RMP などでも利用し、実証実験を行った。開発した OS を搭載したヒューマノイドロボットが災害救助ロボットの国際大会試技会において1位を獲得した。

[分野名] 情報通信

[キーワード] ヒューマノイドロボット、二足歩行、3次元視覚、地図作成、位置認識、経路計画、実時間 OS、ディペンダビリティ

[テーマ題目5] 傷害データベースと傷害データマイニング技術に関する研究

[研究代表者] 山中 龍宏(傷害予防工学研究チーム)

[研究担当者] 山中 龍宏、西田 佳史、北村 光司、高野 太刀雄、大野 美喜子、持丸 正明、河内 まき子、多田 充徳(常勤職員5名、他3名)

[研究内容]

H24年度に開発した裂傷評価技術を改良し、小型化・ポータブル化を行い企業内での活用が可能な切傷評価装

置を開発した。裂傷の有限要素モデルを開発し、応力値などの推定が行えるように改善した。歯ブラシ・ストローなど棒状の製品による刺傷事故を落下試験、有限要素モデルを用いた解析を行うことで、定量的なリスク評価を行い、デザイン、外傷予防、人間工学に関する会議で報告した。開発してきた転倒データベースを論文として取り纏め、国際誌に採択された。

H24年度に開発したキッズデザイン開発支援ツールを改善した。開発支援ツールは、デザイナーの協会によってキッズデザインツールズとして商品化され、グッドデザイン賞を受賞した。

長崎県大村市、NPO 法人と協力し、自転車事故防止のプロジェクトを発足し、長崎県大村市の小中高生2,008人を対象とした事故実態調査を実施し、地域分析を行った。産総研が開発した自転車を扱う子どもの行動・反応特性を調査するセンサを用いて、西大村小学校の120人の小学生に対する計測実験を実施した。これらのエビデンスに基づく啓発用パンフと DVD を作成し、全国で配布可能な資料を作成した。

消防庁・日本インダストリアルデザイナー協会と傷害データの活用に関する研究会を8回実施し、創造的防犯機器の具体例として、浴槽溺れ防止、耳かきについて予防グッズの試作を行った。また、浴槽溺れ防止機器に関しては、長崎県大村市の商工会議所と連携し、製品化に向けた試作を行った。取り組みを情報処理学会の会誌などに発表した。また、製品安全協会と連携することで、事故分析データの提供、身体データの提供を行うことで、昭和50年代以来変更されていない乳幼児用いすの SG 基準の改訂（首の挟まれ防止など）に繋がった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】傷害データベース、傷害シミュレーション、リスクコミュニケーション、オープンイノベーション、安心・安全、製品安全、リスクアセスメント、知識循環、虐待防止、不慮の事故

④【ナノスピントロニクス研究センター】

(Spintronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：湯浅 新治

副研究センター長：福島 章雄

所在地：つくば中央第2

人員：14名 (14名)

経費：410,462千円 (222,651千円)

概要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクス対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用し

た新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力（待機電力）を大幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクスの技術開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術の中核にして、待機電力ゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

- ・ミッション1 グリーン・イノベーションの実現
ナノスピントロニクス技術の中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ「スピン RAM」を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。
- ・ミッション2 半導体スケール限界の突破
スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケール限界を打破することも目標とする。
- ・ミッション3 革新的電子デバイスの開発
光メモリや不揮発性スイッチング素子、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：

スピントロニクス発振の高出力化に関する研究

スピンを利用した革新的半導体伝導・光素子に関する研究

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構 (CREST) 「金属/機能性酸化物複合デバイスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構(さきがけ)「単原子層デザインによる希少金属フリー超高磁気異方性薄膜の開発」

独立行政法人科学技術振興機構(S-イノベ)「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構(ALCA)「電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査をシミュレーション技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(基盤研究(S))「高周波スピントロニクスの研究」

文部科学省 科学研究費補助金(新学術領域研究)「スピントロニクス材料の探索」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(若手研究(B))「スピントルク発振を用いた、高時間・高空間分解能をもつ電子スピン共鳴法の理論開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(若手研究(B))「熱活性領域におけるスピントルク磁化ダイナミクスの理論的研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(若手研究(B))「電流により誘起される磁界作用トルクを用いた磁気高周波検波素子の高感度化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励「不揮発性トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(特別研究員奨励費)「スピントランジスタのための Ge/Si へテロ構造への高効率スピン注入・検出」

独立行政法人日本学術振興会 最先端次世代研究開発支援プログラム「スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓」

発 表：誌上発表50件、口頭発表91件、その他5件

金属スピントロニクスチーム

(Metal Spintronics team)

研究チーム長：久保田 均

(つくば中央第2)

概 要：

MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」

の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っていきます。さらに、薄膜成長技術を応用した新規スピントロニクス素子の開発も進めています。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

半導体スピントロニクスチーム

(Semiconductor Spintronics team)

研究チーム長：齋藤 秀和

(つくば中央第2)

概 要：

半導体スピントロニクスと呼ばれる新技術を用いた新奇伝導及び光素子の研究開発を行っています。具体的には、不揮発的に情報を記憶できる(電源を切っても情報を保持する)スピントランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、およびシリコン導波路一体型強磁性薄膜光アイソレータや円偏光発振するスピンレーザなどの光デバイスの研究開発を行います。スピントランジスタの実現により、従来技術では困難であったコンピュータの消費電力の劇的な削減に繋げ、将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。また、新型光アイソレータはシリコンフォトンクス技術を用いた情報通信に大きく貢献し、スピンレーザはレーザ発振の省電力化や光通信のブロードバンド化と共に、スピン情報の増幅装置としての役割が期待されています。

研究テーマ：テーマ題目2

理論チーム

(Theory Team)

研究チーム長：今村 裕志

(つくば中央第2)

概 要：

ナノ構造における磁性・スピンドイナミクスを記述する新規理論の構築、および理論的なアプローチを用いた新規ナノスピントロニクス素子開発の先導を目指して研究を行っています。具体的には、ナノ構造におけるスピンドイナミクスを利用した超高密度磁気記録・読み出し・書き込み技術の開発、磁気トンネル接合素子や、グラニューラー型メディア材料などのナノ磁性体の熱安定性、および電圧を用いたスピン制御に関する基礎理論の構築・理論解析を行っています。

研究テーマ：テーマ題目1

【テーマ題目1】スピントルク発振の高出力化に関する研究

【研究代表者】久保田 均

【研究担当者】湯浅 新治、福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、松本 利映、谷口 知大、今村 裕志
(常勤職員9名、他3名)

【研究内容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピントルクがつくるスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。25年度は、渦巻き状の磁気構造を有する素子について研究を行い、3マイクロワットを超える大きな発振出力を得ることに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントルク発振素子

【テーマ題目2】スピンを利用した革新的半導体伝導・光素子に関する研究

【研究代表者】齋藤 秀和

【研究担当者】ロン・ヤンセン、オレリー・スピーサー、水林 亘 (ナノエレクトロニクス研究部門)、バディム ザエツ、揖場 聡、福島 章雄、湯浅 新治、
(常勤職員11名、他1名)

【研究内容】

本研究では、電子のスピン自由度を半導体素子中で積極的に利用することにより、従来型素子には実現不可能であり、将来の高度情報社会に貢献し得る新機能素子の開発を目指す。具体的には、1) 不揮発的な情報記憶機能を備えるスピントランジスタ、2) シリコン基板上に作製可能な強磁性/半導体ハイブリッド光アイソレータ、3) 円偏光発振機能を有するスピンレーザに取り組む。本年度は主に以下の成果を挙げた。

- 1) スピントランジスタ：超省電力駆動の重要な技術であるシリコンへの電流フリーのスピン注入技術に関して、我々の研究チームが発見した強磁性電極と Si 間に熱勾配を設けるだけで Si へのスピン注入が実現される「スピントンネル・ゼーベック効果」の外部電界による影響を調べた。その結果、同効果によりシリコン中に生成したスピン信号強度を外部電界により制御することに成功した。更に、観測した電界効果の生ずるメカニズムの解明にも成功した。
- 2) 新型光アイソレータ：産総研オリジナルの素子である強磁性体表面のプラズモンを利用する「プラズモニック・アイソレータ」をシリコン導波路上に作製し、プラズモンを介した光透過の実証に成功した。

- 3) スピンレーザ：レーザ発光層となる GaAs/AlGaAs 多重量子井戸の成膜条件およびそれを発光層に用いた発光素子の作製を行った。作製した素子の発光実験を行い、素子評価に十分な光量が室温で得られることを確認した。また、無磁場中にて円偏光測定を行うために必要である垂直磁気異方性を有する強磁性電極の開発も並行して行った。具体的には Tb/Fe 多層膜を分子線エピタキシー法にて作製し、室温にて高品位の垂直磁化膜を得ることができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、光アイソレータ、スピンレーザ

【テーマ題目3】金属/機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】湯浅 新治

【研究担当者】野崎 隆行、松本 利映、甲野藤 真、薬師寺 啓、久保田 均、福島 章雄
(常勤職員7名)

【研究内容】

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それをを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成25年度は、非常に薄い Fe 酸化物層 (マグヘマイト) を酸化マグネシウムと金属鉄薄膜界面に挿入することで、数原子層と極薄領域でも高品質で平坦な鉄薄膜が作製可能であることを見出した。この成果により、強磁性酸化物薄膜はトンネル磁気抵抗素子の磁気抵抗効果向上だけでなく、構造設計の自由度を広げる点でも高いポテンシャルを有することが示された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】金属酸化物、スイッチング素子

⑤【サービス工学研究センター】

(Center for Service Research)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究センター長：持丸 正明

副研究センター長：本村 陽一

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第2

人員：18名 (18名)

経 費：375,570千円（196,056千円）

概 要：

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになってきた。特に、急速に進む少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、経済や産業におけるこのような重要性にもかかわらず、近年、サービス産業の生産性の伸び率が低いと言われている。

製造業・サービス業の労働生産性上昇率(2006～2011年/年率平均値)

	日本	米国
サービス業	0.4%	0.6%
製造業	3.3%	3.2%

(日本生産性本部『労働生産性の国際比較2013』より作成)

上表のとおり日本および米国のサービス業の労働生産性上昇率はそれぞれ0.4%、0.6%であり、製造業の3.3%、3.2%と比べるとサービス業の伸びが極めて小さい。このような意味でサービスの生産性の向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービスの生産性向上は重要課題と位置づけられるようになってきた。

これを受け、本研究センターは、サービス産業の生産性を向上させるため、サービス現場においてデータに基づいて仮説を立て、それを検証しながらサービスを改善していくという「サービスの最適設計サイクル」を自立的に廻すことをグランドチャレンジに据え、サービス産業に最適設計サイクルを普及させることを目標とする。サービスにおいては、ものづくり以上に「人」の関わりが重要であり「人」の機能のモデルが重要であると考えている。サービスの現場での「人」である顧客と従業員の行動とサービスプロセスを観測し、それを分析して人やサービスプロセスのモデルを構築する。そして、シミュレーション技術等を活用して効率的なサービスを再設計し、それを現場に適用するという最適設計サイクルを繰り返す「人」基点のサービス工学を推進する。これを推進する体制として、次の5つを行う研究チームを設けている。

- ・顧客、従業員の行動観測と提示技術の研究
- ・行動観測で蓄積した大規模データモデリングの研究
- ・サービスプロセスのモデル化に関する研究
- ・シミュレーションによるサービス支援の研究
- ・都市型空間での新サービス創出の研究

こうした体制の下、サービス産業に属する企業との連携を通じて実際のサービス現場で具体的研究を推進しながら、幅広いサービス産業に展開可能なサービス工学要素技術の開発を進めていく。また、企業コンソ

ーシアムを活用しながら、これらの要素技術を企業に導入する方法論の確立とサービス工学の理論の構築・研究者および技術者の裾野の拡大も図っていく。

内部資金：

運営費交付金「カメラやセンサによる複合現実トラッキングのベンチマーク標準化」

運営費交付金「ベンチャー創出促進事業」

外部資金：

経済産業省「平成25年度我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備地域ビジネスの振興支援に資するデータプラットフォーム構築とベンチマーキング手法開発に関する調査研究事業」

総務省「情報弱者支援のためのモジュール型非接触非拘束ジェスチャインタフェースの研究開発」

厚生労働省科学研究費補助金「白杖歩行・盲導犬歩行・同行援護歩行に対応したマルチモーダル情報処理技術に基づく訓練と評価の循環支援」

厚生労働省科学研究費補助金「被災後の子どものこころの支援に関する研究」

農林水産省「養殖カキの共販事業における予約取引市場に関する実証研究」

独立行政法人科学技術振興機構「複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立」

独立行政法人科学技術振興機構「大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「スマートアクセスビークルシミュレーション設計」

独立行政法人科学技術振興機構「電子商取引を利用した消費者コミュニケーション型水産加工業による復興」

独立行政法人科学技術振興機構「対話型モバイル拡張現実体験（AMIE）：メンテナンスサービスへの応用」

独立行政法人科学技術振興機構「土壌・栽培情報価値の可視化による精密復興農業モデルの構築」

独立行政法人科学技術振興機構「人流解析による医療救護訓練の科学的解析手法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「価値創成クラスモデルによるサービスシステムの類型化とメカニズム設計理論の構築」

独立行政法人日本学術振興会「コンピュータビジョンとパターン認識によるアンビエント・インテリジェンスに関する研究」

科学研究費助成事業「子どものこころと身体を見守り支援する大規模データ収集とリスク予想モデル構築」

科学研究費助成事業「系の安定化に基づくレジリエント社会コミュニケーション技術の開発」

科学研究費助成事業「観光客類型の定量的継続的把握技術の開発」

科学研究費助成事業「製品リマニュファクチャリングの現状分析と普及シミュレータ開発の研究」

科学研究費助成事業「障害者の座位姿勢における衣服作製のための3次元計測とバーチャル着装の研究」

科学研究費助成事業「仮想空間の情報が実空間の人の流れに伝播する様子モデル化と分析に関する研究」

科学研究費助成事業「高齢者介護施設における従業員の気付き情報の収集と高度利用に関する研究」

科学研究費助成事業「地域救急医療連携への影響要因の解明と支援技術の運用を通じた評価に関する研究」

科学研究費助成事業「消耗財ダブルオークションにおける収益最大化メカニズムの設計と評価」

科学研究費助成事業「音響センサによる音環境計測を利用した環境変化検知・予測技術に関する研究開発」

科学研究費助成事業「労働集約型サービスに対するプロセス観測・モデル化技術のマッチング手法の開発」

科学研究費助成事業「救急初期診療の可視化に基づいたチーム医療のシミュレーション教育システムの研究」

公益財団法人千葉県産業振興センター 戦略的基盤技術高度化支援事業「災害地等向け透過型センサネットワーク搭載携帯端末の研究開発」

社団法人 科学技術国際交流センター「網羅的社会シミュレーションフレームワークもしくはマルチエージェント

ト学習に関する研究に従事し、エージェントシステムに関する技術を習得する」

国立大学法人京都大学「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」(1)円滑な応急・復旧対応を支援する災害情報提供手法の開発 (b)マイクロメディアサービス開発 2)マイクロメディアサービスにおけるマッシュアップ・双方向インタラクション技術の開発」

公立大学法人北九州市立大学国際環境工学部「情報伝達・共有型図上訓練を用いた危機管理体制強化マネジメントプログラム」

企業からの資金提供型共同研究：27件

発表：誌上発表104件、口頭発表150件、その他12件

行動観測・提示技術研究チーム

(Human-Behavior Sensing and Visualization Research Team)

研究チーム長：蔵田 武志

(つくば中央第2)

概要：

サービス生産性向上、サービスオペレーションの革新、新サービス設計、及び価値共創社会の構築のために、行動観測・提示技術研究チームでは、ヒト、モノ、コト（プロセス）の微視的・巨視的な把握に資する行動計測・提示に関する研究開発に取り組む。特に、歩行者推測航法（PDR）のメンテナンスフリー化、PDRと動作認識の融合（PDRplus）、省電力 PDR 指向モーションコプロセッサ（PDR COP/Frizz）、拡張現実（AR）トラッキング、作業内容推定システム（SOE）、動的環境モデリング、RGB-D センシング、可視化（情報循環）等の拡張サービス・プロセス・リエンジニアリング技術に関する研究開発を推進する。Neuro-aided design に関する研究開発のうち、サービスフィールドシミュレータ（SFS：仮想環境としてサービス現場を提供し、この中で人の行動や生体情報を記録）は重点化課題としつつ、生体センシング技術応用については萌芽的課題とする。雑誌論文や国際会議への投稿、展示会やメディア等でのサービス工学の普及啓蒙、企業との共同研究や技術移転（情報開示、実施）、標準化活動等を通じた技術の社会実装を積極的に推し進めることもこのチームの目標とする。

研究テーマ：テーマ題目1

大規模データモデリング研究チーム

(Data Based Modeling Research Team)

研究チーム長：本村 陽一

(臨海副都心センター)

概 要 :

現実社会の中で行われるサービスに対する観測・分析・設計・適用を可能にするために、サービスを通じて得られる大規模データから計算モデルを構築し、それを活用してサービスの最適化を可能にする技術を開発する。実際のサービス現場の中でデータを観測するためにはアクションリサーチが必要になる。すなわち実際のサービス活動を改善しながら、サービスの現場で日常的に行われているサービス提供者とサービス受容者の活動を、主観的な領域も含めて観測可能な大規模データとして観測・分析し、計算モデル化を行う大規模データモデリングの技術を現場で利用可能な状態で提供することが重要である。具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、計算モデルを構築する確率的情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目 2

サービスプロセスモデリング研究チーム

(Service Process Modeling Research Team)

研究チーム長：西村 拓一

(臨海副都心センター)

概 要 :

人（従業員と顧客）が中心となるサービス業では、効率的・高付加価値を実現するために、複数の人々が組織を超えて連携する複雑なシステムとなっている。また、人は意欲、価値観などによって作業品質や人間間コミュニケーションの効率も変化する。このため、生産性向上や新サービス創出に必要な俯瞰的・定量的な現場プロセスの把握が困難となっている。

そこで、本チームでは、人を中心とするプロセスの記述、モデリング、可視化技術およびインタラクション技術を統合的に研究する。これにより、現場プロセスの把握、現場参画型開発の方法論確立、プロセス改良後の効果測定、各業務とコスト・顧客満足度との関係の推定などを目指す。

研究テーマ：テーマ題目 3

サービス設計支援技術研究チーム

(Service Design Assist Research Team)

研究チーム長：野田 五十樹

(つくば中央第2)

概 要 :

サービスの生産性向上を工学的に進めるために、サービスプロセス自身や、サービスプロセスとサービス

資源の関係をできるだけ簡潔な計算論的モデルとして構成する。その上でプロセスの改変や資源の投入について多数の可能性をシミュレーションすることで、有効なサービスプロセス改変法、資源投入法を効率よくスクリーニングするための技術モジュールを開発する。具体的には、地域における公共交通サービスや防災サービス、あるいは農水産流通サービスの改善のため、人の動きや取引を継続的にモニタリングし大規模にシミュレーションする技術の開発を進める。これをもとに、各種状況におけるサービス改善施策の効果を網羅的に見える化する技術を確立して、ICTを用いた効率の良いサービス構築手法を探索し、地域活性化のための基盤情報技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目 4

都市空間サービス基盤技術研究チーム

(Urban Space Service Architecture Research Team)

研究チーム長：車谷 浩一

(臨海副都心センター)

概 要 :

サービス設計ならびにサービス最適化の例として、都市空間への来訪者へのサービス提供ならびに都市住民の生活・業務支援サービスの創出と、環境や来訪者・住民からのセンシング情報を元にサービスを最適化する基盤技術の創出を目指す。高度に諸機能が集約された都市空間においては、環境センサによって取得された環境情報や、人（来訪者・住民）が保持する携帯情報端末から取得されたセンシング情報を用いることにより、人の移動（歩行、モビリティ利用）における適切な支援情報の提示、人の行動の見守り、さらには都市空間における効率的な農業の支援等の新規のサービスの創出が可能となり、かつセンシング情報を用いてこれらのサービスの質の向上や効率向上を図ることが可能となる。当チームでは、このような都市空間におけるサービス設計・最適化を実現するための基盤技術である、環境センシング、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の創出を目指す。

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 行動観測・提示技術群の構築

[研究代表者] 蔵田 武志

(行動観測・提示技術研究チーム)

[研究担当者] 蔵田 武志、大隈 隆史、興梠 正克、松本 光崇、大西 正輝、牧田 孝嗣、福原 知宏、Thangamani Kalaivani、一刈 良介、天目 隆平

(常勤職員5名、他5名)

[研究内容]

サービス生産性向上、サービスオペレーションの革新、新サービス設計、及び価値共創社会の構築のためには、

ヒト、モノ、コト（プロセス）の微視的・巨視的な把握が求められる。本テーマでは、特に、サービス現場等での顧客・従業員行動と環境刺激との双方の測る化、見える化の実現に資する基礎・応用研究とその実証に重点的に取り組んでいる。具体的には、歩行者推測航法（PDR）のハンドヘルド化、PDRと動作認識の融合（PDRplus）、省電力 PDR 指向モーションコプロセッサ（PDR COP）、拡張現実（AR）トラッキング、RGB-D センシング、作業内容推定（SOE）、動的環境モデリング、可視化（情報循環）等の拡張サービス・プロセス・リエンジニアリング技術に関する研究開発を推進している。顧客行動理解については、Neuro-aided design に関する研究開発において、サービス・フィールド・シミュレータ（SFS）内での動作・生体情報計測とその応用について取り組んでいる。

本年度は、まず、ハンドヘルド PDR に関して、加速度・角速度・磁気センサを搭載したスマートフォンをターゲットとして念頭に置き、その典型的な保持・携行方法であれば適切にその進行方向を推定する手法を開発した。ハンドヘルド PDR において、進行方向推定は最も重要な役割を果たすものであるが、共同研究中の企業等からの実地の評価過程を経て、実用的な段階まで引き上げることができた。MTI 社が非可聴域音声測位と PDR との連携測位システム（SONICNAUT）を開発しプレスリリースした。

省電力 PDR 指向モーションコプロセッサ（PDR COP）については、メガチップス社との共同研究によりその試作に成功し、その上に PDR を実装した。従来（ARM Coretex-M4F マイコン）と比較し、約1/14の消費電力で PDR に必要な処理を実行することができるようになった。PDRplus については、横歩き、後ろ歩き、進行方向推定等で知財的進展があった。

拡張現実（AR）及び AR トラッキングについては、まず、AR トラッキング手法のベンチマーク標準に関して、TrakMark WG でのデファクト側の活動と、ISO/IEC JTC 1/SC 24の委員としてのデジュール側の活動を進め、ベンチマークのためのデータセットの内容、評価指標の種類、評価プロセスの標準化を目指して NWIP（新業務項目提案）を提出した。また、日仏共同研究で進めたハンドヘルド AR のポインティング手法研究に関して、2つの国際会議でそれぞれベストペーパー賞と Honorary Mention 賞に選ばれた。

サービスフィールドシミュレータ（SFS）については、まず、全方位液晶ディスプレイ配置による高解像度バーチャル環境提示と、RGB-D 画像を用いた足踏み検出に基づく移動操作を実現した。ヒューマンライフテクノロジー研究部門との連携により、SFS 内の被験者から計測された脳波から足踏み動作のノイズを除去して得られる p300a の反応を用いて、被験者の興味の計測手法の開発に貢献した。さらに、SFS と視線計測を組み合わせたバ

ーチャル店舗内顧客行動計測に関しても企業との共同研究を開始した。

拡張サービス・プロセス・リエンジニアリング技術の現場適用・実証については、行動データと会計データとの組み合わせによる包括的な測る化・見える化に基づく CSQCC（Computer-supported QC Circle）に関する研究発表を行い、国際会議でベストペーパー賞に選ばれた。

ベンチャー創出における技術の社会実装においては、ベンチャーTF での研究活動に基づいて、産総研技術移転ベンチャー「行動ラボ株式会社」が設立され、従業員行動計測および3D 屋内モデリングの事業化が開始された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】行動計測、複合現実、拡張サービス・プロセス・リエンジニアリング、サービス工学、産総研技術移転ベンチャー

【テーマ題目2】大規模データモデリングの研究

【研究代表者】本村 陽一

（大規模データモデリング研究チーム）

【研究担当者】本村 陽一、竹中 毅、櫻井 瑛一、
宮本 亜希（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

日常生活における様々なサービス活動において、購買履歴や電子カルテ、業務上の記録などの大規模データが集積されるようになってきている。これらの大規模データの中にある意味のある概念クラスとその間の因果的な構造を抽出し、計算モデルを構築する技術や需要や経営効率を予測する技術によって、実際のサービス活動を支援することを可能にする方法論を確立する。具体的には、i) サービス現場の既存システムから得られる大規模データを効果的に活用する情報技術の研究、ii) 実サービスの中に現れる主観的な領域や異質性も含めた人の行動特性を分析する手法の研究、iii) 人間の行動と心理学的特性の間の関係を共通の意味として対応づけるために、観測された大規模データに基づいて意味のあるカテゴリやその間の構造を自動抽出する技術の研究を進める。とくに平成25年度はサービス利用者のセグメントを理解する技術を発展させ情報損失の少ない k-匿名性に基づくプライバシー保護技術を開発した。またこれまでに開発した大規模データモデリング技術を技術移転した10社以上の企業と連携することで、成果の利用コミュニティを立ち上げ、学会でも活動するなどして新たなデータ活用ニーズや応用技術を深掘した。以上の活動によりサービス現場に新たな価値をもたらす観測・分析・最適化システムを開発すると同時にそれをサービス現場に導入し、異業種のステークホルダーと協調して実社会で観測・分析・設計・適用のループを継続的に実行することが可能となる。さらに、本格研究として早期の社会実装を可能にするために必要性が高い、現場にある粘着性の高い情報を

活用するイノベーションに関する研究にも着手した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 サービス工学、本格研究、アクションリサーチ、ビッグデータ、機械学習

【テーマ題目3】 サービスプロセスモデリングの研究
 【研究代表者】 西村 拓一（サービスプロセスモデリング研究チーム）

【研究担当者】 西村 拓一、山本 吉伸、三輪 洋靖、渡辺 健太郎、福田 賢一郎、吉野 公三、茨田 和生、長尾 知香、山田 洋子、山田 クリス 孝介、中島 正人（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】
 本テーマでは、看護・介護サービス向上に向けた技術開発、および観光地振興・地域活性化のための開発などに着手している。

前者では、看護・介護サービスの現場において、従業員が主体的に作業フローを見直し、必要となる道具の仕様を考え、業務改善することを支援する現場参加型開発の構築を進めた。現場で必要となる知識を流通させることでサービス行為の迅速な記録と改善を可能とするために、現場の一連の業務プロセスから発生する情報や出来事（例えば業務記録や従業員のとった行動で、「コト」と呼ぶ）を収集しデータベース（DB）化（コトDB）する研究を進めた。コトDBを試作することで、現場から収集したコトを再利用することが可能となり、業務の振り返りと改善を行う場を支援するシステムのプロトタイプが構築できた。「コト」の収集にも役立つ、申し送りと利用者の構造化情報を連動させた申し送り支援システムの実装を実現しライセンスするとともに、介護施設において試験運用を開始した。

観光地振興・地域活性化技術に関しては、温泉地において顧客にIDを配布する基盤技術（顧客ID化基盤技術）を改良し、周辺地域との連携サービスの構築を進めた。具体的には市民向け外湯券で市内の公共交通機関であるバスに乗車でき、走行中のバス車両の利用データを収集するシステムを開発した。また地域の農産物を地域で支える仕組みの研究に着手した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 サービス工学、地域活性化、アクションリサーチ、現場参画型開発、現場共有知

【テーマ題目4】 サービス設計支援技術群の構築
 【研究代表者】 野田 五十樹（サービス設計支援技術研究チーム）

【研究担当者】 野田 五十樹、宮下 和雄、依田 育士、山下 倫央、岡田 崇、黒嶋 智美、松島 裕康、小柴 等、渡辺 隼史（常勤職員4名、他5名）

【研究内容】
 本テーマでは、サービスプロセスの改善を定量的・工学的に予測するために、マルチエージェントシミュレーション（社会現象を、人や情報機器の相互作用としてモデル化し、それを計算機上に再現すること）をコアとしたサービスプロセス評価技術およびそのもととなるモニタリング・モデリング技術、さらにはサービス流通円滑化のための取引制度設計の研究開発を重点的に行っている。

本年度はこれに対し、地域の公共交通におけるオンデマンド型サービスの有効性検証と実用システムの構築に向け、函館におけるオンデマンド公共交通サービス（Smart Access Vehicle Service, SAVS）のシミュレーション評価と実サービスの配車システムの実装・動作検証を行った。シミュレーション評価では、実証実験における運用実績と、シミュレーションでの運行予想を比較し、シミュレーション評価が実運用のデータとほぼ一致することを確認し、精度の高さを検証した。さらにそのシミュレーションにより大規模運用における効率予測を行い、先行研究で得られていたオンデマンド交通の大規模化のメリットを確認した。また、実サービスでの配車システムは、世界で初めて完全自動による配車を実現し、数日間の運用に耐えることが確認できた。今後はこれらをもとに、現状のバスシステムからのシームレスな移行方法などを開発し、社会実装の敷居を下げる技術の確立を目指す。

また、人の流れのシミュレーションでは、北九州における花火大会の人流誘導や鎌倉市における津波避難を取り上げ、多数のケースにおけるシミュレーションを行うことで、人の流れの全体的傾向や、人数規模と各種現象の関係性を洗い出す手法を開発した。これらを利用すると、避難訓練における参加人数と訓練の効果の関連が明確になり、訓練参加の活性化に役立つ情報提供が行えることがわかってきている。

流通サービスについては、東北地方の水産物を題材として、需要と供給のマッチングについて鮮度制約を考慮しながら行うシステムを構築・実装した。これにより、生鮮食料品における流通過程の無駄を減じ、円滑な取引を実現するシステムの開発を進めている。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】 サービス設計、サービス最適化、シミュレーション、情報循環

【テーマ題目5】 都市空間サービス基盤技術の構築
 【研究代表者】 車谷 浩一（都市空間サービス基盤技術研究チーム）

【研究担当者】 車谷 浩一、幸島 明男、河本 満、池田 剛、富樫 宏謙、山本 晃、梅林 由紀子、斉藤 美行、岩崎 正裕、田口 雄大、田中 希武、細川 茂樹

(常勤職員3名、他9名)

【研究内容】

本テーマでは、サービス設計・最適化の例として、高度に諸機能が集約された都市空間において、環境センサや携帯情報端末から取得されるセンシング情報を用いて、人の移動における適切な支援情報の提示、行動の見守り、都市空間における効率的な農業の支援等の新規のサービス創出、ならびにセンシング情報を用いたこれらのサービスの質の向上・効率向上のための研究開発を重点的に実施する。特に、環境センシングデバイス、センシング情報解析、サービス提供プラットフォーム等の技術の創出を目指す。

本年度は、特に都市空間における人の移動支援サービスの創出に重点を置いた。沿線において高齢化が進み、住民・来訪者への移動支援技術が必要とされる鉄道駅ならびに隣接商業施設において、住民・来訪者の効率的で安全な移動を支援する基盤技術の研究開発を実施した。具体的には、鉄道駅ならびに隣接商業施設における移動支援サービスに必要な要件を分析し、人の徒歩による移動、ならびに電動車椅子（パーソナルモビリティ）による移動を支援するため、移動経路の選択に有用な混雑情報（密度情報）や、移動速度に影響をもたらす移動体の種別情報を効率的に計測する方法を分析した。

これらの密度情報・種別情報を含む人の流れを把握するためのセンシングデバイスとして、対象空間をステレオビジョンによって観測し直接的に人流・種別情報を計測するシステムの設計・製作を行った。また対象空間での音の発生事象、発生方向・位置、ならびに音の特徴を自動的に計測し、その結果を用いてデータ補間によって人流情報を推定するためのマイクロフォンアレイシステムを設計・製作し、これらのセンシングデバイスを対象空間実環境に設置し、人流計測・音空間計測の実験を行った。取得されたセンサ情報を情報ネットワーク経由で遠隔データベースに構造的・効率的に送信するための通信プロトコルの策定を行った。これに加えてデータベースに格納されたセンサ情報を用いて人流情報を推測するためのプラットフォームとして、時空間データベースシステムならびにセンサ情報解析ツール等の実装・整備を行った。さらに、取得されたセンサ情報ならびに解析によって推定された人流情報等を、情報の受け手である人（来訪者・住民）がより理解しやすくするためのユーザインターフェイスシステムの実装を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス設計、サービス最適化、環境センシング、ユビキタスコンピューティング

⑥【フレキシブルエレクトロニクス研究センター】

(Flexible Electronics Research Center)

(存続期間：2011. 4. 1～2018. 3. 31)

研究センター長：鎌田 俊英

副研究センター長：牛島 洋史

総括研究主幹：長谷川 達生

所在地：つくば中央第5、第4

人員：21名（21名）

経費：470,527千円（283,899千円）

概要：

1. ミッション

社会の隅々にまで行きわたる情報通信技術の普及には、人々が直接情報の入手・発信に触れるためのツールとなる情報端末機器の利便性の向上と高度普及化が重要な課題となっている。本研究センターでは、こうした課題を解決し、これにかかる新産業創出、国際競争力強化に貢献していくために、ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器用のデバイス技術としての使用利便性の向上および省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイス技術の開発を推進する。これにより、より利便性の高い革新的情報端末機器を社会に普及させ、新市場創出による経済効果の拡大を図る。また、これら情報端末デバイスの低消費電力化技術の開発とともに、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術となる印刷法を駆使したデバイス製造技術の開発に取り組み、大量普及する情報端末用デバイスの低消費電力化、製造エネルギーの削減を推進して、グリーン・イノベーションに貢献する。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組み、産業基盤支援と国際競争力強化に貢献することを目指す。

2. 研究開発の課題

ミッション遂行のために、下記の研究開発課題を設定して、技術開発を推進する。

① フレキシブルデバイス技術の開発研究

超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性に優れた情報入出力インターフェースデバイスの創出を目指し、柔軟性を有するフィルム基板上に回路・デバイスを設置したフレキシブルデバイス技術の開発を行う。特に、ディスプレイなどの表示・出力デバイス、圧力、光、熱応答の入力デバイス、無線アンテナ、配線等、回路デバイスなどをフレキシブルデバイス化する技術を中心に技術開発を推進する。

② プリントブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、脱真空プロセス、脱高温プロセス、脱フォトリソグラフィプロセスによりデバイスの製造エネルギーを著しく軽減させ、

高速高生産性デバイス製造を可能にする溶液プロセスに立脚した印刷デバイス製造技術の開発を推進する。特に、高精度高精細印刷デバイス製造技術、低温印刷デバイス製造技術、高機能化印刷デバイス製造プロセス、大面積高均質デバイス製造技術などを中心に、技術開発を推進する。

③ フレキシブルデバイス用材料基盤・評価技術の開発研究

フレキシブルデバイス用材料の開発ならびにそれらの基礎物性、寿命、効率、素子性能等にかかる評価、計測に関する技術の開発を推進する。特に、有機半導体材料などのデバイス用有機機能性材料の開発

3. 研究開発の推進体制

研究開発の推進に当たっては、本研究センター内に下記5つの研究チームを設置し、それぞれ設定研究課題に対応した研究開発課題を推進する。

- (ア) 印刷エレクトロニクスデバイスチーム
- (イ) 表示機能デバイスチーム
- (ウ) 先進機能表面プロセスチーム
- (エ) 機能発現プロセスチーム
- (オ) フレキシブル有機半導体チーム

特に、本研究センターの研究開発技術は、産業界の技術開発と密接に関係していることから、関連する多業種の企業群からなる技術研究組合を構成し、その中で企業と一体的な技術開発をすることで、技術の円滑な産業普及と推進を図っていく。現在、次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合（JAPER A）、次世代化学材料評価技術研究組合（CEREB A）および、未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合（TherMAT）の三つの技術研究組合に参加し、それぞれ印刷技術に基づくフレキシブルデバイスの製造技術、デバイス用化学材料の評価技術の開発推進を行っている。さらに、産業界との情報交換の場としての産総研コンソーシアム「次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム」を設置し、当該関連分野の最新の産業動向を反映させた技術開発の推進を図っている。

外部資金：
経済産業省

- [平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業]
「スーパーインクジェットを用いたソーワイヤーへの砥粒配置技術の開発」
- [平成25年度国際標準開発事業]
「プリンテッドエレクトロニクスに関する国際標準化」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
[NEDO 委託]

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（銅ペーストの研究開発）」

「太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／銅ペースト量産化技術と試験・評価方法に関する研究開発」

独立行政法人日本学術振興会（JSPS）

- 「最先端研究開発支援プログラム「強相関量子科学」 担当サブテーマ名『モットロニクス基礎』
- 「電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）

- 「プリンテッドエレクトロニクスのための強誘電／誘電技術の開発」
- 「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによるAM-TFTを基盤とするフレキシブルディスプレイの開発」
- 「有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発及び結晶構造の解明」

発 表：誌上発表65件、口頭発表182件、その他52件

フレキシブル有機半導体チーム

(Flexible Organic Semiconductor Team)

研究チーム長：堀内 佐智雄

(つくば中央第4)

概 要：

- ・目的：フレキシブルエレクトロニクスによるグリーンイノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術を開発する。特に、プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：物性物理学・物性化学・電子工学を基盤とする先端的知見を活用しながら、新規材料・新機能開拓と、印刷プロセスの革新、微視的評価技術の開発に取り組み、主に学術雑誌を通じた成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：銀ナノメタルインクと反応性表面により高解像度配線を実現できる超簡易印刷法を世界に先駆けて開発、常温常圧の溶液・印刷プロセスで製膜可能な高性能有機半導体や高分極有機強誘電体の材料を開発、材料評価技術として電荷変調分光法を用いた有機半導体のキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ： テーマ題目 1

先進機能表面プロセスチーム

(Advanced Surface Processing Team)

研究チーム長：牛島 洋史

(つくば中央第5)

概要：

薄膜トランジスタやセンサなどを印刷によって作製するために必要になるプロセス、材料、評価の各要素技術開発を行っている。特にマイクロコンタクトプリント法による超高精細印刷技術については製版から印刷装置の試作を進め、デバイス作製のための新規印刷法の開発や、走査型プローブ顕微鏡の技術を応用した極微細パターニング技術と表面の評価技術に関する基盤的な研究、トランジスタやセンサの機能を向上させるための表面処理技術などについて研究を進め、プリントドエレクトロニクスの実現を目指している。

研究テーマ：テーマ題目 2

機能発現プロセスチーム

(Functionalizing Process Team)

研究チーム長：鎌田 俊英

(つくば中央第5)

概要：

フレキシブルエレクトロニクスの実用化には、材料の精密な配置技術と、材料の持つ機能をフルに引き出す技術を、相互作用しながら同時に進めていく必要がある。機能発現プロセスチームでは、従来の1/1000以下の微少液滴吐出が可能なるスーパーインクジェットに代表される、非接触・無版印刷技術と、酸素分圧が10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる酸素ポンプ技術を用いて、材料本来の機能を発現させるプロセスを開発している。

具体的には、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いたサブミクロンのマスクレス配線パターン形成や、銅ナノ粒子インクに関して酸素ポンプ技術を用いた還元焼成による低抵抗銅配線作成などの研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 3

印刷エレクトロニクスデバイスチーム

(Printed Electronics Device Team)

研究チーム長：吉田 学

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：情報入出力機器の軽量化・フレキシブル化及びグリーン・イノベーションに貢献するフレキシブル印刷デバイスの創製技術の開発に向け、印刷プロセス要素技術の開発、フレキシブル情報入力デバイスの開発、デバイス・プロセス・材料に基づく評価基盤技術の開発を推進する。これらを通して、高信頼ヒューマンインターフェース情報端末機器の普及

を目指す。

- ・手段：大型プロジェクト、技術研究組合との連携、企業・大学との共同研究等における研究開発を積極的に推進するとともに、社会のニーズや新規研究テーマの発掘に努める。またフレキシブルエレクトロニクス開発に必要な要素技術の高度化・集積化を図るため、分野横断的な連携を推奨する。
- ・方法論：国際的に注目を集める当研究チームの開発技術である高品質な銅配線低温焼成形成技術の開発や新規低温焼成技術としてマイクロ波焼成技術に着手する。また強誘電性生体高分子を用いた全印刷大型圧力センサーアレイの開発や情報機器のための新たな入力デバイスの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 4

表示機能デバイスチーム

(Functional Display Device Team)

研究チーム長：星野 聡

(つくば中央第4、第5)

概要：

- ・研究目的：ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を行い、高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。
- ・研究手段：ディスプレイの低消費電力化と高生産性を両立させる製造技術の基盤開発、およびプロセスダメージ評価技術の研究開発、機器・端末のユーザビリティを向上させる要素技術となるフレキシブル、プリンタブル電子デバイス技術基盤として、印刷プロセスでも高特性を示す有機半導体材料・半導体微粒子の材料・インキ化技術の開発、多様な形状の物体等への適応性、耐衝撃性を向上させるフレキシブル部素材・プロセス技術の開発を行う。
- ・方法論：
 - 1) 低損傷プロセスと低損失・高効率部材活用によるディスプレイ他、情報通信端末の低消費電力化とフレキシブル化を同時に達成する技術、2) 情報端末のユーザビリティ向上のため、高エネルギー変換効率を示すフィルム状のフレキシブル熱電変換素子の実現に向けた部素材、デバイス設計技術の研究開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] フレキシブル有機半導体に関する研究

[研究代表者] 堀内 佐智雄 (フレキシブル有機半導体チーム)

[研究担当者] 堀内 佐智雄、長谷川 達生、

山田 寿一、近松 真之、峯廻 洋美、
堤 潤也（常勤職員6名、他7名）

【研究内容】

フレキシブルエレクトロニクスによるグリーン・イノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術開発を行う。プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。平成25年度には、次の成果を得た。

革新的印刷プロセスとして、5 μm 線幅、200ppi の高精細導電性パターンを常温付近で簡易に印刷できる技術を開発した。絶縁基板に UV 光照射にて反応性表面を作製し、その上に塗布したアルキルアミン銀ナノインクのナノ粒子接触融合を促したことで、銀金属自身とほぼ同程度の抵抗率（ $1.60 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ ）を示す導電性パターンを印刷形成できた。

表面自由エネルギーが不均質な基板表面上の液滴形状をシミュレーションするために、前年度に開発したソフトウェア「Hydro」について、予測信頼性の高さを親水／撥水パターン上でのインクジェット印刷実験から証明した。また、電極配線パターンの設計や基板表面の汚染状況の可視化など、同シミュレーションの応用手法も考案した。

印刷プロセス適合化を目指す材料開発のうち、トランジスタ・光電変換素子用の有機半導体材料の開発では、非対称型 BTBT 分子について置換基効果を系統的に評価することで、優れた印刷プロセス適合性と耐熱性を兼ね備えた材料を見出した。またそのその構造的要因を、放射光回折実験による単結晶構造解析から明らかにした。アルキル側鎖を付加した分子 C8-BTBT を構成成分とする分子化合物半導体を開発し、優れた製膜性と良好な n 型特性の両立にも成功した。

低分子強誘電体の耐熱化の取り組みについては、水素結合長の制御により室温をはるかに上回る動作上限温度と PVDF に匹敵する高分極化を同時に達成できる材料設計指針を得た。イミダゾール化合物では、結晶性薄膜の作製を行い、5V 以下で分極反転にも成功している。

微視的材料評価技術の開発では、電荷変調分光法について、ポリマー型有機半導体内の分子構造秩序度と対応したスペクトル形状を与えること、キャリア輸送性能を制限する低秩序ドメインの検出・評価に有効であることを明らかにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】有機半導体、有機デバイス、プリンテッドエレクトロニクス、材料評価技術

【テーマ題目2】先進機能表面プロセスに関する研究

【研究代表者】牛島 洋史

（先進機能表面プロセスチーム）

【研究担当者】牛島 洋史、安部 浩司、山本 典孝

福田 伸子、野村 健一、尾上 美紀

日下 靖之、粕谷 陽子、藤田 真理子

後藤 理恵、忽那 志満子、真中 潤

小倉 晋太郎（常勤職員5名、他8名）

【研究内容】

プリンテッドエレクトロニクスおよびフレキシブルエレクトロニクス実現のため、印刷技術による高精細なパターンニングや、更に微細なパターンニングを可能にする技術、パターンニングを行う際に刷版や被印刷物表面に施す修飾や改質処理技術、表面の形状や物理化学的性質を評価する技術の確立を目指している。高精細パターンニング技術としてのマイクロコンタクトプリント技術や反転印刷、スクリーンオフセット印刷などについて、重ね刷り精度の向上や、膜厚の均一化と平坦化を中心にデバイス作製プロセスの開発を行い、コロイド化学や表面化学的手法と走査型プローブ顕微鏡の技術を統合した表面分析技術による評価法の開発も進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マイクロコンタクトプリント、反転印刷、スクリーンオフセット印刷、走査型プローブ顕微鏡、印刷技術、コロイド化学、表面化学、プリンテッドエレクトロニクス

【テーマ題目3】機能発現プロセスに関する研究

【研究代表者】白川 直樹（機能発現プロセスチーム）

【研究担当者】白川 直樹、宮川 俊彦、中島 典行、

中野 栄司（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

昨年度に引き続き、酸素分圧が10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作ることができる固体電解質型酸素ポンプと、従来比1/1000以下の体積の微量液滴が吐出可能なスーパーインクジェットプリンタを用いて、エポキシ基板上に銅配線をマスクレスで作成するための研究を行った。一桁 μm 台の微細なライン&スペースを持つCPU パッケージ基板を、PC 上の設計図から直ちにオンデマンドで作成できる技術の提供を目標としている。2018年頃に必要とされる微細パターン描画のために、スーパーインクジェット印刷技術を用いる。今年度はインクの改良と印刷パラメータの最適化により3 μm の配線線幅&スペースを達成した。また、配線材料として、マイグレーション耐性の高い銅を銀の代わりに使えるようにする技術が求められているが、銅インクは空气中焼成では導電性が出ないので、還元雰囲気での焼成が必須である。そこに酸素ポンプによる極低酸素雰囲気を適用するのが、本研究のもう一つの大きな特徴である。今年度はそのプロセスを大幅に改良し、250℃以下の低温で、

2. $7\mu\Omega\cdot\text{cm}$ の低抵抗率と50倍以上の粒径の成長を達成し、抵抗率の面でも金属組織の面でもバルク材料と遜色が無くなった。

また、SiC 等の高硬度材の切削に用いられるソーワイヤへのダイヤモンド砥粒配置を、スーパーインクジェットを用いて高度化する課題に引き続き取り組んだ。この改良により、ウェーハの薄肉化要求に応える切削能力の向上、および切削コストの削減を実現するのが目的である。今年度は砥粒配置後の固定技術を改良し、砥粒付着の歩留まりが劇的に改善したことによるワイヤの製造コスト半減と、切削速度の向上を達成した。

一昨年度開始したフィンランド VTT との共同研究では、同研究所が開発した Write Once Read Many (一度書き込み・多数回読み出し) メモリーに関して、昨年度、フューズモードと呼ばれる、新たな動作原理を見出した。今年度はそのモードで1.5V という低電圧での書き込み動作を実証し、モバイル応用への道を拓いた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スーパーインクジェット技術、極低酸素技術、非接触印刷技術、無版印刷技術

【テーマ題目4】有機エレクトロニクスデバイスに関する研究

【研究代表者】吉田 学 (印刷エレクトロニクスデバイスチーム)

【研究担当者】小笹 健仁、徳久 英雄、所 和彦、植村 聖、吉田 学
(常勤職員5名、他20名)

【研究内容】

1) 印刷プロセス要素技術に関する研究開発

印刷プロセスにより形成した配線 (回路)・バリア膜 (保護膜)・半導体膜を実装したフレキシブルデバイスの高度普及を目指し、低温・高速・高生産性印刷製造技術の開発を行う。

平成25年度は、

- ・結晶シリコン太陽電池の低コスト化のために電極材料の銀に代わる代替材料として銅ペーストの開発を行った。150°Cの焼成温度で $1.2\times 10^{-5}\Omega\text{cm}$ の抵抗率を達成した。
- ・150°Cの焼成温度でガラス基板上に $3\times 10^{15}\Omega\text{cm}$ 以上の高抵抗率を示す SiO_2 絶縁膜を作製する技術の開発に成功した。
- ・酸化物半導体の高速、低温プロセスとしてマイクロ波焼成技術を開発した。本プロセスで成膜した酸化物半導体におけるトランジスタ特性を評価した結果、 $10^{-1}\text{cm}^2/\text{Vs}$ 台の移動度を得た。

2) フレキシブル情報入力デバイス創製技術の開発

高感度・高精度・高信頼な大面積・全印刷型情報入力デバイスの創製技術の開発を行う。電子デバイスを構成する半導体材料や電極などの塗布形成技術と組み

合わせることにより、高性能なメモリ素子を低コストで大量生産する全印刷製造プロセスの実現を目指す。

平成25年度は、

- ・フレキシブル圧力センサーの大面積化・広ダイナミックレンジ化に取り組み、0.1から10kN の圧力の検出能を有するフレキシブル圧力センサーを開発した。
- ・メモリ保持特性が30日以上を示すフレキシブル印刷メモリを開発に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】プリンテッドエレクトロニクス、印刷金属配線、銅ペースト、太陽電池、印刷メモリ、圧力センサー、RFID タグ、有機エレクトロニクス、評価解析技術

【テーマ題目5】表示機能デバイスに関する研究

【研究代表者】星野 聡 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】星野 聡、末森 浩司、渡邊 雄一、奈幡 明子、富山 加代
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とし、ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を推進した。平成25年度は次世代の高ユーザビリティディスプレイとして期待が高まるフレキシブルディスプレイに関して、低消費電力化とフレキシブル動作信頼性を向上させる技術開発として、プラスチックのフィルム基板上に透明酸化物導電体等のディスプレイ機能部素材の薄膜をドライプロセスで形成する際に発生する応力差による基板の反りを高精度に定量的に解析する手法、および極低応力損傷薄膜形成技術の開発を推進した。またディスプレイの低消費電力化技術として期待される酸化物半導体の薄膜トランジスタ (TFT) に関して、ディスプレイバックプレーンとしてフレキシブルディスプレイへの適応を視野に、プラスチックフィルム基板上、ドライプロセス成膜により高い移動度を示す TFT の作製技術の開発を進めた。

ディスプレイをはじめとする情報通信端末や入出力機器のユーザビリティにイノベーションをもたらす要素技術開発に関しては、エネルギーハーベスティング素子として情報通信分野や環境・エネルギー分野でユーザビリティの更なる向上が要求されている熱電変換素子に対して、形状・形態面、導入普及の面でイノベーションをも

たらずこため、素子作製に印刷プロセスが適用可能で大面積化や大量生産が容易に行える、またフレキシブルなフィルム状の素子が作製でき、設置場所の形状に対する追従性や省スペース性を大きく改善できる、さらに原材料や部材にレアアースを必要としないことで、希少資源による普及の制約を受けないなど、優れた特徴を有する、カーボンナノチューブ分散高分子複合体からなるフレキシブル熱電変換材料、インキ化技術の開発、それを用いたフレキシブルフィルム状熱電変換素子の開発と高性能化を推進した。本年度はカーボンナノチューブの種類、分散濃度の最適化を行い、熱電変換材料効率を向上させた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】フレキシブルディスプレイ、プリントドエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、低消費電力化

⑦【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Research Institute)

存続期間：2001. 4. 1～

研究部門長：比留川 博久

副研究部門長：横井 一仁、大場 光太郎

総括研究主幹：松本 治

研究主幹：河井 良浩

所在地：つくば中央第2、東

人員：71名 (71名)

経費：1,057,381千円 (447,522千円)

概要：

1. ユニットの理念・目的

人間の行動を支援あるいは代行する、知能情報処理・ロボティクスに関わる技術を知能システム技術と位置づけ、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行い、成果を社会に普及させる努力を通じ、持続的発展可能な社会実現・産業競争力強化に貢献すること。

2. ユニットの研究の方向性

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、アウトカムの社会的有用性の精査を前提として、中長期的基礎研究を推進する。

ロボットの安全性評価技術をユニットの基幹技術として大型外部資金で実施する。福島第一原発廃止を支援する技術、東日本大震災被災地支援に資する技術の開発を行う。この他、先端的技術開発として、製造業の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術、QOL向上のための生活支援ロボット基盤技術、サービス産業のためのロボット自律移動技術、新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技

術の研究開発に取り組む。

内部資金：

融合・連携推進予算 (戦略予算)

「エネルギー・生活支援情報の解析技術 (絆プロジェクト)」

重点研究加速予算 (戦略予算)

「災害対応ロボットシステム開発」

イノベーション推進本部裁量予算

「RT ミドルウェアの動的なコンポーネント配置・設定 (DDC4RTC) の標準化」

外部資金：

経済産業省

ロボット介護機器開発・導入促進事業

「ロボット介護機器開発・導入促進事業 (基準策定・評価事業)」

経済産業省

戦略的基盤技術高度化支援事業 (サポイン)

「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発」

「チタンアルミ合金切削加工技術の確立による境対応型先進 UAV 用ターボジェットジェネレーターの開発」

総務省

戦略的情報通信研究開発推進事業

「掃除・片付け・拾い上げを行う自律型支援ロボットのための認識特微量ライブラリと識別器の研究開発」

消防庁

消防防災科学技術研究推進制度

「平成25年度消防防災科学技術研究推進制度 (消防防災用無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発)」

新エネルギー・産業技術総合開発機構

生活支援ロボット実用化プロジェクト

「生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

新エネルギー・産業技術総合開発機構

IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト (都市交通分野)

「パーソナルモビリティのスマートシェアリングシステムに関する研究開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

研究成果展開事業【戦略的イノベーション創出推進プログラム】

「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)】(フィージビリティスタディ)【シーズ顕在化】

「大規模観測対象のためのワンショット形状計測法の研究開発」

「誤嚥性肺炎予防のための誤嚥リスク自動評価装置の研究開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)】探索タイプ

「高次局所自己相関を用いた掘削音からの地質・地層変化検知」

独立行政法人 科学技術振興機構

COI プログラム

「感性に基づく個別化循環型社会の創造」

一般財団法人 日本自動車研究所

グリーン自動車技術調査研究事業

「隊列走行 HMI 技術に関する受容性調査」

一般財団法人 日本自動車研究所

財団等共同研究費

「キャビテーション清掃車への運転操作支援システム導入に関する研究」

独立行政法人 日本学術振興会

【機関補助金】若手研究者戦略的海外派遣事業費補助金

「人の能力を超える緊急事態対応ロボットに関する国際共同研究」

独立行政法人 日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究 (A)

「身体運動・感覚経験の蓄積に基づく動作理解機能の構成論」

「知能化センサネットワークによる障害・高齢者の健康リスク管理技術の開発」

「プログラム可能な紐結びシステムに関する研究」

「医療・介護・福祉の融合ー現場発ヘルスサービスリサーチによる地域包括ケアの実現」

「視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究」

「柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向連動に関する研究」

「確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究」

独立行政法人 日本学術振興会

基盤研究 (B)

「人側/装置側の両者の力触覚機能向上による新しい医用力覚呈示システム」

「対象物の柔軟性を考慮した組立作業計画」

「スマートモビリティと環境固定センサ群の相互支援による走行時リスク検出法の開発」

「モノアイの研究」

「Beyond multi-contact planning」

独立行政法人 日本学術振興会

基盤研究 (C)

「直観的理解の容易さと合理的根拠を兼ね備えた医療の質評価内容の表現法および計算法」

「把握技能における指の協調関係と機能の解明」

「他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究」

「ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究」

「作業プログラムの機能的構造を用いた自動チューニングに関する研究」

「グラフオートマトン上の自己組織的な振動生成と構造遷移」

「ベッド上空間スイッチによるロボットの作業指示」

独立行政法人 日本学術振興会

新学術領域研究

「超高速微細操作技術を用いた3次元細胞システム構築」

「胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明」

独立行政法人 日本学術振興会

新学術領域研究 (研究領域提案型) 計画研究

「人とかかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動」

独立行政法人 日本学術振興会

挑戦的萌芽研究

「コンピューターウィルスの進化を分析する手法の研究」

「遠隔操作型ロボットの人間らしさの調節による発達障害児への対話支援法の探索」

独立行政法人 日本学術振興会

若手研究 (B)

「ユーザビリティと高性能を両立するクラウド型リアルタイム画像解析処理ミドルウェア」

「テンソル表現に基づくパターン識別法に関する研究」

「マイクロブログにおける情報伝播と群集誘導」

独立行政法人 日本学術振興会

特別研究員奨励費

「ヒューマノイドによる支援機器評価のための人間動作模倣と再現」

「車椅子型ロボットにおけるジェスチャーによる HMI の開発と評価」

「ヒューマノイドの複雑動作生成のための効率的な数値解法の研究」

「ヒューマノイドによる動作模倣に基づく人間動作解析と理解」

独立行政法人 日本学術振興会

研究活動スタート支援

「動作中の身体と装着物のインタラクションを再現するデジタルヒューマンモデル」

独立行政法人宇宙航空研究開発機構

財団等共同研究費

「宇宙精細作業ロボットにおける高精度視覚マーカを用いた視覚認識システムの研究」

「ワイヤ投擲型プローブシステムの研究」

公益財団法人スズキ財団

財団等助成金

「マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカによる測位技術の研究」

発表：誌上発表138件、口頭発表289件、その他33件

統合知能研究グループ

(RT-Synthesis Research Group)

研究グループ長：谷川 民生

(つくば中央第2)

概要：

ロボットシステムに必要な知識を統合し、高信頼かつ可変性の高いシステムを構成するために、RT (ロボットテクノロジー) ミドルウェアを技術コアとしたシステム化技術の開発を行っている。単体のロボットシステムに限らず、RT 要素がネットワークを介して空間に分散配置することで、空間そのものをロボット化し、サービスに応じて、様々な RT 要素をカスタマイズ可能とすることで、ニーズに応じた柔軟なシステム構築を目指すとともに、空間という範囲を住宅から街全体まで対象とし、スマートコミュニティ技術に基づく社会システムデザインの体系化を進めるべく、実現場における課題解決型のアクションリサーチを並行して進めながら RT システムの実用化を目指している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

5

タスクビジョン研究グループ

(Vision and Manipulation Research Group)

研究グループ長：原田 研介

(つくば中央第2)

概要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心に、ロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えうるロボット技術の確立を目指した研究開発を行っている。具体的には、人間の作業・活動を支援または代行するシステムとして、産業用ロボットや生活支援ロボットでの応用を目的に、環境や対象物の3次元計測・認識技術、把持計画・動作計画技術、触覚センサ技術、センシング・制御戦略を実装した作業・動作プリミティブに基づく知的マニピュレーション技術等の研究開発とともに、センシング技術と作業技術の密な融合による高精度な作業知能技術の確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7

ヒューマノイド研究グループ

(Humanoid Research Group)

研究グループ長：横井 一仁

(つくば中央第2)

概要：

少子高齢化社会においても豊かな暮らしを実現するには、労働力不足の解消が必要である。我々人間のためにデザインされている社会環境において、様々な仕事を人とともに行うには、その形体も人間に近いヒューマノイドロボットが最も適している。

ヒューマノイド研究グループでは、ヒューマノイドロボットを用いた新たなサービスの創出を目指し、企業と共同でヒューマノイドロボットを開発するとともに、その移動機能、作業機能、動作教示・指示手法を確立すべく研究開発を行っている。さらに、ヒューマノイド研究開発用プラットフォームの提供や、ヒューマノイドロボットを用いた、コンテンツ支援サービス、アシスト機器評価サービスを試行するとともに、過酷環境下で人の作業を代行できる災害対応ヒューマノイドの実現に挑戦している。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目7

ディペンダブルシステム研究グループ

(Dependable Systems Research Group)

研究グループ長：中坊 嘉宏

(つくば中央第2)

概要：

ディペンダブルシステム研究グループでは、次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全 (ディペンダブル) に構成するための技術の体系化と RT ミドルウェアを技術コアとした基盤アーキテクチャの

構築を図っている。応用システムとしては、福祉システム、車椅子、双腕ロボット、ディペンダブル・モビリティなどを想定し、高信頼、機能安全、リスクアセスメント、開発支援ツール、ヒューマンファクターズ、Physical Human-Robot Interaction (pHRI)、人間中心設計、安全認証試験・国際規格などの技術課題についての研究、開発、普及などを行っている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

サービスロボティクス研究グループ (Service Robotics Research Group)

研究グループ長：松本 吉央

(つくば中央第2)

概要：

サービスロボティクス研究グループでは、家庭、病院、高齢者施設、オフィス等、人と共存する実環境において、人の活動を支援するロボットの研究開発を行い、少子高齢化社会の課題解決に資する次世代ロボットの実現を目指している。役に立つ支援のための要素技術を開発し、高信頼なシステム構築を行うだけでなく、企業との連携や実証実験を通して、実用化による社会への成果還元を目指している。

具体的な研究内容としては、サービスロボットロボットのうちの生活支援ロボット（アームロボット、移動ロボット、コミュニケーションロボット等）のためのセンシング技術、インタフェース技術、制御技術等の要素技術の開発に加え、介護支援ロボットも含めた支援ロボットの設計・評価技術に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

スマートモビリティ研究グループ (Smart Mobility Research Group)

研究グループ長：松本 治

(つくば中央第2)

概要：

中心市街地での移動を自動車に過度に依存せず、パーソナルモビリティを有効活用することで、CO₂削減や省エネ等を実現しようとする機運が高まっている。スマートモビリティ研究グループでは、これまでに蓄積してきた広域3次元環境構築技術やロボット自律移動技術をコア技術とし、さらに技術の高度化や関連技術との統合化を図ることにより、高信頼でかつ安全性の高いパーソナルモビリティの先行研究開発を行っている。さらに、ロボット技術を搭載したパーソナルモビリティ（モビリティロボット）の公道走行実験を可能とする「つくばモビリティロボット実験特区」を有効活用し、開発した技術の検証やシェアリング運用を行い、実運用データを取得・解析・蓄積することにより、シミュレータによる交通手段選択予測や充電インフラの最適配置、安全情報提供など、パーソナルモビ

リティを活用した効率的な都市交通計画を支援するための研究開発も実施している。

研究テーマ：テーマ題目1

フィールドロボティクス研究グループ (Field Robotics Research Group)

研究グループ長：加藤 晋

(つくば中央第2)

概要：

少子高齢化社会において、重労働・危険作業者の減少対策や移動手段の確保のため、人の代わりに作業や移動を支援したり、自律的に行うシステムが期待されている。フィールドロボティクス研究グループでは、特に「災害対応」、「社会インフラの維持・整備」、「資源開発」に資するロボティクス技術の研究・開発を進め、これらの実環境下における移動、運搬、情報収集、探索、点検や各種作業の安全かつ効率化を実現する移動・作業型システムの実現を目指している。具体的には、移動検査ロボット、自律作業ホイールローダー、飛行ロボット、モビリティロボット、ITSやロボットの自動運転や運転・作業支援を対象に、環境認識技術、先進制御技術、ナビゲーション技術、ヒューマンインタフェース技術、通信技術など、屋外環境で使えるシステム技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目1

スマートコミュニケーション研究グループ (Smart Communication Research Group)

研究グループ長：永見 武司

(つくば中央第2)

概要：

情報ネットワークは今や社会や家庭に広く浸透しているが、これをより豊かな生活を実現するための道具とするためには、さらなる利便性の追求とともに人間の生活様態や感性への適合性を高めることが必要である。

本研究グループでは、生活環境や利用者の特性と情報システムとの不整合を解消するため、人と人、人とモノとのつながりが形成されるプロセスを分析し、情報ネットワークとともに様々なセンサデバイスに対応するセンシング技術やパターン認識技術を駆使して対話や作業を支援するシステム、動作や環境の異常を検出するシステム等の研究開発を行っている。

これまでに全方向ステレオカメラシステム（SOS）による安全性・操作性を高度に確保した電動車いす、不明瞭な発話でも機器操作や移動を支援する音声認識システム、異常行動や機器の動作異常を映像や音によって検知する技術等の開発を行ってきた。また、現在は、生活安全・生活支援のための見守り技術、高齢者のための対話型情報支援システム等の研究テーマにつ

いて医療福祉分野等の外部機関と連携して取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

社会知能研究グループ

(Social Intelligence Research Group)

研究グループ長：森 彰

(つくば中央第2)

概 要：

社会で循環・蓄積される情報や知識を計算機処理可能な形に構造化して分析し、問題の同定や解決策の発見につながる技術の研究を行っている。こうした技術は、社会におけるさまざまなサービスをエビデンスに基づいて比較・評価・改善することに用いることができる。サービスとは価値共創であり、それには関係者の間でサービスの目的や関連情報を共有して互いに協力する必要があるが、情報の非対称性の大きなサービスや価値の評価が難しいサービスの場合には、その協力が不十分で、高い価値が生まれないことがしばしばある。一般市民がエビデンスに基づく仮説検証としての科学を日常的に実践できるようにすれば、こうした問題を解決していくことができると思われる。このような観点から、個人主導のデータ共有、大規模データの解析、共創プラットフォームの社会実装、セキュリティやプライバシーの担保などの技術に関する研究を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体

(CNRS-AIST JRL(Joint Robotics Laboratory),

UMI3218/CRT)

連携研究体長：吉田 英一

(つくば中央第2)

概 要：

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体 CNRS-AIST JRL(Joint Robotics Laboratory)、UMI3218/CRT は、フランス国立科学研究センター (CNRS) と産業技術総合研究所により設立された国際共同研究組織で、知能システム研究部門内に設置されている。ロボットの自律性の高めるための研究を、ヒューマノイドロボットを主要なプラットフォームに使用して両国からの研究者の密な協力によって進めている。主な研究テーマは、複雑な環境における全身動作・作業の計画と制御、人間動作の理解・ヒューマノイドによる再現とその動作支援機器評価への応用、視覚や触覚、脳神経信号などの感覚を統合したインターフェースによる人間・ロボット協調システムなどである。日本や EU のプロジェクトなどへの参加により、国内外の研究機関とも積極的に共同研究を行っている。

JRL は、CNRS では Unite Mixte Internationale

(UMI、国際混成研究所) として、産総研では連携研究体 (CRT) という正式な組織として位置づけられている。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目5、テーマ題目7

[テーマ題目1] 移動ロボットによる市街地多次元環境構築・活用に関する研究

[研究代表者] 松本 治 (スマートモビリティ研究グループ)

[研究担当者] 松本 治、橋本 尚久、阪野 貴彦、横塚 将志、富田 康治、堀内 英一、神村 明哉、加藤 晋、谷川 民生、関山 守、小島 一浩、原 功、安藤 慶昭、永見 武司、増田 健 (常勤職員15名、他3名)

[研究内容]

低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つとして、中心市街地での輸送 (人および物) を自動車に過度に依存しないコンパクトシティ構想が地方自治体を中心に提案されており、関連施策としてロボット技術を搭載したパーソナルモビリティの公道走行実験を可能とする「つくばモビリティロボット実験特区」が2011年6月から始まっている。本研究開発では、上記特区を活用して、当該ロボット等の移動を支援する技術である広域多次元環境構築・活用に関して、無線通信によるクラウドを活用したナビゲーションサービス等に関する研究開発を行っている。具体的には、移動ロボット等の移動体に3次元環境情報取得用センサユニットを開発・搭載し、センサユニットからクラウドへの情報送信により、クラウド上で計算機負荷の高い3次元環境情報の合わせ込み等を行い、屋内・外をカバーした高精度広域多次元環境を構築する。それにより、構造情報提供のみならず、関連付加情報を含む多次元環境情報提供等のサービスに寄与すると共に、クラウドから各移動体への多次元環境情報の送信により、ロボットナビゲーション等のサービスに貢献することを目指している。

広域3次元環境構築技術については、全方位カメラにより産総研つくば駅間約2.5km の遊歩道上の画像データ収集を行い、新規に開発したカメラ位置姿勢推定手法や高精細3次元復元手法を適用し、レンジセンサによる3次元情報と画像データとの融合を実施した。GPS によるカメラ位置補正等も行いつつ、クラウドを模擬したサーバ上に広域3次元環境を構築した。クラウドを活用したデータ収集・共有・配信技術については、カメラ等の外界センサによる大量センサデータの DB 化のため、Hadoop と RT コンポーネントを用いたテスト実装作業を実施した。低価格なセンサ基板や RT コンポーネント化された無線通信経路のデータ送信ユニットを開発し、車載センサデータの蓄積・送信に関する機能を確認した。移動支

援応用技術については、産総研つくば駅間を結ぶスマートシェアリングシステム（充電ステーション、予約システム、車載センサなど）を構築し、関係者による模擬運用試験を実施した。GPSによる移動履歴（位置、速度）データやドライブレコーダによる画像データ等を取得・解析した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】パーソナルモビリティ、車いす、自律走行、GPS、障害物回避、操作支援、無線センサ、シェアリング

【テーマ題目2】システムの安全・高信頼化技術と評価手法の開発

【研究代表者】中坊 嘉宏（ディペンダブルシステム研究グループ）

【研究担当者】中坊 嘉宏、原 功、角 保志、藤原 清司、安藤 慶昭、尾暮 拓也、ビッグス ジェフ、花井 亮、松本 吉央、佐川 立昌（常勤職員10名）

【研究内容】

方法論として、産業ロボットの安全技術（機能安全）と高信頼性化については、セル生産現場など対人近接産業現場でのロボットの安全技術とその評価手法を開発した。具体的には人の上半身・腕・手の追跡技術、ワークスペース監視技術、人体へのリスクの詳細化を行った。次に、福祉ロボット機器等の安全技術（機能安全）について、ロボット技術を用いた福祉機器およびそれ以外の器具の安全技術とその評価手法を開発した。具体的には安全性評価手法についての調査を実施した。また試験・認証事業の加速化として NEDO プロジェクトの試験・認証スキームの加速化を行った。具体的には前年度開発した公開可能なロボットプロトタイプを、NEDO 生活支援ロボット実用化プロジェクトの安全性能評価手法で評価を行った。最後に、RT モジュールの安全技術と高信頼化として、ロボット要素の高信頼化技術・評価手法の開発と次世代機能安全ロボット評価を行った。具体的には冗長分散制御システムの試作を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、ソフトウェア、認証可能

【テーマ題目3】ユーザ参加型デザインを支援する環境構築の研究

【研究代表者】森 彰（社会知能研究グループ）

【研究担当者】森 彰、江渡 浩一郎、平野 聡、小島 一浩、原 功、安藤 慶昭、神徳 徹雄（常勤職員7名）

【研究内容】

ユーザ自身が生産者となることによる個人発の創造やイノベーションの可能性が期待されている一方で、断片的な情報が散在し全体把握が困難なため、新規生産者の

参加障壁が発生し、生産活動の効率が向上しないのではないかという懸念も指摘されている。本研究開発は、こうした生産活動への参入障壁を下げ、ユーザ参加型デザインを支援するキュレーション（まとめ上げる技術）環境を整備することを目的としている。

このためには、断片的なデータをオンライン・オフラインで共同編集する技術、および、キュレーションに必要な情報共有基盤技術を確立し、最終的に、ユーザを巻き込む方法論をパターン集（パターンランゲージ）、ノウハウ、ライセンスなど登録可能な形式でまとめあげることが必要である。本年度は、情報共有基盤技術の研究開発に取り組み、携帯端末上で簡便に利用できる情報共有ツールと共有データを格納するためのリポジトリに関する研究開発を行った。

情報共有ツールについては、情報を複数人が共有して編集しても矛盾が生じないようにファイルより細かい単位で分散して編集可能であることが求められる。このため、これまでに開発を行ってきた SLF（Shared List Framework）と呼ばれる情報共有ツールの改善を行った。SLFは、情報をリスト形式で保持しその要素ごとに修正が可能な情報共有フレームワークであるが、ユーザのアドホックなグループ形成機能やリスト単位での共有機能が欠けていた。こうした機能を追加する手段について検討を行い、その前提として、複数ある情報共有サーバー間でデータを分散共有する際のデータ通信を安全に行うための技術開発を行った。また、発信者の正真性あるいは匿名性を確保しつつ潜在的に情報漏洩の可能性のあるサーバー上でも情報漏洩や改ざんがない事も求められるため、デバイス上でエンドトゥエンドの暗号化を行い、通信内容の漏洩を防ぐとともに送信者の同定を困難にする暗号プロトコルの設計も行った。共有データリポジトリについては、100万人を超える利用者を想定し、これまでに開発を行ってきたシステムをクラウド環境に移行させ、キャッシュ保持の仕組みを改善することで、140万人規模の利用者に対しても安定した性能を発揮することを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ユーザ参加型デザイン、ソーシャルメディア、キュレーション、集合知

【テーマ題目4】セキュアな個人情報センシングサービスに関する研究

【研究代表者】永見 武司（スマートコミュニケーション研究グループ）

【研究担当者】永見 武司、佐宗 晃、岩田 健司、小林 匠、李 時旭、児島 宏明、佐土原 健、佐藤 雄隆、森 彰、平野 聡、江渡 浩一郎、Geczy Peter（知能システム研究部門）、花岡 悟一郎、縫田 光司、

Attrapadung Nuttapong、松田 隆宏、
渡邊 創、高木 浩光（セキュアシステム研究部門）（常勤職員18名）

【研究内容】

個人の行動や属性に関する情報を蓄積・流通・活用するユーザーや事業者に対し安心して利活用できる環境を提供するため、個人に関するデータの匿名化および保護、安全性検証を可能とするセンサ技術およびセキュリティ技術の開発を行う。

センサ技術の開発では、介護施設等において人物の識別情報および活動状況を抽出し、用途や利用者権限等に対応した匿名処理を行って出力するスマートセンサを、セキュリティ技術の開発では、見守りやヘルスケアサービスにおいて個人データの流通を促進する管理制御基盤の確立を目指し、システムティックな運用に必要なリスク判定規準の策定、およびデータ保護・安全性評価技術を開発する。これにより、個人データを適切に取り扱うための安全な技術基盤および利用基準を確立する。

本年度は、個人データを安全に取得する機能を実装した小型のスマートセンサを開発した。これには、顔認証による対象者特定、特定者の追跡、特定者の識別情報や特徴を設定や権限に応じて配信する機能を開発し、実装している。これに音響センサを統合するため、音響HLACを用いた学習型異常音検出機能を実装する小型基板およびプログラムを開発した。また、データ利活用モデルを確立するため、スマホアプリでプライバシー情報がどのように取得すると宣言されているかを調査した。さらに、個人データを安全に運用可能な新たな暗号技術として、フォワード安全属性ベース暗号の設計と安全性証明を行った。同技術は、従来の属性ベース暗号と同様に、暗号化の際にある特定の属性情報を指定し、その属性を持つ利用者のみで復号権限を付与できるだけでなく、さらに、過去に遡った安全性も提供可能であり、より高度な安全性を備えている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】個人情報、センシング、セキュリティ

【テーマ題目5】生活支援ロボットのコスト・ベネフィット分析に関する研究

【研究代表者】松本 吉央（サービスロボティクス研究グループ）

【研究担当者】松本 吉央、本間 敬子、脇田 優仁、梶谷 勇、田中 秀幸、阪口 健、尹 祐根、金 奉根、谷川 民生、鍛冶 良作、大山 英明、麻生 英樹、吉田 英一、中岡 慎一郎、吉安 祐介（知能システム研究部門）、小林 吉之、遠藤 維、保原 浩明（デジタルヒューマン工学研究センター）（常勤職員18名）

【研究内容】

高齢化人口の増大や、少子化に伴う労働人口の減少に伴い、高齢者の支援・介護分野における人手不足が顕著になっており、ロボット技術によるQOL向上のための自立活動の支援や、介護・介助サービスの省力化への期待が高まっている。しかし、生活支援ロボットは全く普及できていないのが現状である。その理由は、コストが増える、危ない、役に立たない、という3つに集約される。このうち危ないという点に関しては、NEDO生活支援ロボット実用化プロジェクトにおいて研究が進んでいる。コストに関しては、ロボットの価格が高いという問題もあるが、それに加えて実際の導入にかかるコストが見えにくいという問題も大きい。また、役に立たない点に関しては、ロボット開発者による適用分野の業務理解が不足していること、ロボット単体ではソリューションにはならないこと、また実証実験を通じたエビデンスの蓄積が不足していること、が挙げられる。このような理由から、国内では介護施設における介護リフトの普及率ですら8%程度にとどまっており、生活支援ロボットの普及の手前で止まっているという現状である。

本研究課題では、このような状況において生活支援ロボットの普及促進を実現するため、生活支援ロボットのコスト・ベネフィットを分析することを課題として研究を行った。目標とするのは、介護者の負担を軽くし労働環境を改善する、高齢者の自立生活を長くし要介護度を上げない、介護総コストを維持・抑制する、という高齢化社会における相反する課題の解決である。そのための方法として、本研究課題では、①複数の施設のデータの収集・分析、②生活データの収集・分析、③生活支援ロボットの導入・運用コスト、④ヒューマノイドやデジタルヒューマンモデルを用いた動作再現と定量的分析、⑤ユーザに合う福祉用具・支援ロボットのICFを用いたデータベースの構築に取り組んだ。

①については、介護施設の業務を分析するための「観察記録シート」を作成し、実際の介護施設にて介護者の姿勢を時系列で記録し身体的負担をモデル化する調査を開始した。また、見守りセンサのデータ収集を3ヵ所の施設から行い、マイニングを行うことで、就寝状態の変化から尿意を推定する方法を開発した。②に関しては、日常生活の5つの場面での生活機能を収集し、利き手/非利き手で行う機能の違いを分析した。③については、新しい技術を導入する際の「情報コスト」について、供給側と消費側において構造化を試みるとともに、消費側については3つの特徴的な消費カテゴリにわたる情報探索コストの調査を実施した。④については、名工大で開発された受動機構とばねで構成される「無動力歩行支援器」、および能動的に歩行動作を支援するホンダ・リズムアシストをHRP-4Cに装着し、その力学的効果の検証を試みた。また、人の動作測定データをもとに力学シミュレーションを行う技術として、異なる姿勢の3次元データを自

動的に対応付け、身体形状データベースを効率的に作成する手法を開発した。また、転倒リスクが高い人の動作特徴を明らかにするために、過去1年間に転倒したことがある者とない者の歩行の特徴を評価した。⑤に関しては生活支援ロボットのデータベース (ver2) を開発し、ユーザの状態 (障害の程度) や実現したい機能を国際生活機能分類 (ICF) を活用して入力し、適切な機器を検索する機能を実装した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活支援、コストベネフィット、生活機能

【テーマ題目6】多品種少量生産の自動化へ向けたロボット技術の開発

【研究代表者】河井 良浩

(タスクビジョン研究グループ)

【研究担当者】音田 弘、植芝 俊夫、河井 良浩、北垣 高成、中村 晃、中坊 嘉宏、永田 和之、花井 亮、原田 研介、山野辺 夏樹、吉見 隆、吉田 英一 (常勤職員12名、他2名)

【研究内容】

日本の製造業を単なる「ものづくり」から新しい価値作り「ことづくり」へ転換するために、オンデマンド・ミニマル・マニユファクチャリングに代表されるように、生産システムの形態を多品種少量生産に対応できることが急務である。このオンデマンドな生産形態を実現するためには、製造工程のデジタル化による効率化、ロボット技術を用いた自動化により、製品開発ステージのスピード向上を図ることが必須であり、その研究開発が求められている。本研究ではオンデマンドな多品種少量生産の形態の実現を目指し、製品開発ステージを素早く回すための基盤技術の確立を目標とする。今年度は、製造工程のうち特に組立工程の効率化・自動化技術の開発を実施した。

まず、組立工程を考慮した製品設計手法の開発として、平行グリッパでの組立作業を想定し、部品に平行面とみなせる領域がどの程度あると把持できるかを導出する技術を開発、部品の設計指針を明確化した。

次に、組立工程支援ツールの開発として、人が実施した作業のデータを基に、部品の嵌め合い作業がシミュレーションできるシステムを構築した。また、有限要素法に基づき、与えられた組立動作経路による変形を伴う嵌め合い動作のシミュレーション技術を開発した。さらに、CAD モデルから認識用モデルを構築し、対象部品の位置・姿勢を安定して検出する技術を開発した。また、組立システムの議論・設計に利用可能な、要求と設計が紐づいた形の SysML モデルを開発した。

最後に、全自動セル生産システム構築のための基盤研究として、部品成形から組立まで一貫して行える自動生

産システムの必要性から、3D プリンタにより造形された部品をロボットで把持して組み立てるために必要な、ロボットの動作ライブラリを整備した。このシステムにより、爪を有するプラスチック部品を造形し、造形したパーツの組み立てを双腕ロボットにより実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ティーチング、シミュレーション、弾性変形物体、嵌め合い動作、作業・動作計画

【テーマ題目7】災害対応ヒューマノイドロボット技術に関する研究

【研究代表者】横井 一仁

(ヒューマノイド研究グループ)

【研究担当者】横井 一仁、森澤 光晴、梶田 秀司、金子 健二、喜多 伸之、中岡 慎一郎、麻生 英樹、浅野 太、金広 文男、吉田 英一、Abderrahmane Kheddar、吉見 隆、植芝 俊夫、喜多 泰代、阪口 健 (知能システム研究部門)、加賀美 聡、西脇 光一、トンプソン サイモン、畑尾 直孝 (デジタルヒューマン工学センター) (常勤職員17名、他2名)

【研究内容】

東京電力福島第一原子力発電所廃止措置は、今後20年以上かかる。施設内には配管が林立した狭陰部、垂直梯子など、既存ロボットでは対応できず、人による作業が必須な箇所が数多くある。本研究課題は、作業員の被曝量低減のために、原子炉建屋内の全領域において作業を行えるヒューマノイドロボットシステムを実現するための重要技術である移動技術、作業技術、遠隔操作技術について、中長期的に実現しようとするものである。

移動技術の研究開発としては、屋外不整地歩行のための環境形状計測に誤りがある場合や踏むと移動するあるいは変形する路面でも歩行を継続するための歩行頑健性向上技術を開発し、固定されていない丸棒を踏んで滑った場合でもバランスを維持することに成功した。高速なドア通過の実現を目指し、環境からの反力に応じて適応的に両脚支持期を変化できる歩行パターンジェネレータと安定化制御系を開発した。これにより現実のドア特性を再現したシミュレータ上で、ヒューマノイドロボット HRP-2 による腕を用いた押しドア通過が可能であることを確認した。現状では、安定性確保のため一旦停止が必要であり、押しドア通過に30秒以上要しており、今後の改善が必要である。環境の計測誤差に対応した多点接触動作技術として、点群データに基づいて多点接触動作を計画する手法の開発を行い、平面から構成される環境に適用可能な手法を実装した。多数の接触を伴う全身動作の例として、原子炉建屋に設置されているものと類似

の寸法を持つ垂直梯子を登る動作を計画し、ヒューマノイドロボット HRP-2によりこれが可能であることを確認した。

作業技術の研究開発としては、等式・不等式制約条件下における優先度付き全身逆運動学を用い、環境や操作物体と手先との接触により発生する力を考慮した全身運動制御技術を開発した。胸部に搭載した広視野ステレオカメラで、歩行しながら計測した時系列床面ポイントクラウドを占有確率グリッドに蓄積統合し、それを入力とすることにより足裏着地状態推定の頑健化を行い、動作計画と連携した3次元環境計測技術を開発した。シミュレーションにおいて、階段途中の歩行障害物の除去、階段の移動、バルブ回しといった一連の動作をジョイスティック操作により実現した。また、頭部カメラからは観測できない狭隘部における作業に必要な情報を得ることを目的としてハンドに内蔵したレンジセンサを開発した。本センサを用いて配管系を模擬したモックアップをスキャンし、バルブの3次元形状を獲得できることを確認した。

遠隔操作技術の研究開発としては、移動・作業技術の進展に合わせ Choreonoid をベースとした遠隔操作インターフェースの高度化を図り、作業の指令値生成を行った。また、階段、ドア、バルブ等の環境モックアップの整備を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマノイドロボット、災害対応ロボット、遠隔操作、転倒予測、ドア通過、二足歩行制御、3次元移動、ハンド装着型レンジセンサ、接触動作制御

⑧【情報技術研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2005. 7. 15～)

研究部門長：伊藤 智
副研究部門長：工藤 知宏
総括研究主幹：田中 良夫

所在地：つくば中央第2

人員：34名 (34名)

経費：1,024,366千円 (738,481千円)

概要：

情報技術研究部門では、情報技術 (IT) に関わる基礎分野から応用分野までをカバーし、社会インフラとしての IT を提供する技術と利用者指向で IT を利用する技術の研究開発を行っている。

社会インフラとして IT を提供する技術としては、ネットワーク、サーバ/クラスタといったハードウェアだけでなく、プログラミング環境、データベースやストレージを含むミドルウェア、さらには、高度なア

プリケーションを実行する並列・分散環境から、実問題を対象とするアプリケーションや情報サービスの提供まで、幅広い領域での研究開発を進めている。研究における大きな方向性としては、グループの枠を超えた融合・連携研究を強化する。特に、ユニット内を横断するビッグデータ処理基盤構築に係る研究開発を行う。さらに分野内外の他ユニットや外部機関と連携することで大型プロジェクトとしての取り組みに発展させる。具体的には、ビッグデータのための次世代クラウドコンピューティング/ポストペタコンピューティングに必要とされるディペンダビリティ、スケーラビリティ、および省エネルギーを重要な課題として設定している。特に、マルチコアからメニーコアへのプロセッサコア数の増大や、広域に多数のコンピュータが分散する状況に対応して、機器の台数に比例した処理性能を得るスケーラビリティや、頑健性やセキュリティを保持するディペンダビリティを重視した研究開発を行っている。加えて、低炭素社会を実現するための IT 機器の電力消費低減も大きな課題であり、ネットワークの低消費電力化やデータセンタにおけるサーバ・ストレージの省エネ運用手法なども、重要な研究課題として取り組んでいる。また、社会インフラとしてワンストップで情報サービスを提供するため、サービスプラットフォームに関する研究開発を行っている。広域に分散した研究機関やグループを有機的に結び付ける研究基盤構築の一環として、様々なデータベースの効率的な統合やメタデータの分散処理・管理技術の研究開発している。特に、多様な応用分野でユーザが手軽にデータを扱えることを目指した地球観測情報のサービスプラットフォーム構築に関する研究開発を進めている。クラウド技術を用いて地球観測衛星データなどの大規模アーカイブと高度処理を行い、分散環境下の各種観測データと地理情報データを統合した処理、機械学習による解析やユーザフレンドなインターフェースによるサービス提供を行うプラットフォームを構築中である。また、データ統合の視点から地球観測情報のみならず、公的データを有機的につなげ新たな知見の発見を行うための研究開発にも取り組んでいる。

利用者指向で IT を活用する技術としては、医療、エネルギー、環境、社会インフラ、コンテンツビジネスなどの応用分において、安全・安心な生活と知的活動の飛躍的向上の実現を目的に、実世界における環境情報、計測などによって生成される多種多様なデータから有効な意味的情報を抽出する技術、それらを活用する技術の研究開発を行っている。特に実世界で扱われる音声、音楽、映像、テキストなどのメディア情報については、これらを認識理解する技術の一層の高度化を進めるとともに、他のシステム資源や人的資源とのネットワーク化およびインタラクションの形成を促進することによって認識精度の向上およびデータの高

付加価値化を図る研究を行っている。これによって、様々なメディア情報において最適な検索閲覧機能を実現する技術、コンテンツ自動生成のための技術、位置や状況に応じた情報提示に関する技術などの開発を進め、新しい情報サービスの創出に取り組んでいる。また、持続的社会的のためのエネルギー運用管理技術としてのスマートグリッドを IT で支える技術の研究開発を行っている。これまで培ってきた有線通信技術を中心とした大規模なセンサーネットワーク技術を適用することで、太陽光発電モニタリングなど有用な出口応用を実現することを目標とし、通信基盤技術やその応用技術の研究開発を進めている。さらに、アプリケーションの開発の利便性およびアプリケーションの動作の信頼性を向上させるために、情報数理学を中心とした理論研究、およびオープン・システムで幅広く利用される実証的ミドルウェアの開発と公開を行っている。

内部資金：

「地理空間情報メタデータおよびWEB配信方式の国際標準策定」

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
IT融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト
(データ処理基盤分野)「リアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 風力発電高度実用化研究開発「スマートメンテナンス技術研究開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)「音楽を中心とした類似度可視化情報環境の実現と全体統括」

独立行政法人科学技術振興機構 JST復興促進プログラム マッチング促進(タイプII)「メガソーラーの最適運用システムの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 JST復興促進プログラム マッチング促進(タイプII)「病理画像のがん検出ソフトウェアの開発」

独立行政法人情報通信研究機構 課題名：新世代ネットワークの実現に向けた欧州との連携による共同研究開発
課題イ ネットワークテストベッドを活用した日欧における実証的共同研究「Federated Test-beds for Large-scale Infrastructure eXperiments (FELIX)」

独立行政法人日本原子力研究開発機構 平成25年度東京電

力福島第一原子力発電所事故による環境モニタリング等データベースの構築事業「複数データベースからのデータ取得のためのフレームワークの構築及びデータベースの国際連携」

独立行政法人日本学術振興会 基盤研究 (B)「非線形固有値解法の先端アルゴリズム開発と実アプリケーションへの応用」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (A)「大規模・異種の時空間データ統合で生じる矛盾を許容するサイエンスクラウド基盤」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 (C)「ディザスタリカバリを可能にする高速退避型遠隔ライブマイグレーションの研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (A)「Linked Data 検索のための結合効率化に基づくメタデータクラウドの研究開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「性能可搬性を提供する仮想計算機マイグレーション技術の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「ストリーム処理とデータ分析処理を統合した戦略的データ活用基盤の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「合成開口レーダ画像および海洋観測に基づく海上風シミュレーションの精度向上」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 若手研究 (B)「ポストペタスケール計算機環境に向けた高可用分散協調スケジューリングの研究」

発表：誌上発表103件、口頭発表151件、その他25件

メディアインタラクション研究グループ

(Media Interaction Group)

研究グループ長：後藤 真孝

(つくば中央第2)

概要：

実世界のメディア情報 (音楽、音声、ユーザ活動等) を対象に、人々の利便性を向上させるためのメディア

インタラクション技術の研究開発に取り組んでいる。主に、実世界メディア理解技術（自動理解・マイニング・推定）、インタラクション技術（インタフェース・検索・ブラウジング）の研究開発を行っている。実世界メディアは Web を中心に多様化し増加し続けているが、それを人々が活用する技術は未成熟である。そのため、計算機が人間に代わって理解し、人間の意図や嗜好に合わせた形態に変換することで人々の利便性向上を図る技術が求められている。特に、音楽情報処理及び音楽インタラクションに関する研究、音声言語処理及び音声情報検索に関する研究、Web インタラクション及びユーザ支援に関する研究等に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 5

プロセスウェア研究グループ
(Processware Research Group)

研究グループ長：錦見 美貴子

(つくば中央第2)

概 要：

ソフトウェアの開発プロセスの向上を通じてソフトウェアの品質を高めるための研究開発を行っている。高品質なソフトウェアは、現代社会を支える情報システムの高信頼・高安全・高可用性技術にとって必須のものであるが、これを安定的に供給するためには、エンジニアの職人的能力に期待するのではなく、ソフトウェアを工学的に開発する手法が必要である。そのため本グループでは、1) 小規模組織向け、2) オープンなシステム、という特徴を有するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの開発と、その普及活動を行っている。これは、ソフトウェア開発の95%以上は、開発者数25名以下の小規模組織によって行われている事実に対応するものであり、また、オープン・スタンダードに基づいて、共通の概念・用語・手法等を確立することは、複数のソフトウェア開発を連携可能とするためである。ソフトウェアライフサイクルプロセスの国際規格に基づいて、組織がプロセスを実装していく際の支援・プロセスの定着度の評価などのツールを開発している。

スマートシステム研究グループ
(Smart System Research Group)

研究グループ長：村川 正宏

(つくば中央第2)

概 要：

近年のセンサ、計測技術、通信技術の進歩により、実世界の膨大なセンシングデータが取得できるようになってきた。さらにクラウドコンピューティングを利用することで、その膨大なデータを蓄積し、高度な解析を行い、実世界に対して実時間でフィードバックで

きる環境も整ってきた。本グループでは、このような大きなループを回すための要素技術の研究開発、ならびにループを回すことで新たな価値を創造する応用分野の開拓を行っている。要素技術では、(a)電力線通信などの有線通信技術 (b)データ解析のための画像認識技術、時系列信号解析技術 (c)確率的最適化手法、などを研究している。応用分野では、スマートグリッドおよび医療分野を主な対象としている。

研究テーマ：テーマ題目 1

インフラウェア研究グループ
(Grid Infraware Research Group)

研究グループ長：中田 秀基

(つくば中央第2)

概 要：

動的な情報処理基盤構築のための資源管理・仮想化技術と資源利用技術の研究開発を行う。最近注目を集めているクラウドでは、ユーザは自ら資源を持つ必要がなく、その一方で資源の利用効率を高めることができる。本グループでは、計算機やストレージに加えてネットワークも統合してスケジューリングするとともに、各資源のモニタリング情報をユーザやアプリケーションに知らせる方式を開発している。また、仮想化技術を導入して、ユーザに見えるインフラ（仮想インフラ）が実際のハードウェアなどの構成（物理インフラ）に依存しないようにし、仮想インフラを物理インフラ間で移動させることにより資源を集約する技術の開発も行っている。さらに、クラウドで広く用いられる MapReduce 処理を高速化する技術も開発している。これらの技術により、より広い用途に使用できる動的インフラを構築可能にしていく。また、資源の有効利用やエネルギーコストの低い資源の優先利用による省エネルギー化を図る。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 4

サービスウェア研究グループ
(Grid Service-ware Research Group)

研究グループ長：小島 功

(つくば中央第2)

概 要：

本グループは分散・並列環境における、利用者および応用指向の優れたサービス環境の提供を視野に研究開発を進めている。特に、日々生成される大規模データに注目し、大規模データ処理を分散環境で実現する方式の設計・開発、様々なデータベースを組み合わせ一つの高機能データベースとして提示する機能の設計・開発、また、これらをユーザが利用しやすくなるツール群の設計・開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3

ジオインフォマティクス研究グループ (GEOinformatics Research Group)

研究グループ長：中村 良介

(つくば中央第2)

概要：

地理空間情報は、あらゆる情報を相互にリンクする上での基盤となるため、多種多様な情報の中でも最も重要度が高いもののひとつといえる。本グループでは、とくに(1)地球全体を網羅する膨大な衛星画像を高速かつ高精度で処理するデータマイニング技術(2)屋内・屋外でシームレスに利用できる測位技術の研究を行っている。またこれらの技術を生かした、エネルギー資源開発・環境モニタリング・災害対応といった各種応用分野の研究にも取り組んでいる。

【テーマ題目1】実時間ガイドによる高度医療支援システム

【研究代表者】野里 博和

(スマートシステム研究グループ)

【研究担当者】野里 博和、高橋 栄一、坂無 英徳、岩田 昌也、村川 正宏(常勤職員5名)

【研究内容】

医療用検査機器におけるデジタル化による医療データの爆発的な増加に伴い、データ処理に要する医師の負担増大に起因する医療過誤の危険性が増し、また一方で多くの情報が活用されない状況が生じるなど、患者の不利益を招く恐れが生じている。一方、情報産業においては、膨大なデータを戦略的に活用するビッグデータ処理技術が急速に発展しているが、医療分野での活用には至っていない。そのため、医療現場において診察中に検査画像などから瞬時に必要な情報を抽出し、増加し続ける膨大な医療データと合わせて分析した結果をリアルタイムに提示可能なパターン認識・検索・インタフェース技術の確立が強く求められている。

本研究開発では、大腸内視鏡を題材として、医師の診断を支援する情報をリアルタイムに医療データから検索・提示することにより、医師の操作・診断・治療方針の決定をガイドする高度医療支援システムの新規実現を目標とする。具体的には、(1)動画認識技術、(2)類似症例自動検索技術、(3)支援情報の可視化・提示技術の要素技術を開発すること、プロトタイプシステムを開発してメーカーにアピールし、共同研究もしくは公的研究公募への共同提案の材料とすること、また、超音波診断支援等を初めとする本研究成果の横展開についても検討することが達成目標である。

平成25年度の成果は、以下の通りである。

(1)動画認識技術については、病変部位や炎症粘膜の評価・推定する技術開発を進め、①大腸内視鏡検査においては、検査画像からの炎症度分類アルゴリズムを開発し、これを実装した評価用ソフトウェアを試作した。②

乳腺超音波検査においては、腫瘍性病変部位の検出手法の改良により精度向上を図った。また、より難易度の高い非腫瘍性病変の検出に向けた研究開発に着手した。

(2)類似症例自動検索技術については、抽出した特徴量をベースに類似画像の評価手法の開発を進め、類似症例検索のための類似度を算出する基礎技術を確立した。また、医療機関の協力の下、症例の収集を行い、これまでに FS には十分な量の症例(内視鏡42症例、超音波58症例)を収集した。

(3)支援情報の可視化・提示技術については、FS 結果に基づくデモシステムを構築(オープンラボにて展示)し、内視鏡支援ソフトの GUI の改良結果を評価用ソフトの試作に反映した。また、乳腺組織の3次元認識に向け、検査画像の I/O に関して装置メーカーとの協議を開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】医療画像、画像認識、動画画像認識、リアルタイム処理

【テーマ題目2】ポストペタスケール高性能計算技術の研究

【研究代表者】池上 努(サービスウェア研究グループ)

【研究担当者】池上 努、田中 良夫、中田 秀基、高野 了成、竹房 あつ子、小川 宏高、谷村 勇輔、伊藤 智、越本 浩史(常勤職員8名、その他1名)

【研究内容】

現行のペタスケール計算機の後継として、エクサフロップス規模の高性能計算機(スーパーコンピュータ)の研究開発が世界各国で進められている。エクサフロップス計算機ではシステム規模の増大に伴い、システムの一部で障害が発生する頻度が増大し、システムソフトウェアレベルで障害を隠蔽する従来型のアプローチには限界がある。このため、長時間に亘る大規模計算を遂行するには、アプリケーションレベルで明示的に障害に対応する必要があると考えられている。しかし障害発生時の例外処理に関わるコーディングは複雑かつ膨大な量になると予見され、その全てをアプリケーション側に記述するのは現実的ではない。

本研究開発は、システムソフトウェア・ミドルウェア・アプリケーションの三者が連携して耐障害性を実現する、新たな耐障害性モデルを確立することを目指すものである。障害発生時の例外処理の大半をシステムソフトウェアと連携したミドルウェア層で担うことで、耐障害性を備えかつスケーラブルなアプリケーションを迅速に開発可能な技術を創出する。また、階層的なプログラミングモデルを採用し、これに則った耐障害性モデルを提供することで、数千万演算コア×時間規模の大規模シミュレーションの開発を加速し、科学技術の発展に貢献する。基盤として用いるシステムソフトウェアには、高性能計算で広く用いられている MPI(Message Passing

Interface) 標準規格に障害時の例外処理を追加した ULFM-MPI (User Level Failure Mitigation MPI) を採用し、既存のソフトウェア資産やプログラム経験を有効活用する。

計画2年目となる平成25年度は、初年度に策定した階層的プログラミングインタフェースを ULFM-MPI 上に実装し、耐障害性を備えたワークフロー処理を実現した。このインタフェースはアプリケーションを独立したタスクのワークフローとして記述し、タスクを単位として障害に対応するもので、メインロジックの簡潔な記述を可能にする。故障した計算資源を避けながら個々のタスクを処理するため、ミドルウェア内部に計算資源の死活状態を管理し、実行可能なタスクを適宜割付ける資源管理機構を実装した。さらに障害に伴う計算の中間データの喪失を防ぐため、冗長性を備えた高速データストアを新たに設計・実装し、上記プログラミングインタフェースと統合した。これらの成果物をまとめ、耐障害型プログラミングミドルウェア Falanx のベータ版として公開した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ポストペタスケール、高性能計算、プログラミングモデル、耐障害性

【テーマ題目3】 公的データの LOD (Linked Open Data) 「化」と「利用促進」に関する研究

【研究代表者】 的野 晃整 (サービスウェア研究グループ)

【研究担当者】 的野 晃整、中村 章人、Steven Lynden、岩田 健司、小島 功 (常勤職員5名)

【研究内容】

多様かつ膨大なデータを2次利用できる形での発信・共有化は、データを活用したビジネスやイノベーションの創出に不可欠なものであり、G8でのオープンデータ憲章の採択や日本政府の閣議決定など国家レベルで推進されている。またコミュニティレベルにおいても、様々なコンテストや会議の開催、先進的自治体での積極的な取り組みなど、利用制限のないオープンデータへの期待は世界的潮流となっている。特に、オープンなデータ間でリンクを構築して関係する LOD (Linked Open Data) は、データの高度利用に不可欠なものとして注目されている。本研究では、公的データを LOD 化し、利用を促進するための基盤技術&基盤ソフトを研究開発する。具体的には、産総研保有の研究データを用いて LOD のプロトタイプを構築しながら、フィージビリティスタディを行って様々な課題を明確化する。具体的な研究開発項目は以下の通りである。

(1) LOD「化」: 検索に不可欠なメタデータ (データの属性情報) を抽出し語彙の定義を行う RDF 化を行った後公開 (publish) し、外部の LOD とのインターリ

nkを可能とする。データの相互関係を検索、発見するための横断検索のミドルウェアと、データの一意性を維持できるデータ管理手法を研究開発する。

(2) LOD「利用促進」: 大規模データ分析のために LOD と元のデータをシームレスに扱えるデータ処理フレームワークや、Provenance (出所履歴情報) を蓄積できるワークフローシステムを開発し、外部から操作を可能にする API を提供する。また、データ保有者に向けて LOD 化のガイドラインを策定する。

H25年度は、(1) LOD「化」のプロトタイプとして、産総研の代表的なデータである有機化合物のスペクトルデータベースシステム (SDBS) と地理系 DB であるシームレス地質図の凡例データを LOD 化した。また、LOD の横断検索のためのミドルウェアとして、分散 SPARQL 検索のミドルウェア ADERIS-Hybrid を研究開発した。分散 SPARQL 検索の1つのエンドポイントとして利用可能な LOD データベース Bigdata を導入し、基礎的な性能調査を通じて、LOD は性能面の改善が課題であることを確認した。また、データ管理のために、OpenData.METI、Data.gov.uk 等で利用されているカタログサーバ CKAN を導入し、評価を行い、幾つかのプロトタイプ実装を行った。(2) LOD「利用促進」については、LOD から選択した任意の集合に対して、その繋がりを調査・可視化するシステム ReLOD を開発した。これにより一見無関係と思えるデータ間に繋がりがあるかどうかを容易に調査することが可能となった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 LOD、オープンデータ、データ検索

【テーマ題目4】 ビッグデータの処理基盤構築技術に関する研究

【研究代表者】 小川 宏高 (インフラウェア研究グループ)

【研究担当者】 小川 宏高、田中 良夫、工藤 知宏、竹房 あつ子、谷村 勇輔、広瀬 崇宏 (常勤職員6名)

【研究内容】

さまざまな性質のビッグデータ処理を効率良く行うためには、データのオンライン (リアルタイム) 性、データの配置や構造などに応じたデータ処理ミドルウェア群の整備と、計算機・ストレージ等資源の統合管理機構が必要である。そのため、既存研究で不十分であったオンライン・グラフ構造データ対応ミドルウェアと、異なる性質のビッグデータ処理を同時に効率良く実行でき、処理ミドルウェア間の連携を可能にする統合資源管理機構を開発し、ビッグデータ処理基盤を構築することを目指す。

本研究の具体的な研究開発内容と平成25年度の成果は以下のとおりである。(1) ビッグデータ処理基盤の実現として、バッチからオンラインまで異種ビッグデータ処

理ミドルウェアの共存と連携が可能な統合資源管理を開発し、処理基盤を構築する。平成25年度は、OSS のスケジューラをベースにプロトタイプを構築し、蓄積された大規模データに対するバッチデータ処理ミドルウェア、低レイテンシでランダムアクセス可能な大規模データストreamミドルウェアを共存・連携可能にする技術開発を行い、アプリケーションにより実証を行った。その後、実運用に供するための開発・改良に着手した。(2)ビッグデータ処理ミドルウェアの実装として、グラフデータやオンラインデータを対象としたデータ処理ミドルウェアを実装する。平成25年度は、バッチ型のグラフデータ処理系を(1)の処理基盤上に実装するとともに、リアルタイム大規模データ解析処理基盤の成果を処理基盤環境上に統合するための技術開発を行った。(3)ビッグデータ処理アプリケーションによる実証として、部門内外の各グループと連携し、複数の実用アプリケーションを実装することで下位レイヤの有効性を実証しフィードバックを得る。平成25年度は、大量の衛星画像に対する変化検知、大量動画画像に対するリアルタイム異常値検知のアプリケーションによる実証を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ビッグデータ、資源管理、大規模データ処理基盤

【テーマ題目5】ユーザー貢献活用型ソーシャルコンテンツ技術に関する研究

【研究代表者】後藤 真孝 (メディアインタラクション研究グループ)

【研究担当者】後藤 真孝、緒方 淳、栗原 一貴、濱崎 雅弘、吉井 和佳、中野 倫靖、深山 覚 (常勤職員7名)

【研究内容】

インターネット上にあふれるコンテンツを身近で手軽に活用、創造できる技術は、日本が目指すコンテンツ立国実現に不可欠であり、経済産業省技術戦略マップ2012、第4期科学技術基本計画でもその重要性が指摘されている。一方、従来の静的な理解技術では、膨大で動的に変化しソーシャル化するコンテンツを計算機が処理し、人々の利便性向上を図るには不十分である。そこで、ユーザーからのフィードバック・貢献を活用する新技術の研究によりコンテンツの一層の活用を図ることを目指している。

ユーザーに役立ちながら技術開発を進めるため、本研究では、(1) ソーシャルコンテンツを対象としたユーザー貢献の収集+蓄積+再利用技術、(2) ユーザー利用を促し貢献を利用・増幅可能なソーシャルコンテンツ理解技術及びインタラクション技術、(3) ユーザーが利用して我々の研究成果を体験できる Web 上のサービス創出のそれぞれに関して研究開発を実施している。

平成25年度は以下の研究開発を行った。(1)の主たる研

究としては、音楽視聴支援サービス Songrium の開発を行い、Web 上で一般公開する実証実験を開始した。本サービスは、Web 上の動画共有サービスにおいて人々が創作してソーシャルに共有される膨大な数の音楽コンテンツを対象に、ユーザーがそれらの中から関心のある動画を見つける手がかりとして、音楽コンテンツ同士が持つ関係性、例えばオリジナル楽曲と派生作品との間にある派生関係や楽曲の類似関係などの多様な関係性を活用できるよう支援するサービスである。2013年8月にプレス発表を行い、多数のメディアにとりあげられ、社会的に高い関心を得た。ユーザー貢献によって多様な関係性を扱うことを可能にしており、ACM 国際会議でも発表を行った。

(2)の主たる研究としては、ユーザー貢献活用型ソーシャルコンテンツ検索サービスのための基礎技術を考案し、プロトタイプシステム構築に着手した。また、平成24年度に実証実験を開始した音楽理解技術に基づく能動的音楽鑑賞サービス Songle を、上記の音楽視聴支援サービス Songrium 用の大規模コンテンツ解析を担う役割で連携させた。動画共有サイトに新規対応させ、所内の計算資源 AIST Super Cloud を活用しつつコンテンツ数を約6千件から約60万件に増やすことに成功した。

(3)の主たる研究としては、新たな Web 上のサービスとして、動画共有サイト上のコンテンツに対する動画高速鑑賞サービスを考案し、プロトタイプシステムの構築と将来の公開に向けたデザイン制作に取り組んだ。本サービスによって、ユーザーが動画共有サイトを視聴中に可変速な高速鑑賞機能を利用できるようになる。本サービスでは、ユーザー貢献を活用し、ソーシャルに「ベストな見方(高速化度合い)」を共有することを目指している。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ソーシャルコンテンツ、音楽情報処理、歌声情報処理、メディアインタラクション

⑨【ナノエレクトロニクス研究部門】

(Nanoelectronics Research Institute)

(存続期間：2011. 4. 1～)

研究部門長：金丸 正剛

副研究部門長：青柳 昌宏

上席研究員：富永 淳二、Kolobov Alexander

総括研究主幹：安藤 淳、中野 隆志、秋永 広幸

所在地：つくば中央第二事業所、つくば中央第四事業所、つくば西事業所

人員：50名 (50名)

経費：2,870,819千円 (運営費交付金941,241千円)

概要：

1. ミッション

ナノエレクトロニクスにおける我が国の産業競争力強化や新産業の創出を目指し、その競争力の源泉となるコア技術を開発することが当部門の主たるミッションである。これまで蓄積してきたナノスケールデバイスの構造、材料、作製プロセス、設計、システム化、解析評価技術に関する研究成果と研究開発リソースを活かし、産総研第3期のミッションである低炭素化など、社会の抱える課題解決につながるグリーンイノベーション等に資するナノエレクトロニクスを新たに創出することを目指す。

2. 研究の方向性

半導体エレクトロニクスの中核技術であるシリコン CMOS（相補形 MOS 電界効果トランジスタ）技術はデバイス微細化を指導原理として発展を続けており、今後も微細化を進める研究は必要である。しかし、微細化の物理的・技術的な限界が近づいていることから、さらなる技術発展のためにはナノレベルの微細化と同時に、新規な材料・構造・作製プロセスの導入が必要となる。（“More Moore”技術）一方、微細化以外の手法により半導体集積回路の性能向上や機能付加を目指す研究開発の方向性があり、3次元実装による集積度向上や異種材料の混載による集積回路の高機能化・多機能化、更には半導体への多様なニーズへ対応するための設計・製造技術が期待されている。（“More than Moore”技術）さらに、より長期的な発展を目指すには CMOS 微細化に代わる新しい指導原理の探索も必要と考えられ、CMOS とは動作原理が異なる、全く新しいデバイスの研究開発（いわゆる“Beyond CMOS”技術）も活発化している。

ナノエレクトロニクスは概ねこれら3種類の研究領域を総称したものである。当部門では More Moore および More than Moore 技術を主たる研究課題として取り上げて研究開発を進めている。

3. 研究課題

ナノエレクトロニクスは材料、デバイス、プロセス、設計、システム、評価などの要素技術を統合したものであり、幅広い研究領域を有する。これらを総合的に進めるために以下の研究課題を設定している。

(1) シリコンナノデバイスの研究開発

シリコン CMOS 微細化における主要なデバイスである Fin 形トランジスタについて素子特性ばらつき抑制などにより低電圧動作技術を確立し、極低消費電力集積回路基盤技術を確立するとともに、10nm 以下の領域でのデバイス開発に資する技術としてトンネル効果などの動作原理を導入したトランジスタの開発を行う。

(2) 新材料・新構造インテグレーションの研究開発 微細化以外の手法による CMOS 性能向上を

現する等価スケール技術として新材料を利用した高移動度チャネルや高誘電率ゲート絶縁膜技術を開発し、シリコンとのハイブリッド集積回路や低消費電力・高性能アナログ回路の実現を目指す。また、半導体加工技術を利用して半導体トランジスタ以外の新構造デバイスを開発し、新たなエレクトロニクス応用分野を開拓する。

(3) 半導体設計製造技術の研究開発

半導体チップを積層して3次元 LSI を作製する技術は、微細化に頼らずに高集積化・高性能化を実現できる有望な技術である。当部門では、そのための要素技術として高効率チップ冷却技術やチップ積層技術を開発するとともに、3次元 LSI 積層計測評価技術も併せて開発する。また、ナノシリコンデバイスの特長を生かした応用回路として、動的に動作電力を制御した低消費電力 FPGA を開発する。

さらに、今後の半導体製品に求められるユーザーニーズに合わせた変種変量の製造に対応するための半導体生産システムの開発を行う。単一製品を多量に生産するために最適化された現在の半導体生産システムに対して、多種で少量の製品をコスト、エネルギー、資源利用の観点で効率良く生産する革新的システムを構築する。

(4) ナノ計測エレクトロニクスの研究開発

ナノスケールデバイスではそのデバイス特性が原子スケールの構造揺らぎに敏感になり、デバイス中の局所的な物性を原子スケールで計測・制御することが必要不可欠となる。本研究部門では、計測とシミュレーション技術を統合することにより、走査プローブ顕微鏡を用いた不純物分布の計測・評価技術、ラマン散乱分光による局所ひずみの評価解析技術を開発する。

(5) 超伝導集積エレクトロニクスの研究開発

高精度性、低雑音性、高感度性において既存デバイスを凌駕する超伝導デバイスは、電気標準、LSI 故障診断、各種精密分析、高度臨床検査、核物質管理、大気観測等におけるコア技術となる。産総研の超伝導デバイスの集積化技術の強みを生かして、高感度低雑音センサ技術や、産業の発展に不可欠な基盤技術である次世代電圧標準デバイス技術の研究開発を行う。

内部資金：

重点研究加速予算（戦略予算）／革新的次世代 TCAD プラットフォームの開発

外部資金：

日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業／経済産業省産業技術環境局基準認証政策課環境生活標準化室

／共用施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発に関する研究

科学技術振興機構（JST）／戦略的創造研究推進事業（ALCA）／微小ジョセフソン接合の開発と超伝導集積回路の高度化

科学技術振興機構（JST）／戦略的創造研究推進事業（ALCA）／ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

科学技術振興機構（JST）／研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）】ハイリスク挑戦タイプ（復興促進型）／高機能部品内蔵インターポーザの実現に向けた超高密度部品実装技術の開発

日本学術振興会／最先端研究開発支援プログラム／グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

日本学術振興会／最先端研究開発支援プログラム／フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

NEDO 助成金／産業技術研究助成事業／しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

受託／大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所／最先端研究開発支援プログラム 量子情報処理プロジェクト

受託／国立大学法人筑波大学／X線自由電子レーザー重点戦略研究課題／相変化記録膜材料のX線回折プローブによる格子ダイナミクス

受託／一般財団法人九州産業技術センター／戦略的基盤技術高度化支援事業／ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発

受託／公益財団法人長野県テクノ財団／戦略的基盤技術高度化支援事業／微細パンプ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細パンプ接続応用技術の開発

受託／一般社団法人研究産業・産業技術振興協会／平成25年度戦略的技術高度化支援事業／角形チップ用フォトレジスト塗布装置・現像装置の開発

受託／国立大学法人京都大学／平成25年度国家課題対応型研究開発推進事業「原子力基盤基礎戦略研究イニシアティブ」／微小真空陰極アレイを用いた高い放射線耐性を持つ小型軽量撮像素子の開発

受託／独立行政法人 物質・材料研究機構／先端計測分析技術・機器開発プログラム／超伝導検出器を用いた分析電子顕微鏡の開発

受託／財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団／戦略的基盤技術高度化支援事業／超小型電子光学系と異形小型高真空ポンプを内蔵した小型・低価格な測長用電子顕微鏡（CD-SEM）の開発

文部科学省／科研費（研究分担者）／挑戦的萌芽研究／3次元磁場ベクトル測定用 SQUID 素子の創成と低雑音化

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（A）／多段ゲート電界放出電子源を用いたマイクロカラムの開発と電子線顕微鏡への応用

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／シリコンナノ構造を基盤としたドーパント原子デバイスの開発

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（S）／断熱モード単一磁束量子回路の導入によるサブ μW マイクロプロセッサの研究

文部科学省／科研費（研究分担者）／基盤研究（B）／変調ドーブと結晶粒径極微制御による高移動度・低熱伝導率ナノシリコン熱電材料の創成

文部科学省／科研費／基盤研究（A）／III-V族 p チャネル MOSFET のための価電子帯エンジニアリングと界面双極子制御

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／決定論的ドーピング法による量子物性制御

文部科学省／科研費／基盤研究（B）／ジョンソン雑音温度計のための集積型量子電圧雑音源

文部科学省／科研費／基盤研究（C）／次世代高移動度チャネル材料向け全窒化膜ゲートスタック技術の研究

文部科学省／科研費／挑戦的萌芽研究／イオンビームに

よる細胞へのドーピングと細胞機能修復
 文部科学省／科研費／挑戦的萌芽研究／原子層シリサイド半導体を用いたドーピング制御

文部科学省／科研費／若手研究（B）／固体ゲート絶縁体を利用した電界効果による強相関酸化物の電子相制御

発 表：誌上発表193件、口頭発表318件、その他21件

シリコンナノデバイスグループ

(Silicon Nanoscale Devices Group)

研究グループ長：昌原 明植

(つくば中央第2)

概 要：

IT社会はますます拡大の一途をたどっているが、それをハードウェアの面で支えるのは、今後もシリコン集積回路であることは間違いない。安全・安心なIT社会の持続的な発展には、シリコン集積回路の更なる高性能化と低電力化が不可欠である。我々は、ユビキタス情報ネットワークの中核となる高性能かつ低消費電力なシリコンナノデバイスを実現するための基盤技術を開発し、我が国のIT社会と半導体産業に寄与することを目指している。これまで、半導体の高性能化は、微細化によって進められてきた。しかしながら、微細化に伴う諸問題により、更なる高性能化が極めて困難になってきている。我々は、産総研発立体チャンネルデバイス技術を基に、その障壁を打開し得る新規なシリコンナノデバイスの研究開発を進めている。10nm以細のデバイスとしてはFinFETや接合レスFET、そして、それらデバイス技術と新規な材料技術を融合した革新的回路技術、また、通常のCMOSでは成し得ない極めて低消費電力な新原理シリコンナノデバイスの開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目9

新材料・機能インテグレーショングループ

(New Materials and Devices Integration Group)

研究グループ長：宮田 典幸

(つくば中央第2、4)

概 要：

高度情報社会を支える半導体エレクトロニクスは、半導体素子の微細化技術をテクノロジドライバとして発展してきた。微細化が物理的限界に近づきつつある一方で、エレクトロニクスに対する社会からの要請は益々高度かつ多様なものとなっている。このような状況に応じたイノベーションにおいて、ポストシリコン材料と呼ばれる新規半導体材料の導入や新機能デバイスとの融合が有効な手段であると期待されている。当グループでは、グリーン／ライフイノベーションにつながる高性能、低消費電力、および新機能・多機能化

技術を目指しており、主に下記の3テーマを推進している。(1)化合物半導体やゲルマニウムの高移動度チャンネルを用いた高性能トランジスタ技術、およびシリコンウエハ上への異種材料・デバイス集積化技術による高機能ハイブリッドデバイスの研究開発。(2)半導体加工技術により実現される小型フィールドエミッタアレイ(FEA)や新規酸化半導体を利用したイメージング素子の研究開発。(3)強誘電体材料を利用したNANDフラッシュメモリに替わる高性能不揮発メモリの研究開発。以上の研究テーマに加え、絶縁膜/半導体界面の基礎物性・評価などの基盤的要素研究や、半導体技術を活用した新規応用分野の探索にも力を入れている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目16、テーマ題目17

相転移新機能デバイスグループ

(Functional Phase-change Device Group)

研究グループ長：中野 隆志

(つくば中央第4)

概 要：

相変化材料を用いた不揮発メモリである相変化メモリ[PCM]は、高集積度や多値記録といった面で利点があることで開発が進められ、実用化が始まっている。しかし、これまでのPCMは結晶-アモルファスの相変化を記録に使うため、大きなエネルギーを必要とし、比較的消費電力が大きいことが課題となっている。

一方、産総研が主体となって研究開発を進めている超格子型の相変化材料は、原子の配位数の変化のみの相転移であるため、相転移に必要なエネルギーが通常の合金型の1/10以下であり、高速動作可能な特長を持っている。そのため、この超格子型材料によるiPCMと名付けた超省電力不揮発メモリの開発が、現在、勢力的に進められている。

また、この超格子型の相変化材料は、室温でトポロジカル絶縁体の特性を示すことが明らかとなり、ナローバンドギャップの半導体としての特性から、テラヘルツ帯域での応答にも興味深い特性が発見されている。

当グループでは、提案しているiPCMのさらなる省電力化等の開発を進めると共に、このような新しい機能が期待される相転移(結晶-アモルファス相変化、結晶-結晶相変化、トポロジカル相転移、等)を用いた新機能デバイスの研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目17

3D集積システムグループ

(3D Interconnection System Research Group)

研究グループ長：青柳 昌宏

(つくば中央第2)

概 要：

3次元LSI積層実装技術を活用した超並列バス・マ

ルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力 LSI 実装システムの開発に取り組む。平成25年度は、昨年度に引き続き、高度な並列処理を目指した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーとヒートスプレッド放熱構造により高密度デバイス集積を具現化できる3次元 LSI 積層実装をコア技術とした低消費電力 LSI 実装システムの開発を進めた。特に、高密度微細バンプ接続技術、3次元積層 LSI デバイス計測評価技術、受動部品内蔵インターポーザ技術などの研究を進めた。具体的には、微細バンプ接続技術の実現に向けた、高精度フリップチップ接続技術による実用レベルの微細円錐バンプ接続プロセス技術、極微小チップコンデンサを内蔵したプリント回路基板による高機能インターポーザ技術などの開発を進めるとともに、3次元積層 LSI デバイス計測評価技術確立に向けた測定システム構築と微細ピッチ多ピンプロービングシステムなどの要素技術開発を進めた。さらに、要素技術を統合して、実用レベルの応用技術として、パウンダリスキャン法による3次元積層バス検査技術、マイクロ流路による熱拡散技術、3次元 LSI 熱電気統合設計技術などの開発を進めた。100 μ m 間隔で300個の微小チップコンデンサを内蔵したインターポーザにより、超低電源インピーダンス特性の達成を実証した。円錐微細バンプを用いた3次元積層バス検査検証デバイスにより、接続検査機能を確認した。また、フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術として、光源実装技術の基礎研究に取り組み、XYZ3軸とも高精度アライメントが達成できる光デバイス搭載技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目12、テーマ題目15

エレクトロインフォマティクスグループ (Electroinformatics Group)

研究グループ長：小池 帆平

(つくば中央第2)

概要：

エレクトロインフォマティクスグループは、エレクトロニクス技術が提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを垂直統合的に分野融合させ、新たな付加価値を有し新規市場開拓が可能な未知の電子情報技術を創出することによって、新型デバイス研究開発に於ける「死の谷」を乗り越える方法論を確立し、実践することを目指して設立された研究グループである。

新しいタイプのデバイスを実用化へとつなげていくには、デバイス単体の研究だけでは不十分である。新たな回路技術の発案、回路シミュレーションの実現、キラーアプリケーションの提示など、広範な分野にまたがる技術を総合していくことで、はじめて新型デバイス研究開発の「死の谷」を乗り越えることが可能と

なる。そこで当グループでは、産総研で発明された XMOS トランジスタを用いた回路設計を支援するために、XMOS デバイスマodelの開発を進めてきており、その成果は国内外の回路設計者に利用されている。また、FPGA (Field Programmable Gate Array) の電力消費問題を解決して XMOS トランジスタのキラーアプリケーションとなることを目指して、しきい値電圧をプログラム可能な Flex Power FPGA の開発を進め、一連の試作チップと専用の CAD ソフトウェア群の開発を通じて、消費電力削減効果の確認に成功してきた。平成24年度よりは LEAP プロジェクトに参加して、SOTB (Silicon on Thin BOX) トランジスタを用いた Super Flex Power FPGA 試作チップの開発を進め、大幅な性能改善の確認に成功するとともに、LEAP での原子スイッチ素子を応用した FPGA 開発への協力を行っている。

研究テーマ：テーマ題目5

ミニマルシステムグループ (Minimal System Group)

研究グループ長：原 史朗

(つくば中央第2)

概要：

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズのファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方程度大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月にファブシステム研究会（設立時：企業16社2大学、本報告執筆時点：96社9大学3特許事務所5公的機関）を立ち上げ、構想実現のための技術開発をスタートしている。ミニマルファブは、現行300mm ウェハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフインチウェハ(正確には直径12.5mm)を用いることで、装置サイズを幅30cm まで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。

研究会企業と産総研にてミニマルファブの開発を進めている。本グループのミッションは、その開発全体を統括し開発をリードすること、ミニマルファブの共通コア技術であるウェハ搬送系の開発を行うこと、ミニマルファブに関する様々な要素の仕様決定を推進すること、開発装置群を用いたデバイスを試作することなどである。本年度は昨年度開発した前工程装置群を用いて、MOSFET の試作を実現し、その電気的動作を確認した。また、CVD やイオン注入など周辺装置群の開発を進めた。今後、これらミニマル装置群の実用化へ向けた改良と他のミニマルプロセス装置群の開発を進めて行く。

研究テーマ：テーマ題目6

ナノスケール計測・プロセス技術研究グループ
(Nanoscale Characterization and Processing Research Group)

研究グループ長：多田 哲也

(つくば中央第4、第2)

概 要：

近年目覚ましい高性能化を遂げた IT 機器は、CMOS LSI の性能向上に支えられている。CMOS LSI の性能向上は、LSI を構成するトランジスタ寸法の縮小（微細化）による集積度増加により実現され、動作電圧を下げることで低消費電力化も実現される。しかしながら、従来の Si トランジスタでは性能向上に限界があるため、FinFET のような立体構造デバイス、新たな材料を用いたデバイスの開発等が行われている。

これら微細化されたデバイスの特性は、ナノスケールの構造揺らぎに敏感に影響されるようになり、その設計や作製が困難になる。したがって、ナノレベルの空間分解能で、形状や構造、構成材料の組成やポテンシャル分布、デバイス動作に影響を与える熱特性や応力分布を測定・評価する方法を確立することは、極めて重要である。それと共に、さらなる低消費電力化、高性能化を実現するためには、Si 以外の新たなデバイス材料の開発も重要なテーマとなっている。

当研究グループは、これらのことを踏まえ、ナノデバイスにおけるラマン散乱分光法による局所ひずみの評価解析技術、フォノン・熱特性測定評価技術、走査プローブ顕微鏡 (SPM) や高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) を用いたポテンシャル分布の計測・評価技術、テクノロジーCAD (TCAD) の研究開発、ヘリウムイオン顕微鏡を用いたナノスケール加工・観察技術の研究開発を行っている。また、これら計測評価技術と密接に連携して、原子スケールで材料制御を行い、新たなデバイス材料・熱電材料の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目17

超伝導計測デバイスグループ
(Superconducting Sensors and Circuits Group)

研究グループ長：神代 暁

(つくば中央第2)

概 要：

半導体や磁性体では実現が困難な高精度・高分解能・高感度計測を可能とする超伝導計測デバイスを開発し、さらにこれらのデバイスを中核とする計測システムの構築により、「電圧標準」などの産業の発展に不可欠な基盤技術の整備や「放射線や微量有害ガスの検出」など国民の安全・安心に寄与する技術開発をグループの最大目標にしている。2013年度は、昨年度運用開始した超伝導デバイス・集積回路作製施設 CRAVITY の運営を軌道に載せ、安定したチップ生産

を可能とした。完成チップの特性評価設備を、供給量不足と価格高騰に悩む液体ヘリウムをグループメンバがシェアし効率的に使える場所に移設し、高頻度の評価に対応できるようにした。作製・評価したチップを、共同研究等に基づき国内外約10機関に頒布するとともに、製品化を目指す企業への技術研修を開始した。

研究テーマ：テーマ題目8

エマージングデバイスグループ
(Emerging Device Group)

研究グループ長：秋永 広幸

(つくば中央第2)

概 要：

「新しい研究分野あるいは研究概念を創造し、将来のナノエレクトロニクス技術の発展方向を明確な科学的根拠を以て社会に提示すること」、「研究及び開発の成果を社会に実装する駆動力となること」が本グループの長期目標である。機能性酸化物を主たる研究対象とし、それらの物質をナノ構造化、あるいは異種材料の界面を原子レベルで精密に接合することによって、合目的的に設計されたデバイス機能の発現と制御を可能としたナノデバイスの開発成功例を積み上げていくことを本グループの活動指針としている。さらに、目標達成に際し、「新機能・高機能」、「省エネ・省資源」、そして「高生産性・低コスト」の3つの性能指標を相反させないことをガイドラインとしている。

また、産総研が社会と共有するイノベーション創造の場として、当グループでは AIST ナノプロセッシング施設 (Nano Processing Facility: NPF) を運営している。NPF では、産学官、様々な産業分野、様々な研究開発フェーズを担う人材のアイデア実現を機動的に加速し、異分野融合や創発的研究開発を推進する協創場の構築を中長期的な目標としている。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター
(Collaborative Research Team Green
Nanoelectronics Center)

連携研究体長：横山 直樹

(つくば西)

概 要：

低炭素社会を実現し情報社会の継続的な発展を維持するためには、IT 機器の消費電力を桁違いに低減する事が必要である。当連携研究体は、最先端研究開発支援プログラムとして「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」を推進しており、IT 機器を構成する半導体集積回路の消費電力を1/10-1/100に低減するためのコア技術の開発を目指している。具体的には、1)低電圧動作 CMOS 技術の開発、2)ナノカーボン材料の開発と応用、3)バックエンドデバイス (配線層に

埋め込む新材料不揮発性デバイス)の材料開発の3研究課題を実施している。そのために、当連携研究体に産業界と産総研の研究者を結集させるとともに、大学や他の公的研究機関との連携を強化した体制を取っている。

研究テーマ：テーマ題目9

[テーマ題目1] シリコンナノバイスの研究開発

[研究代表者] 昌原 明植

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永勲、松川 貴、大内 真一、坂本 邦博、堀川 剛、塚田 順一

(常勤職員6名、他1名)

[研究内容]

半導体の微細化が進むにつれて最初に動作限界の危機に直面すると考えられている半導体メモリ SRAM (Static Random Access Memory) の技術課題解決を目指している。素子技術として、微細化に伴う短チャネル効果に強い Fin 形状チャネルを有するトランジスタ (FinFET) の特性ばらつき低減技術を開発している。回路技術として、2つの独立ゲートを付与した新構造トランジスタ (4端子 FinFET) を用いた新しい SRAM セル (Flex-Pass-Gate SRAM) を開発している。これまでに、FinFET の特性ばらつきの主要因がゲート金属材料の仕事関数ばらつきであることを発見している。また、非晶質金属ゲートの導入により世界最小レベルまで低減できることを示している。今年度はこれをさらに推し進め、オン電流ばらつき、しきい値電圧以下でのリーク電流ばらつきの低減にも成功した。また、3次元デバイスシミュレーションにより多結晶金属ゲート電極内の仕事関数ばらつきを再現し、金属ゲート電極由来の各種特性ばらつきの発生メカニズムを明らかにした。

また、本研究では、高信頼・低電圧動作可能な20nm世代の FinFET フラッシュメモリの研究開発を行っている。フラッシュメモリの信頼性向上を実現するためには水素貯蔵層絶縁膜材料 (SiAlON) を導入する必要がある。また、低電圧化を実現するためには電界集中が起きるような微細な3次元トンネル領域を持つ FinFET 構造の開発が必要である。今年度は、SiAlON を導入した FinFET フラッシュメモリの作製プロセスを確立し、ゲート長22nm のフラッシュメモリの作製に成功し、正常なメモリ動作を確認した。また、低電圧フラッシュメモリの開発するために、三角断面形状 Fin チャネルを持つ浮遊ゲート型フラッシュメモリの研究開発を行い、ゲート電圧 $V_g=6V$ での書き込み動作を実現した。このような低電圧書き込みは、三角 Fin チャネル先端領域での電界集中による電子注入効率向上によるものである。更に、作製し FinFET フラッシュメモリの信頼性実験を行い、ゲート電圧 $V_g=\pm 11V$ 、書き換え時間

$t=20ms$ で、120万回超の書き換え動作を確認した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] ダブルゲートトランジスタ、FinFET、SRAM、メモリ、集積回路、低電圧動作、システムオンチップ (SoC)、フラッシュメモリー、3次元チャネル、トンネル

[テーマ題目2] 新材料・新構造インテグレーションの研究開発

[研究代表者] 宮田 典幸 (新材料・機能インテグレーショングループ)

[研究担当者] 宮田 典幸、清水 貴思、板谷 太郎、前田 辰郎、長尾 昌善、高橋 光恵、吉田 知也、森 貴洋、酒井 滋樹、大崎 壽、小倉 睦郎、三枝 栄子、Jevasuwan Wipakorn、Zhang Wei、久米 英司、石井 裕之、Hai Van Le、大塚 ひとみ、西 孝、服部 浩之、吉澤 俊一、吉田 智一、村井 博信、後藤 高寛 (常勤職員8名、他16名)

[研究内容]

グリーン/ライフイノベーションなどの新成長戦略において、半導体エレクトロニクスへの要求は益々高まっており、さらなる高性能・高機能・多機能、低消費電力化に向けた取り組みが必要となっている。一方、半導体素子のテクノロジードライバであった微細化技術は物理的限界に近づきつつあり、新たなブースター技術としてポストシリコン材料や新機能デバイスとの融合が期待されている。本課題では、微細化以外のエレクトロニクス技術として、(1)異種材料・デバイス集積化 (インテグレーション) 技術による CMOS 高性能化と高機能ハイブリッドデバイスの研究開発、(2)半導体加工技術で作製された小型フィールドエミッタアレイ (FEA) および新規酸化半導体を利用した撮像素子の研究開発、(3)強誘電体材料を利用した新規不揮発メモリの研究開発を行っている。(1)異種材料・デバイス インテグレーション技術では、高移動度チャネルや高誘電率ゲート絶縁膜を用いた MOSFET 技術、さらに異種材料やデバイスのインテグレーション技術を開発し、集積回路やアナログ回路の低消費電力・高性能化を目標としている。本年度は、エピ成長および転写技術を用いて大口径シリコンウエハ上での GaAs および Ge 形成技術を実証するとともに、III-V・Ge チャネルを用いた CMOS 回路の動作に成功した。さらに、低温 III-V 選択エピ成長により、CMOS 回路と GaAs-PIN フォトダイオードの混載集積化が可能性であることを実証した。(2)新規撮像素子の研究開発では、本年度、産総研が有する小型フィールドエミッタアレイ (FEA) 技術の新規応用展開として耐放射線小型軽量撮像素子の研究開発に着手した。マトリクス駆動 FEA の微細化とビーム集束技術の開発を目的として、スピント

型エミッタの FEA 試作・評価を開始した。(3)強誘電体不揮発メモリの研究開発では、NAND フラッシュメモリに替わる新規不揮発メモリとして、強誘電体トランジスタ (FeFET) の開発を進めている。本年度は、64kb 強誘電体フラッシュメモリアレイの試作・動作実証に成功した。さらに、デバイス構造・プロセスの最適化により試作に成功した100nm ゲート長 FeFET より、データセンタストレージに求められる高書換耐性を実証した。以上の主要3テーマに加え、新材料・機能インテグレーションのための要素技術開発や機構解明・原理追求を行っており、本年度は、ワイドギャップ酸化物半導体 InGaZnO 膜の基礎物性評価やトランジスタ作製プロセスの高度化、絶縁膜/III-V 半導体界面の構造制御、さらに独自技術として開発したイオン照射誘起薄膜変形技術において進展があり、今後のデバイス応用への展開が期待される。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】MOSFET、III-V 族化合物半導体、集積化、撮像素子、フィールドエミッタ、不揮発メモリ、強誘電体

【テーマ題目3】相転移新機能デバイスの研究開発

【研究代表者】中野 隆志

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】中野 隆志、Paul Fons、富永 淳二、

Alexander Kolobov、齊藤 雄太、

王 曉民、牧野 孝太郎、

Mitrofanov Kirill、近藤 礼子

(常勤職員4名、他5名)

【研究内容】

書換型の光ディスクの実用化に利用された相変化材料は、現在、結晶-アモルファスの相転移による抵抗値変化を情報記録に利用した相変化メモリ[PCM] (固体メモリ、不揮発) としての研究開発が進められている。この相変化材料には様々な種類があるが、その相変化が生じる過程や、材料構成自体にも興味深い特性がある。特に、構成材料を原子層で制御した超格子構造を実現することで、原子の配位数の変化による相転移のスイッチングが可能となり、相変化メモリとした場合に低消費電力化や、高速スイッチングが実現できることが分かっている。また、この超格子型の相変化材料は、室温でトポロジカル絶縁体の特性を示すことが明らかとなり、その特性を用いた新機能デバイスの創成が期待されている。

H25年度は、iPCM と名付けた超格子材料を用いた相変化メモリに関し、電流-電圧特性のさらなる改善を図るために超格子デバイスの構造最適化や薄膜化を進めた。その結果、iPCM が0.15V 以下で動作することを実証した。また、これまで用いていた相変化材料・GeTe/Sb₂Te₃ に代わる新規材料の探索を進め、第一原理計算に基づくシミュレーション等を用いて SiTe/Sb₂Te₃ が安定に超格子構造になることを示し、実験によって実際に超格子が

形成できることを示した。新機能デバイスの探索では、超格子相変化膜のトポロジカル特性を生かしてスピン電流を外部からの電場のみで制御することに取組んだ。実際に作製した GeTe/Sb₂Te₃ 超格子構造と強磁性体を接合させた新機能膜において、強磁性体のスピンとトポロジカル絶縁体表面が相互作用することで、室温で段階的にスピンを蓄積させることに成功した。また、超格子型相変化材料が持つナローバンドギャップ特性とその外部制御を利用したテラヘルツ波デバイスの開発に向けた特性評価や、トポロジカル絶縁体特性のデバイス応用 (スピン相互作用の利用) に向けた、光磁気特性やスピン電流の解析を進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】相転移、トポロジカル絶縁体、ナローギャップ半導体、不揮発メモリ、テラヘルツ波、スピントロニクス

【テーマ題目4】三次元 LSI デバイス積層実装技術の研究開発

【研究代表者】青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】青柳 昌宏、鈴木 基史、菊地 克弥、

渡辺 直也、馮 ウェイ、根本 俊介、

井川 登、橋野 健、

メラムド サムソン、ブイ トウン、

本郷 望、馬 菜娜

(常勤職員5名、他7名)

【研究内容】

本研究では、高品質・高機能な3次元 LSI デバイス積層実装プロセスを実用レベルで実現することを目指して様々な要素技術の開発を行っている。

LSI デバイスを積層するため Si 基板内に形成する Si 貫通電極構造について、Si 基板と電気絶縁するために必要な貫通孔側壁絶縁層に有機絶縁材料であるパリレンを用いた貫通電極構造の開発を進めた。

平成25年度は、Si 基板にボッシュ法によるプラズマエッチングで形成した貫通孔に対して、気相成長法によるパリレン絶縁層を形成し、銅めっき法により金属充填した後、高温処理により銅拡散の影響がないことを確認した。

3次元 LSI バンプ接続技術について、量産レベルの実用化に不可欠なバンプ形状検査技術の確立を目指し、高速微細先鋭バンプ形状検査装置を開発する。

平成25年度は、量産対応の高速検査装置を目指して、高精度ステージ搬送機構、青色レーザー照明、高速画像処理アルゴリズムなどの開発を進めた。XY ステージの速度安定性を達成し、検査時間の短縮などの目標性能を達成した。また、先鋭バンプを形成した評価試料を用いて、高速画像処理アルゴリズムを構築した。

ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI デバイス製造

ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を開発する。

平成25年度は、デバイス検査装置の総合評価を実施し、高精度アライメント機能、電気特性測定機能、検査スループットなどの確認に成功した。

3次元 LSI デバイス積層に必要な微細金属バンプ接続工程に適した円錐形状のバンプを製造することのできるバンプ製造装置とバンプ実装応用技術を開発する。

平成25年度は、バンプ製造装置に関して、成膜速度の向上、安定性・再現性の向上などを達成した。一方、バンプ実装応用技術について、バンプの高さばらつき低減、成膜時間の短縮化を達成した。

3次元 LSI 積層体を搭載する実装基板として必要不可欠な部品内蔵基板について、部品間0.1mm 超高密度部品実装する技術、部品内蔵インターポーザの電源ノイズ低減評価技術の開発を行う。

平成25年度は、10～20mm 角の回路基板内に0.1mm 以下の狭間隔で100～500個の0402型微小チップ部品を実装するための製造条件、設計ガイドラインを評価デバイスの設計試作評価により求めた。

【分野名】情報通信エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、検査、プローブ、微細バンプ、ナノ粒子

【テーマ題目5】低消費電力 FPGA チップの研究開発

【研究代表者】小池 帆平

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日置 雅和、小笠原 泰弘、中川 格、関川 敏弘、堤 利幸

(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

近年、エレクトロニクス技術のロングテール市場の拡大に伴って、少量多品種生産に向けた、回路機能をプログラム可能な論理素子である FPGA (Field Programmable Gate Array) の重要性が増している。しかし、FPGA は、従来の半導体と比べて、ゲート規模、動作速度、消費電力などの性能のギャップが大きく、特に静的消費電力は大きな問題であった。革新的デバイス技術でこのギャップを埋めることができれば、FPGA 技術の更なる発展が期待できる。そこで我々は、しきい値電圧を細粒度でプログラム可能として、静的消費電力を大幅に削減することを可能とした Flex Power FPGA を提案し、試作チップや CAD ソフトウェアツールの研究開発を進めてきている。

静的消費電力を極限まで削減できる究極の Flex Power FPGA を実現するためには、しきい値電圧制御性能の高いトランジスタが必要となる。LEAP プロジェクトで開発されている SOTB (Silicon on Thin BOX) トランジスタは、この点で理想的なものである。平成25年度には、SOTB トランジスタを用いた Super Flex Power FPGA チップの試作に初めて成功し、動作の確認と、動

作速度や消費電力の評価を行った。その結果、SOTB トランジスタの高いしきい値電圧制御性能のおかげで、動作速度を落とさずに、静的消費電力を1/40-1/50へと大幅に削減できることが確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FPGA、静的消費電力、しきい値電圧最適化

【テーマ題目6】シリコンファブ装置群の研究開発

【研究代表者】原 史朗

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前川 仁、池田 伸一、

クンプアン ソマワン、石田 夕起、

昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、

青柳 昌宏、渡辺 直也、神代 暁、

山森 弘毅、中野 禅、小木曾 久人、

岡崎 祐一、増井 慶次郎、清水 禎樹、

大平 俊行、鈴木 良一、伊藤 寿浩、

高木 秀樹、銘苅 春隆、鈴木 章夫、

前田 龍太郎、宮下 和雄、松本 光崇、

秋永 広幸、鉄塚 治彦、金高 健二、

鹿田 真一、行村 健、猿渡 新水、

今岡 和典、石川 浩、井上 道弘

(常勤職員30名、他5名)

【研究内容】

集積回路製造工場(半導体ファブ)では、設備投資の巨大化で採算性が悪化し新規参入が困難になり、また、研究開発とファブの生産能力の乖離が顕著となり、死の谷が益々大きくなりつつある。さらに、少量の需要に対して高コスト化が顕著になり、少量生産へほとんど対応できなくなっている課題がある。これに対して、産総研では、ICを1個1個作るのに最適なハーフィンチウエハを用い、かつ巨大なクリーンルームに代わる局所クリーン化技術を導入して、数億円の投資で半導体生産を可能にするミニマルファブを提案している。本研究では、ミニマルファブ方式で実用的な半導体生産ラインを構築できることを実証する。ミニマルプロセス技術の要素となる約10種類のプロセス装置の内、コアとなる CVD 装置、露光装置、エッチング装置、洗浄装置、コータ・ディベロッパ装置開発と、実用搬送装置開発、実用ウエハを完成させることで、ラインとして稼働させ、基本デバイスを試作する。また、イオン注入技術など研究開発要素の高い要素技術については、ミニマル化へ向けて基礎技術開発を行う。平成25年度は、半導体の前工程を中心に、ミニマル装置群の実用化開発を行い、主要プロセス装置について、ミニマル装置化を進めることができた。その結果、ミニマル装置群だけを用いたデバイスプロセスによって、MOS 型トランジスタを試作することに成功した。また、イオン注入プロセスと CVD プロセスについては、通常の大規模装置をミニマル装置群と併用すること

により、典型的で伝統的なプロセスによっても MOS 型トランジスタを試作することに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、CVD、露光、リソグラフィ、イオン注入、プラズマアッシング、マイクロプラズマ、CMP、接合、実装、ウェハ、シリコン、ハーフィンチ

【テーマ題目7】ナノ計測エレクトロニクスの研究開発

【研究代表者】多田 哲也

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】福田 浩一、内田 紀行、内藤 裕一、ウラジミール・ポボロッチ、小川 真一
(常勤職員3名、契約職員2名)

【研究内容】

近年、デバイスの消費電力の低減、高性能化の要求の中、デバイスの微細化や、新材料を用いたデバイスの開発が益々重要な課題となっている。本研究開発は、電子材料やデバイスの特性をナノスケール領域で計測する技術、及びそれら計測技術と連携して、新しいデバイス材料・プロセス技術の研究開発を行うものである。具体的な研究開発項目は、ラマン分光法を用いたデバイスの局所応力解析、走査プローブ顕微鏡、高分解能電子エネルギー損失分光を用いたポテンシャル分布解析、ヘリウムイオン顕微鏡を用いたナノデバイス作製、遷移金属内包 Si クラスタを用いた新デバイス材料開発である。本年度の成果を以下に記述する。

ラマン分光法による微細デバイスの応力解析技術の研究開発においては、前年度までに開発していた応力シミュレーションと電磁場解析を組み合わせる解析するシミュレーションシステムに、収束光光源を導入し、より顕微ラマン分光による計測過程に近い条件でのシミュレーションを可能とし、さらに、超解像機能を実装し、光の回折限界を超える応力分布の解析を可能とした。

ラマン計測システムにおいても、Si に特化した共焦点顕微ラマン測定装置を改造し、Si に加え、Ge においても、200nm という光の回折限界に匹敵する高い空間分解能で、高感度に計測できるシステムを構築することに成功した。

走査トンネル顕微鏡によるポテンシャル分布計測技術研究開発に関しては、STM (走査トンネル顕微鏡) シミュレーションシステムを、HyENEXSS と結合させたシ

ステムにおいて、個別ドーパント原子によるポテンシャルの機能を追加することにより、STM による個別ドーパント測定シミュレーションによる解析が可能となった。また、HREELS を用いた、キャリア深さ分布解析技術においては、Ge にこの技術を適用し、表面数10nm より浅い領域でキャリアの深さ分布評価する技術を開発した。

He イオン顕微鏡を用いたナノデバイス観察・加工技術開発に関しては、極微量の結晶欠陥を導入したグラフェンについて、金属-絶縁体転移することを SCM 技術にて観察し、その物性変化が及ぶ領域サイズや、マクロな物性に及ぼす影響を評価するための技術を開発した。また、ナノデバイス構造における焦点深度の深い観察、高分子機能膜・細胞など荷電ビーム照射 (従来の SEM、TEM 観察手法) に弱いソフトマテリアルの表面構造観察や絶縁膜内部に埋もれた (数10nm 深さ) 構造の可視化評価技術の開発を行った。

新材料研究開発においては、原子スケールで構造を制御することにより、遷移金属内包 Si クラスタ薄膜を用いたコンタクト材料の開発を行った。

今年度は、WF₆ガスと SiH₄ガスの気相反応による WSi_n膜の成膜技術の確立に注力し、WF₆ガス温度の制御が、MSi_n膜の成膜に有効であることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ラマン散乱、局所応力分布解析、走査プローブ顕微鏡、STM、SCM、ポテンシャル分布計測、グラフェン、HREELS、シミュレーション、ヘリウムイオン顕微鏡、遷移金属内包クラスタ、コンタクト材料、Ge

【テーマ題目8】超伝導集積エレクトロニクスの研究開発

【研究代表者】神代 暁

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】神代 暁、佐々木 仁、平山 文紀、山森 弘毅、前澤 正明、山田 隆宏、日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲朗、北川 佳廣 (常勤職員10名)

【研究内容】

半導体や磁性体では実現が困難な高精度・高分解能・高感度計測を可能とする超伝導計測デバイスとその集積化とシステム化を介して、「非破壊・非接触かつ短時間に、材料分析、核物質管理、安全検査を行う技術」や、「産業発展に不可欠な基盤技術である電気標準の整備」に貢献する。

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端光子検出器 (TES) の受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発している。今年度は、共振器電極材

料の変更により、共振 Q 値の5倍化、入力換算雑音電流 I_N [A/ $\sqrt{\text{Hz}}$] の1/7倍化に成功した。得られた $I_N=31\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ は、本方式の読出回路研究の先駆機関である米国標準研究所の報告値より良い。また、主要雑音源と寄与度を解明し、既存技術で可能な対策を施すことにより、将来的に、従来型多重読出回路の報告値に匹敵する $I_N<5\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ に到達可能であることを明らかにした。

標準計測器ラックに組込み可能な大きさで、既存のツエナーダイオード二次電圧標準器より高精度かつ校正頻度を格段に低減できるプログラマブル型ジョセフソン電圧標準システムが、これまでの研究成果の蓄積により製品化段階に達したところで、昨年度二つの問題が生じた。①産総研製のチップを製品化企業に販売する体制。②基準電圧チップで発生した1Vを10Vに昇圧するための半導体電圧増倍回路に一部発生した不安定動作。①に関し、産総研内で開発した標準物質やループアンテナを扱う計量標準総合センターの有償頒布制度も基での頒布を開始した。②に関し、回路を構成するオペアンプに原因があることを突き止め、改良により不安定性の除去に成功した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス、
標準・計測

[キーワード] 超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、
マルチプレクス（周波数多重）、センサ、
放射線計測

[テーマ題目9] グリーン・ナノエレクトロニクスのコ
ア技術開発

[研究代表者] 横山 直樹

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 横山 直樹、金山 敏彦、新谷 俊通、
手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、
臼田 宏治、小池 正浩、上牟田 雄一、
小野 瑞城、鎌田 善己、守山 佳彦、
池田 圭司、Jevasuwan Wipakorn、
三枝 栄子、太田 裕之、田邊 顕人、
右田 真司、森田 行則、水林 亘、
宮田 典幸、森 貴洋、多田 哲也、
前田 辰郎、小倉 睦郎、福田 浩一、
昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、
柳 永勲、大内 真一、畠 賢治、
二葉 ドン、桜井 俊介、小橋 和文、
Li Shisheng、佐藤 信太郎、
原田 直樹、近藤 大雄、佐藤 元伸、
伊藤 正勝、林 賢二郎、山口 淳一、
山田 綾香、中払 周、中野 美尚、
二瓶 瑞久、川端 章夫、富永 淳二、
Paul Fons、Alexander Kolobov、
Jan Hinnerk Richter、小高 貴浩、
添谷 進（常勤職員54名）

[研究内容]

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を1/10-1/100とするためのコア技術を開発するため、下記三つのサブテーマの研究開発を実施し、本研究課題の目標を達成した。

- ① 低電圧動作 CMOS : InGaAs-nMOSFET と Ge-pMOSFET において、0.4 V 未満動作で、45 nm 世代の Si MOSFET と同等の真性遅延時間を持たせるための移動度と SS 値を両立して得ることに成功した。SiGe-OI と InGaAs-OI トランジスタによるインバーター動作を、電源電圧0.2 V まで確認した。Si 系としては世界最高のオン電流と、世界最高のオン電流/オフ電流比を持つ TFET の開発に成功、デバイスシミュレーションにより、さらなる EOT の低減により、0.2 V 未満動作が可能であることを示した。
- ② ナノカーボン材料の開発と応用: 多層グラフェン層に異種分子をドーピングする技術を開発し、8 nm 線幅のグラフェン配線において、微細 Cu 配線よりも低い抵抗率 (3.2 $\square\mu\text{m}$) を得ることに成功した。CNT ピアとグラフェン配線の接続部を選択的に電子線照射することにより、低抵抗3次元配線を実現した。2層グラフェンに対し分子ドーピングによりバンドギャップが形成できることを確認、移動度として2500 cm^2/Vs と良好な値が得られた。CNT を TIM として実装実験を行い、In を TIM 材料とする従来法と比べて、熱抵抗を49.6%低減できることがわかった。
- ③ バックエンドデバイス: SnTe/Sb₂Te₃超格子相変化材料の積層サイクル数を低減することにより、消費電力を1/10000に削減することができた。窒素をドーブした GeTe/Sb₂Te₃超格子において、消費電力が1/100で、セット化温度が従来の合金材料よりも40°C程度高くなることがわかった。GeTe/Sb₂Te₃超格子において、GeTe 層の厚みを最適化することにより、ディラック半金属になり、巨大磁気抵抗が発生することがわかった。SET 状態では、空間反転対称性が失われているため、磁気メモリ効果も発現することがわかった。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] CMOS、ナノカーボン、バックエンドデ
バイス、TFET、CNT（カーボンナノチ
ューブ）、グラフェン、TIM、相変化、
巨大磁気抵抗、磁気メモリ

[テーマ題目10] エマージングデバイスに関する研究
開発

[研究代表者] 秋永 広幸

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 秋永 広幸、秦 信宏、島 久、
浅沼 周太郎（常勤職員4名）

[研究内容]

主に機能性酸化物を用いた極低消費電力デバイスの開

発を行っている。具体的には、抵抗変化型不揮発性メモリと、酸素欠陥分布の電界制御により特性を変えられるダイオード、トランジスタの開発を行っている。特に、前者に関しては、産総研で開発した技術を民間企業に技術移転し、実用化実証を進め、製品化研究を行っている。本年度は、熱アニールプロセスを導入することでメモリ素子内における酸素欠陥の分布を制御し、メモリ動作を安定化することに成功した。さらに、動作不良になった集積化メモリ素子の組成分布を詳細に調べ、抵抗変化型不揮発性メモリ信頼性向上のカギとされてきた、高抵抗状態の安定化に向け、新しいモデルの構築を開始した。

化学分野の民間企業と協業してフィージビリティ研究を行い、まず新しい不揮発性メモリ材料を薄膜化するプロセスを開発した。次にその新しい材料を金属電極でサンドイッチした積層構造にて、抵抗変化型不揮発性メモリ動作を観測するとともに、1ボルト以下での書込み・消去動作の実証に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】不揮発性メモリ、機能的な酸化物、酸素欠陥

【テーマ題目11】先端機器共用施設における成果普及と技術指導

【研究代表者】秋永 広幸

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】秋永 広幸、秦 信宏、三沢 源人、島 久、浅沼 周太郎

(常勤職員5名、他13名)

【研究内容】

産総研ナノプロセッシング施設 (AIST-NPF) を窓口とした、先端機器共用施設からなるプラットフォームを拡充、整備した。研究支援インフラを産総研内外、産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティング技術支援や産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を高度化した。より具体的には、電子システムを整備してユーザーのアクセシビリティを高め、80件を超える産総研外部機関への支援件数を達成した。平成26年2月における公開登録装置数は51台で、産総研内部及び外部の登録ユーザーは、それぞれ250名、1050名を越えた。産総研外部の登録ユーザー内で民間企業登録ユーザー数は550名を越えた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ナノプロセッシング、先端機器共用施設、人材育成

【テーマ題目12】3次元 LSI 積層実装に対応した熱電気協調 LSI デバイス設計技術の研究

【研究代表者】青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】青柳 昌宏、菊地 克弥、渡辺 直也、

佐藤 弘、加藤 史樹、
メラムド サムソン
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究では、現有の LSI 設計環境を3次元 LSI 積層実装に対応させるとともに、熱解析設計ツールと統合して熱電気協調の LSI デバイス設計環境を構築して、新規の高熱伝導放熱層を含むチップレベルで3次元 LSI 積層実装プロセスに対応した放熱性能を重視する設計技術の開発を進める。

平成25年度は、積層対応の熱電気協調 LSI デバイス設計フローの検証を進めるとともに、放熱評価用デバイスの設計・試作を行い、設計環境の有効性を確認した。具体的には、CPU からの発熱がメモリ動作に影響を与えるため放熱設計が課題となっている CPU とメモリの間にインターポーザを挟んだ3次元 LSI 積層実装において、インターポーザ内に MEMS 技術で形成したマイクロ流路による流体冷却方式の実証モデルについて、検討した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、放熱、インターポーザ、マイクロ流路

【テーマ題目13】50nm 以細強誘電体ゲート FET の研究

【研究代表者】高橋 光恵

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】高橋 光恵、酒井 滋樹、Zhang Wei、Le Hai Van (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

強誘電体ゲートトランジスタ (FeFET) をメモリセルとする超低消費電力の NAND フラッシュメモリ (Fe-NAND) 早期実用化のため、ゲート長50nm の微細 FeFET の開発、および企業に速やかに技術移転できる量産化技術の開発が必要である。微細化のための要素技術として、強誘電体材料を従来の $\text{SrBi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (SBT) から SBT の Sr サイトの一部を Ca で置き換えた $\text{Ca}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Bi}_2\text{Ta}_2\text{O}_9$ (CSBT, $x=0.1\sim 0.2$) に変更することでメモリウィンドウが従来よりも広くなることを利用し、Pt/CSBT/HfO₂/Si 積層構造による微細 FeFET を作製した。FeFET のゲート積層構造を加工する際のエッチングダメージを緩和する保護層を挿入する新規プロセスを採用し、かつ作製プロセス全体の最適化もはかることで、メタルゲート長150nm 以下で書換え1E+8回、データ保持1E+5秒以上の良好な電気的特性の実証に成功した。また、量産化技術のための要素技術として、強誘電体の成膜方法を従来の PLD から量産に適した MOCVD に変更し、CSBT の材料組成比と成膜時基板温度の最適化を行った。その結果、高温結晶化アニール後にもかかわらずグレインサイズは50nm 以下と従来よりも小さく表面平坦で今後の微細 FeFET に適し、かつ、FeFET としての電気的特性も良好な成膜条件を見出した。電極の成膜方法も従

来の真空蒸着から量産に適したスパッタに変更し、スパッタ成膜条件を最適化することで、6インチ以上の広範囲で均質な FeFET を作製できる目途が立った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強誘電体、不揮発メモリ

【テーマ題目14】ポスト Si 材料・デバイスの CMOS バックエンド集積化技術

【研究代表者】前田 辰郎

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前田 辰郎、森 貴洋、多田 哲也、板谷 太郎、高木 秀樹、倉島 優一、石井 裕之、久米 英司、服部 浩之(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

最先端 CMOS では、Si の限界を超える高性能・低消費電力化のために、III-V や Ge 等の高移動度ポスト Si 材料のフロントエンドへの導入が、精力的に検討されている。これらの材料・デバイスを Si CMOS のバックエンドで集積化できれば、III-V/Ge チャンネル導入が容易になるのみならず、これらの材料の物性を生かした多機能 SoC の可能性が広がる。本研究テーマでは、以下の三つの開発目標を設定し研究を進めている。

1. ポスト Si 材料・デバイスの転写技術の開発
2. バックエンド環境でのポスト Si 材料・デバイスと Si CMOS の集積技術の開発
3. ポスト Si デバイスに係る要素技術の高度化

まず、III-V の転写技術の開発においては、デバイス構造に適し、かつ簡便な酸化膜同士を貼り合わせ面にした転写手法を確立した。接合強度は、これまでのプラズマ接合と同等の強度を有し、転写された基板の表面は極めて平坦で、かつ微細化に適した $\sim 10\text{nm}$ レベルへの薄膜化や高速化に適したヘテロ構造の作成が可能であることがわかった。4インチのウエハーサイズでの転写技術を使って、III-V OI や GeOI 基板の作成に成功しており、その量産化を図っている。作成された4インチ III-V OI 基板を用いて、バックエンド環境である 400°C 以下のプロセス温度で作成可能なトランジスタの試作プロセスを開発し、高性能動作実証に成功した。以上のことから、開発された転写技術の実用性と Si CMOS との集積化の可能性が示された。酸化膜同士の転写は、Si 基板だけでなく他の様々な基板に適応が可能で、III-V と Ge を積層したハイブリッド基板作成などにも応用されている。

一方、こうしたウエハーサイズでの転写技術の実証により、より生産ラインに即した300mm ウエハーでの基板作成への要望も高まっている。しかしながら、ポストシリコン材料である III-V/Ge 基板のサイズは300mm ではないため、転写サイズは III-V/Ge 基板のサイズに律速されている。そこで、大口径化を図るために、マルチチップ貼り合わせによる大口径化を目指した。転写する基

板の膜厚や平坦性の改善、温度履歴の少ないプロセスにすることで、面積比80%程度まで Ge で占有された300mmSi 基板上 Ge 基板の作成に成功した。ポストシリコン CMOS 化の大きな障害となっている、大口径高品質ポストシリコン基板提供の解決に向けた大きな成果であるといえる。

デバイスの作成の関わる要素技術においては、ショートチャンネル効果を抑制しつつ微細化に適したナノワイヤートランジスタの作成プロセスを開発した。ナノワイヤ一径を10nm オーダーに加工する技術、また、チャンネルの形状の最適化によりオン/オフ比5桁以上、移動度もシリコンの3倍程度まで高めた高性能トランジスタの試作に成功した。また、貼り合わせ技術を使用して、省スペース、高速化が可能な3次元トランジスタの実証も進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、ポストシリコン、薄膜転写、大口径ウエハー

【テーマ題目15】3次元 LSI 積層実装技術に対応した微細先鋭バンプ検査装置の開発

【研究代表者】青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、井川 登(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

次世代3次元 LSI 積層実装技術において、低加重・低温条件での LSI チップ間接続技術が必要不可欠であり、円錐・角錐形状の先鋭微細バンプを用いた接続技術が有望である。本研究では、量産レベルの実用化に不可欠なバンプ形状検査技術の確立を目指し、既に製品化されているスタッドバンプ形状検査技術に基づき高速微細先鋭バンプ形状検査装置をソフトウェア株式会社とともに共同で開発する。

平成25年度は、量産対応の高速検査装置を目指して、高精度ステージ搬送機構、青色レーザー照明、高速画像処理アルゴリズムなどの開発を進めた。XY ステージの速度安定性として、 $\pm 1\%$ 以内、上下左右ガタ $\pm 0.1\mu\text{m}$ 以内を達成し、検査時間として6インチウエハで40分以内を達成した。ただし、青色レーザー照明については、LED の50倍以上を達成したが、照度むらがあるため、次年度、改善が必要となった。また、産総研から先鋭バンプを形成した評価試料の試作・評価(電子顕微鏡による絶対寸法測定を含む)を進め、評価済み試料を提供し、検査時間の大幅短縮できる高速画像処理アルゴリズム構築に貢献した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、微細バンプ、形状検査

【テーマ題目16】Si 立体細線導波路と電子デバイスとの

融合に関する研究

〔研究代表者〕 吉田 知也

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 長尾 昌善、西 孝、武井 亮平、

榊原 陽一、森 雅彦

(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

Si 光導波路は石英 PLC (プレーナ光波回路) に次ぐプラットフォーム技術として注目されている。現在の導波路の課題の1つに、光の入出力が光波回路平面にほぼ限定されている事があげられる。縦方向光伝搬の既存技術としては、平面回折格子型結合器 (グレーティングカップラ) が主流であるが、回折現象を利用する方式であるため、波長依存性や偏波依存性が有り、かつ効率向上のためにはミラー構造の付加や非常に難易度の高い設計とそれを実現するための高度なプロセス技術が必要である。そのため、低損失で波長・偏波依存性が低い縦方向の光伝搬を実現できる新たな技術として、立体曲り導波路を提案した。導波路を垂直方向に曲げる立体化技術を確立すれば、入出力の為の光デバイス実装 (ファイバや PD、LD など) の自由度が上がり、Si CMOS とフォトニクスの融合が進むと期待される。

立体曲り導波路の作製には、産総研独自技術であるイオン注入方式を用いた。曲げ対象となる光導波路をカンチレバー構造にし、イオン注入で生じる応力で曲げ加工するプロセスである。この方法は低温プロセスかつ CMOS 互換性のある曲げ加工技術で平面回折格子型結合器に比べ容易な製造プロセスを構築できる可能性がある。

立体曲り導波路の作製には幅400 nm 高さ200 nm 長さ50 μm の超高アスペクト比カンチレバー構造作製技術が必要であった。曲り部分の光伝搬損失を小さくするためには大きな曲率半径が望まれるためである。しかし、このような高アスペクト比のカンチレバー作製は通常のプロセス技術では困難で、超臨界乾燥法を利用したプロセスを開発した。その結果、シリコン細線導波路を長さ50ミクロンのカンチレバーに加工することを実現した。また、そのカンチレバー構造を曲げるイオン注入条件を最適化し、高さ約30 μm の立体曲り導波路を作製可能となった。

試作した立体曲り導波路の光伝搬評価では、赤外光(波長1550 nm) を使った実験で垂直方向への光入出力も実証し、通常の平面導波路の結合損失と遜色ないレベルの光伝搬出力が得られ、イオン照射ダメージの個別評価からは3dB 程度の過剰損失と見積もれる結果が得られた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 シリコンフォトニクス、3次元光配線

〔テーマ題目17〕 ナノエレクトロニクスブースター材料・プロセス技術の開発

〔研究代表者〕 安藤 淳

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 安藤 淳、中野 隆志、内田 紀行、

多田 哲也、前田 辰郎、内藤 裕一、

宮田 典幸、森 貴洋、Sungjin Park、

岡田 直也 (常勤職員8名、他2名)

〔研究内容〕

CMOS のポスト微細化、ポスト Si テクノロジーブースターとして、2次元機能性原子薄膜等の新規ナノエレクトロニクス材料・プロセス技術の導入が諸外国において検討され始めてきている。当該技術分野における国内産業界の国際競争力の獲得に向けては、当該技術の導入可能性検討に資する基礎的なエビデンスデータを早期に蓄積することが重要となっている。本研究は、具体的な新規ナノエレクトロニクス材料として、低次元金属含胞シリコンクラスター (M@Si_n) 材料、2次元単層遷移金属ダイカルコゲナイド (TX_2) 機能性原子薄膜材料、超格子型相変化膜層状材料を具体的に設定し、低次元性材料が発現する新機能を活用し、メモリやトランジスタにさらなる機能を持たせた“ナノエレ”ブースター技術を開発し、そのノウハウやプラットフォームを産総研内に蓄積するとともに、国内産業界に提示することにより、当該技術分野における国際競争力の獲得に資することを目指す。

本年度は、低次元 M@Si_n 材料においては、新規接合技術としてのナノエレデバイスに対する有効性を検証した。Ge 基板上 n^+ 領域への S/D コンタクト抵抗低減技術として、金属電極と n 型の Ge 基板の間に W@Si_n を挿入することで、コンタクト抵抗の4桁低減に成功し、当該材料・技術の有効性を確認した。また、コンタクト抵抗のさらなる低抵抗化を図り、新規接合技術の性能到達点を見極めることを目的として、低次元 M@Si_n 材料挿入とその後の金属電極形成を一貫して実施可能なプロセス環境を構築した。さらに、 M@Si_n 材料の実用展開に向けて重要なガスソースを用いた M@Si_n 材料の合成手法の検討に着手した。

2次元単層 TX_2 機能性原子薄膜材料においては、不純物濃度制御技術の確立に向けて、高品質真性半導体結晶の成長に着手した。結晶作製環境を整備し、従来法による過剰不純物の導入を排除した条件下において結晶を作成し、従来法と同様な大型結晶が作製可能であることを確認した。また、デバイス化プロセス技術の構築を進め、トップゲート構造デバイスプロセスを構築するとともに、確立されたノウハウ等をつづばにおける共通基盤施設において展開する準備を開始した。

超格子型相変化膜層状材料においては、トポロジカル特性を用いた光電子融合制御技術の確立に向けて、当該材料へのプラズモン(電子の疎密波)導入方法の検討と、トポロジカル特性の制御性評価準備を実施した。スリット構造へのレーザー照射時における導入波長とプラズモン伝搬長のシミュレーションを基に具体的な導入方法を

決定し、プラズモン励起光学系の構築と検証用デバイスの作製を進め、実験系でのプラズモン導入評価により導入方法の有効性を確認した。また、当該材料におけるトポロジカル特性の制御性評価の準備として、プラズモン導入時の電気特性評価用デバイス構造の設計を進めた。

【分野名】情報通信デバイス

【キーワード】ポスト Si テクノロジー、シリコンクラスタ、機能性原子薄膜

⑩【電子光技術研究部門】

(Electronics and Photonics Research Institute)

(存続期間：2011.4～)

研究部門長：原市 聡

副研究部門長：森 雅彦

副研究部門長：粟津 浩一

首席研究員：柏谷 聡

総括研究主幹：土田 英実

研究主幹：外岡 和彦

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、
つくば中央第5、つくば西

人員：59名 (59名)

経費：922,552千円 (538,540千円)

概要：

(1) 当部門のミッション

安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、電子と光の特性を最大限に活かした情報処理・通信技術の高度化に加えて、新たな電子と光の可能性を追求していく。具体的には、光インターコネクションや生体情報センシングなどの電子と光が融合する領域の新技术、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、有機材料など、新しい電子・光技術の応用の拡がりを目指した理論や材料、素子の研究開発を進める。またレーザー基盤研究に基づく新しい光加工プロセスや光・電子による新しい計測技術を実現するシステムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

(2) 世界規模の情報共有による社会システムの急激な変化がもたらした環境・エネルギー問題を初めとして、超高齢化社会の課題、社会基盤インフラ老朽化の問題、大規模災害対策の問題等を解決して、安全安心で持続的な人類の発展に貢献するために、電子と光という従来は個別に発展してきた技術を統合的に捉え、様々な21世紀型課題に対する解決の方向性を探る。電子・光技術の新しい応用の拡がりを目指すとともに電子と光が融合する領域の新技术について研究開発を推進するために、当部門が有するコア技術を軸に、以下の三つの重点研究課題を設定する。

光情報技術

爆発的な増加を続ける情報通信トラフィックとこれに伴う電力消費の増大に対応するため、情報通信機器内外の近距離光伝送技術を中心とした情報通信技術の高度化を通して、グリーンイノベーションに貢献する。特に光、電子技術を融合した次世代光インターコネクションの実現に向けて、光源、光機能素子、光導波路、光集積回路技術に関する研究開発を進める。また、次世代コヒーレント光伝送のための高機能光源と信号処理・計測技術の開発、量子情報通信・計測技術の基盤確立を通して、次世代情報通信の高度化とセキュリティ向上に貢献する。

a-1) 次世代の近距離光通信（光インターコネクション）用の光源・光機能素子、光導波路素子・光増幅器および光電子集積回路等をシリコンフォトニクスおよびポリマーフォトニクス技術を用いて開発する。

a-2) 光位相制御を利用したスペクトル利用効率向上等、大容量化のための新しい光源素子、光信号処理・計測技術を開拓する。

a-3) 量子暗号鍵配布等、光技術による量子情報通信技術開発を推進する。

光応用技術

光計測センシングやイメージングといった計測基盤技術の高度化とともに、ウイルス、菌、血液等の簡易、高感度センシング技術を開発しライフイノベーションに貢献する。レーザー光源技術の研究に基づく次世代高速高品位レーザー加工プロセスの開発を行うとともに、先端的光技術と分野融合による新技术開拓、将来を切り開く革新的技術の創出によってグリーンイノベーションに貢献する。

b-1) 導波モードセンシングを提案し、高感度、温度安定、小型化可能といった特徴を生かした測定を実現し、インフルエンザ亜種の同定、微量重金属の検出などを実用化していく。また光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術をウイルスや菌、原虫の検出へ適用するための研究開発を進めている。

b-2) 水溶液中でも消光のおこらない発光性金属錯体の開発技術、菌類に特異的に吸着、発光する金属錯体の合成を行う。また近赤外分光法による無侵襲血液検査を実現していく。QOL向上のためのセンシングと位置付けて肌の水分量モニタリング技術を開発するとともに、量子イメージング技術を用いて生体医療光計測への展開を図っている。

b-3) 加工プロセス用の高出力かつコンパクトな光源開発を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。特に省エネ型レーザ

ー加工プロセスについては、他ユニットとの連携研究により、引き続き次世代の高速高品位加工プロセス開発を進める。

新原理エレクトロニクス

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探求し、グリーンイノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。

c-1) 各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光／電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

c-2) 情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

c-3) 低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして鉛フリー圧電体、酸化物発光材料など材料開発、酸化物電子材料の新機能開拓、および独自実験技術知財の製品化普及を行う。

c-4) 情報通信技術を活用したグリーンイノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行う。

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）

[NEDO 助成金]

「新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発」

「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト（研究開発成果等の他分野での先導研究）」

「鳥インフルエンザウイルス監視システムの開発」

経産省

[戦略的基盤技術高度化支援事業]

「めっき液中添加剤の劣化に起因するめっき液性能劣化診断用計測器の開発」

文部科学省

[科学研究費補助金]

「ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用」

「光誘導固体電気化学反応技術の確立」

「生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化」

「フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開」

「制御された異方的超高压力下の物理」

「アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高度度スクリーニングチップへの応用」

「クラディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発」

「可視域位相制御ファイバー光源を用いた実時間動的分子構造制御」

「エネルギー回収型リニアック放射光源用電子銃励起レーザーシステムの研究」

「InGaAs 系量子井戸におけるメソスコピック・スピン輸送効果の検証」

「相変化材料のナノ秒領域における高速結晶化温度特性の解明と多値記録への応用」

「固有ジョセフソンフォトニックデバイスの数値的研究：新奇テラヘルツ帯デバイスの提案」

「静電キャリア濃度制御で切り開く新物性探索とモットロニクス」

「超臨界金属における金属絶縁体転移のミュエスアール法による研究」

「強相関酸化物ヘテロ構造の競合性を利用した機能開拓」

「微小ジョセフソン接合集団における量子同期の理論」

「ナノフォトニクス、画像認識技術、金属錯体の融合による菌類同定システム研究」

「多値多層記録と超解像再生を同時に達成する InSb 不定比酸化物薄膜の作製と機構評価」

「異種ファイバレーザーのコヒーレント合成による高繰返し極短パルス光源の開発」

「レーザー誘起ブレイクダウンを用いた密度分布測定」

「強磁性体効果を用いたトンネル接合型冷凍機の実現」

「電流注入型有機半導体マイクロレーザーの開発」

「TDGL 方程式のシミュレーションによる超伝導ストリップライン検出器の高性能化」

「一次相転移系遷移金属酸化物の電界相制御」

「ハイブリッド固体ゲート絶縁膜を用いた新奇なモットトランジスタの開発」

「多様な三層型 Bi 系高温超伝導体を得るための改良型（温度勾配付与）TSFZ 法の研究」

[科学研究費補助金 新学術領域研究]

「時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象」

[科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究]

「フォノン波束の生成・伝播の時間・周波数実時間イメージングと量子制御」

独立行政法人科学技術振興機構（JST）

[受託（戦略的創造研究推進事業（さきがけ））]

「強誘電体と機能性酸化物の融合による不揮発ナノエレクトロニクス」

[受託(国際科学技術共同研究推進事業:戦略的国際共同研究プログラム)]

「鉄系超伝導体の高 Tc 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価」

[受託(研究成果展開事業:研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP))]

「ニオブ系鉛フリー圧電セラミックス材料の電子デバイス実用化への検証」

「高感度使い捨てチップ、および、スマートデバイスを用いた小型バイオセンシングシステムの開発」

「集光加熱法によるアスベストその場溶解無害化装置開発」

[受託(研究成果展開事業:戦略的イノベーション創出推進プログラム)]

「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

[受託(研究成果展開事業:先端計測分析技術・機器開発プログラム)]

「救急および災害現場で用いるポータブル血液検査装置の開発」

[受託(復興促進プログラム:研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP))]

「インライン型極低濃度重金属汚染検出器の開発」
「集光加熱法による局所的なアスベスト壁面高温処理のための位置制御技術開発」

内閣府

[受託(最先端研究開発支援プログラム(FIRST))]

「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」

発表:誌上発表209件、口頭発表361件、その他43件

情報フォトニクスグループ

(Information Photonics Group)

研究グループ長:山本 宗継

(つくば中央第2)

概要:

- ・目的:情報通信ネットワークの大容量化・高度化に資すること目的として、光源開発、光信号処理・計測技術、量子通信技術に関して、サブシステム化まで視野に入れた研究開発を行う。
- ・意義:当該分野での位置づけ:コヒーレント光伝送

による通信ネットワークの大容量化・高機能化、および量子力学的効果の利用による通信のセキュリティ向上に寄与する。

- ・国際的な研究レベル:マルチキャリア光発生などの光信号処理技術や、コヒーレント伝送用光源評価技術に関して、独自性と優位性を有している。光通信波長帯における光子検出、および量子もつれ状態の発生・検出・伝送に関して、世界最高水準の技術を保有している。

研究テーマ:テーマ題目1 (a-2、a-3)

インターコネクtofotニクスグループ

(Interconnect Photonics Group)

研究グループ長:佐々木 史雄

(つくば中央第2)

概要:

- ・目的:次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的としている。新材料として、化合物半導体ナノ材料および有機・ポリマー材料を念頭に置き、半導体量子ナノ構造・ナノ光構造を用いた次世代光デバイス、光電子集積技術、有機・ポリマー材料を用いた微小光源&光増幅器、光導波路回路の研究開発、精密計測技術および応用技術の開発を行う。
- ・意義:当該分野での位置づけ:次世代の光・電子融合デバイス、光電子集積技術を開発し、光情報通信システムに応用することで、通信ネットワーク・機器内インターコネクションの大容量化・省エネルギー化・高機能化、及び産業競争力強化に資する。
- ・国際的な研究レベル:ナノ材料・デバイス技術、有機ポリマー材料・デバイス技術、精密計測技術を用いて、量子ドット光源、光電子融合デバイス、有機半導体レーザ、ポリマー光増幅器の研究を展開し、世界最高レベルの成果を得ている。

研究テーマ:テーマ題目(a-1)

シリコン光電子集積グループ

(Silicon Photo-Electronics Group)

研究グループ長:森 雅彦

(つくば中央第2、つくば西)

概要:

- ・目的:次世代の情報処理、情報通信機器の高機能化、省エネルギー化を目指し、シリコンフォトニクス技術を基盤技術として開発している。特に、光インターコネクションのための光電子融合デバイスおよび光電子集積技術の作成を目指して、シリコンフォトニクス集積基盤プロセス技術の開発、バックエンドプロセスに基づくシリコンフォトニクス、アモルフ

- アスシリコンフォトニクスの研究に取り組んでいる。
- ・意義、当該分野での位置づけ：次世代の光・電子融合デバイス、光電子集積技術を開発し、光情報通信システムに応用することで、通信ネットワーク・機器内インターコネクションの大容量化・省エネルギー化・高機能化、及び産業競争力強化に資する。
 - ・国際的な研究レベル：シリコンフォトニクス微細加工プロセス、集積プロセスは世界最高性能であり、これらを利用した光電子集積システムは世界最高の情報伝送密度を実現している。また、アモルファスシリコンフォトニクス技術、3次元光回路技術は世界の研究をリードしている。

研究テーマ：テーマ題目 (a-1)

超高速フォトニクスグループ (Ultrafast Photonics Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、応用を開拓することで、超高速技術を先導する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：超高速光技術を利用した加工や物質プロセス制御、計測に資する技術である。主な研究内容は、(1)超短パルスレーザーの特性を生かした表面加工や分子制御を利用する技術の開発、(2)省エネ型レーザー加工を目指し、環境化学技術研究部門の研究グループと連携した複合材料等の高品位加工プロセスの研究開発、(3)パルス光を電界波形のレベルで制御することで未踏時間分解の計測や光波合成を実現する、多波長光の精密タイミング制御と光波位相（キャリアエンベロープ位相；CEP）制御の技術。
- ・国際的な研究レベル：超短光パルスの関連技術を持ち、特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相（CEP）制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高出力化が可能な方式で実現した。本年度は、高平均出力の Yb ドープ超短パルスファイバーレーザーとその応用について重点的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 2 (b-3)

光センシンググループ (Optical Sensing Group)

研究グループ長：藤巻 真

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：健康な暮らしを誰もが享受できる社会、安全

安心な住環境、より高い国際競争力を持つ工業・農業生産技術、の実現に資するセンシングシステムの開発を行う。より具体的には、生活安全や先進的農業に向けたウイルスや細菌、環境物質などに対する実用的な光センサシステム、工業用材料の特性管理用センサシステム、生体組織内の機能や形態の低侵襲、無侵襲センシング技術の開発を推進する。

- ・研究手段：近接場光学や高速光走査による微量微小物質検出技術や、分光技術や波面制御技術を駆使したイメージセンシングをコア技術とし、これらの技術を微細加工技術や各種高度計測手法によってサポートすることにより、各種要素技術の研究開発を実施すると共に、プロジェクト化に向けた研究体制の構築を図る。特に、菌、ウイルス、汚染物質などの微量物質検出においては、当グループが開発した、光ディスク型センサ、導波モードセンサ、表面プラズモン共鳴励起蛍光増強を利用したV溝型センサなどをベース技術として用い、検出対象物質に最適化した検出手法の確立を行っていく。人の無侵襲な健康診断技術や、モノの非破壊診断技術、例えば、交通インフラに使われているコンクリートや、各種工業プロセス材料のモニタリング技術には、当グループが得意とし世界的にも高いレベルにあるマルチスペクトルイメージング技術、高感度近赤外分光技術、高温熱物性測定技術、などの個々の技術をより高度化させながら、また、各技術の長所を生かしながら組み合わせることによって、その課題解決に資する技術開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目 2 (b-1、b-2)

分子集積デバイスグループ (Molecular Assembly Group)

研究グループ長：阿澄 玲子

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光／電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。
- ・研究手段、方法論：有機分子の設計、有機合成、分子パッキングの予測、粒子分散技術、各種薄膜作製技術、微粒子の自己組織化、光学などの技術を駆使して、エレクトロニクス・フォトニクスに有用な部材・プロセスの開発を行っている。またこれらの技術開発から派生して、小型可搬・簡便な計測評価装置の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 3 (c-1)

超伝導エレクトロニクスグループ (Superconducting Electronics Group)

研究グループ長：永崎 洋

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：情報通信・エレクトロニクス技術の革新に向けた、新奇超伝導材料の物質開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導機構解明、およびそれらの知見に基づく新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進し、超伝導研究におけるフロンティアを開拓する。
- ・研究手段、方法論：高圧合成法をはじめとする先進的物質合成手法と理論予測、更には高圧下物性測定を組み合わせることにより、より高い性能を有する超伝導体、従来にない性質を示す超伝導体の開発を行う。また、高品質単結晶試料を用いた系統的物性評価を通して、銅酸化物、鉄ヒ素系に代表される高温超伝導体の超伝導発現機構を明らかにする。得られた知見を元に、同物質群を対象とした電子デバイス・線材プロトタイプを試作し、超伝導エレクトロニクス開発への指針を確立する。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-2)

酸化物デバイスグループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：相浦 義弘

(つくば中央第2)

概要：

- ・研究目的：低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして鉛フリー圧電体、酸化物発光材料など材料開発、酸化物電子材料の新機能開拓、および独自実験技術知財の製品化普及を行う。
- ・研究手段：薄膜接合形成にはレーザーアブレーション法等を、物性発現機構の解析には角度分解光電子分光法をはじめとする研究手段を用いる。
- ・方法論：(Na, K) NbO₃ (NKN) を母材とし正方晶／菱面晶相境界 (MPB) を形成することによって従前の鉛系 PZT に匹敵する圧電特性を実現した鉛フリー圧電体において、微量元素添加による局所構造及び強誘電ドメインの制御を行い、微量の Mn、Ce の添加が圧電特性の特性向上に対する有効性を調べる。また NKN および産総研が開発した (Na, K) NbO₃-BaZrO₃- (Bi, Li) TiO₃ についてエピタキシャル成長に加え、スパッタリングによる高配向膜の開発を行う。ペロブスカイト型酸化物薄膜電界発光 (EL) の開発を継続し、(Ca_{0.6}Sr_{0.4}) TiO₃:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光の高輝度化を進める。角度分解光電子分光法を用いて、層状酸化物の電子構造に対する電子相関効果の定量評価を試みる。また、双回転楕円体面鏡型光学系 STAR GEM、小型単結晶育成装置 iAce、極低温超高真空用多軸非磁性マニ

ピュレータ iGONIO-LT、高精度中空型ロータリーステージ iRS、超高真空マイクロプローバ iMPC 等の実験技術知財の高度化、製品化普及を進める。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-3)

強相関エレクトロニクスグループ

(Correlated Electronics Group)

研究グループ長：澤 彰仁

(つくば中央第4)

概要：

- ・目的：新しい電子デバイス動作原理である強相関電子系の電子相制御技術の開発と、それに基づく不揮発性メモリや低消費電力スイッチなど低環境負荷の革新的デバイス技術の開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：原理的にサイズ効果のない強相関電子系の電子相転移を外場により制御する技術を確立し、半導体デバイスのスケール限界を超えた領域で動作する低消費電力スイッチ、メモリ等を開発することで、情報通信技術を活用したグリーンイノベーションに貢献する。
- ・国際的な研究レベル：強相関酸化物など金属酸化物の大型・良質単結晶を作製可能なレーザー加熱単結晶作製技術、金属酸化物デバイス開発に不可欠な最先端の計測解析技術と微細加工技術・設備を有している。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-4)

[テーマ題目1] 光情報技術

[研究代表者] 森 雅彦 (副研究部門長)

[研究担当者] 森 雅彦 他

(常勤職員9名、他10名)

[研究目的]

a-1) ナノフォトニクス技術による超小型光素子・光集積回路開発

次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的とし、シリコンフォトニクス技術、アモルファスシリコン技術、高品質半導体ナノ材料・ナノ光構造の作製技術、および有機・ポリマー材料技術を基に、次世代の光源・光増幅素子、光スイッチ・光機能素子等の光デバイス及び光電子集積化のための、プロトタイプの試作、実証を行う。

平成25年度はアクティブ光デバイス技術としては、化合物半導体レーザーの省エネ化のためにトンネル接合を用いた素子上で電流狭窄構造の最適化を行い、低抵抗化を実現した。また、有機ポリマーでは、微小共振器効果による寄与の明確化と光導波路クラッド層に色素結晶を導入できる湿式形成法を開発した。シリコンフォトニクス技術では、平成24年度に開発した光電

子システムを高度化し、30Tbps/cm²の信号伝送密度を実証した。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度を実証した。3次元光回路においては、方向性結合器よりも波長依存性が小さく、広帯域で変換効率の高い層間信号トランスファーデバイスを試作、評価し、1.8dBの低損失を実証した。

a-2) 次世代コヒーレント伝送のための光源、光信号処理・計測技術の開発

実用化を迎えたコヒーレント伝送の更なる大容量化、高度化に資する光信号処理・計測技術の研究開発を進める。平成25年度は超小型マルチキャリア通信用光源として SiN 非線形導波路を利用した4光波混合デバイスの試作を行った。試作デバイスにおいては、伝搬損失が大きくマルチキャリア発生には至らなかったものの、2光波入力による4光波混合光の発生を確認した。伝搬損失低減のために SiN 膜の最適化を進行中。同時に低消費電力化を目指した帯域制限のための最適構造設計手法の開発を行った。また、マルチキャリア光信号処理技術開発のために、ニオブ酸リチウムのファブリペロー共振器を用いたマルチキャリア光源を構築し、30dB帯域幅30nmを実現した。

a-3) 量子通信技術の開発

情報通信のセキュリティ向上に資するため、光通信波長帯における高密度波長多重量子暗号通信システムの開発を行う。平成25年度は2光子光ファイバ干渉計を構築して群速度分散評価を行った。その結果、量子もつれ光子対の分散不感波長帯域幅30nmを実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光インターコネクション、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、3次元光回路、光電子集積素子、量子ドット、有機レーザー、ポリマー光導波路、ポリマー光増幅器、ナノ構造デバイス、非線形光学、コヒーレント光信号処理、光変調フォーマット変換、光信号波形計測、量子もつれ光子対、光子検出、量子暗号通信

【テーマ題目2】光応用技術

【研究代表者】栗津 浩一（副研究部門長）

【研究担当者】栗津 浩一、他

（常勤職員17名、他9名）

【研究目的】

衣食住や環境の安全が必ずしも保障されていないとか、危険が潜んでいたもそれが潜在化していて目に見えないといった社会課題を抱えている。あるいは、増続ける医療費を削減させるためには、病気になる前に健康状態をモニターしておくことが重要である。そこで新たなセン

シング技術を開発し、これまでに見えなかった危険、有害物質、日々の健康状態などをセンシングする技術が求められている。例えば、今後特にアジアで水が不足すると言われており、既に汚水等を再生して飲料水にする技術も開発されている。同時にそのような水の安全性には問題もあると指摘されている。国内においても水源付近の農場やゴルフ場に散布される農薬、牧場から水源へと流出する汚水、アオコの発生など水源の安全を脅かす事例も多々発生している。個人がこれから食しようとする食物においても、残留農薬、微量重金属といった有害物質をその場で見ることは不可能であるが、実際に規制値よりも高い濃度の有害物質が検出されることがあることはよく知られている。また鳥インフルエンザが発生した場合、H7N9型では動物での発熱などの症状はでないが、人に感染した場合、人には免疫がないために重篤な状態に陥ることが指摘されている。

光センシンググループは、無機材料、有機材料、酸化物材料などの材料研究、あるいは補償光学、近接場光学、ナノフォトニクスと研究をこれまで行ってきた。これらの知見をもとに、社会の要請の強い安心安全な社会の基盤となるセンシングという一つの目標に向かって研究を集中化させている。これまでの学問分野を融合させ、互いに連携させることで新概念を発見し、産総研オリジナル技術として強い特許を取得し、あるいはノウハウ化させるという知財戦略をとっていく。その後極めて短期間で応用研究へとフェーズを切り替えて、実用化を目指す研究を行っている。

b-1) 光センシング技術に関する研究

光センシンググループでは検体や利用状況に応じた様々なセンシングシステムの開発を行っている。センシングの高精度化、センサの小型化に取り組み、H24年度にはオリジナル技術である導波モードセンシングで手のひらサイズの小型センサの操作システムを開発した。また、導波モードセンサで ELISA, SPR, イムノクロマトグラフィーなどの競合する他のセンシング手法では達成できない測定を実現してきた。これまで達成したインフルエンザ亜種の同定などに加え、H24年度は微量重金属の検出感度の向上などに取り組んだ。光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術を利用したウイルスの検出に成功し、菌の検出にも目途が立ってきている。さらに所内情報技術研究部門画像認識技術グループとも連携を行い、情報科学とも融合させた新原理センシング開発を開始した。

b-2) テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究

光センシンググループは分子集積デバイスグループと連携し、テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究を行った。平成24年度に開発した、水溶液中でも消光が起らない発光性金属錯体は、544nm にピークを有する緑色発光を示し、励起波長と

発光波長との差が200nm程度であることから、生体試料中の蛍光成分との差別化が可能となった。この金属錯体技術と b-2で述べた光ディスク型センシング技術との融合を実施した。センシング技術では、技術的に優れていることが **de fact standard** になるとは限らないので、国際標準化戦略お念頭に置きながら研究を進めていくことが重要となる。

b-3) 超高速フォトニクスとレーザー加工プロセス応用
加工プロセス用の高出力かつコンパクトな光源開発を行うとともに、次世代プロセスや高度計測技術への応用を目指した光ファンクションジェネレータの研究開発を重点的に進める。

平成25年度には、当所で開発した超短パルス Yb ファイバーレーザー装置出力を2倍波変換することで、パルス幅200fs、マイクロジュールの緑色光超短パルス発生に成功した。これを用いて、環境化学技術研究部門レーザー化学プロセスグループ他と協力して CIGS 太陽電池薄膜の加工を行い、機械加工と同程度の電池効率をレーザースクライブで実現することができた。また、炭素繊維強化複合材料の高品位・高速レーザー加工の研究にレーザー制御関係での協力を行った。光ファンクションジェネレータについては、応用展開に必要な長時間安定同期の研究をすすめた。熱的制御を取り入れた Yb ファイバーレーザー発振器を開発し、信頼性を向上させて、温度安定化のみで Ti サファイアレーザーとの6時間以上のフェムト秒長時間同期に成功した。またサブフェムト秒精度の変動測定として、システムの12時間以上の長時間測定実験とプリンジ成分から相対位相変動を推計する解析技術を開発した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] センシング、安全安心、光計測、QOL、超短パルスレーザー、レーザー加工

[テーマ題目3] 新原理エレクトロニクス

[研究代表者] 柏谷 聡 (首席研究員)

[研究担当者] 阿澄玲子、永崎 洋、相浦 義弘、
澤 彰仁 他 (常勤職員36名、他30名)

[研究目的]

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、新しい機能性材料の研究を行う。シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探索し、グリーン・イノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。主な研究課題は下記の通りである。

c-1) ボトムアップ集積型デバイスの構築

各種材料 (有機・無機・微粒子など) の精密な構造制御や集積化による機能発現を利用した高性能光/電子デバイスの開発、および関連する基盤技術の開発を行う。具体的には、有機材料の設計・合成、マイクロ・ナノパターン形成技術、デバイス作製技術、計測評価技術の開発を行う。

平成25年度は下記のような成果が得られた。

- ・単層カーボンナノチューブを効率よく液中に分散させ製膜し、温和な条件で後処理する方法を確立し、透過率90パーセントでシート抵抗100ohm/square以下の透明導電膜をプラスチック基板上に形成させる技術を確立した。
- ・ポリスチレン微粒子の規則的配列を鋳型として作製したゴム状材料を用いて、偏光感受性の光学素子を簡便に作製する方法を開発した。
- ・上述のような各種デバイスを常温常圧など温和な作製するプロセスとして、キセノンフラッシュランプからのパルス照射により、プラスチックなどの非耐熱性基材上への導電性部材の直接作製に成功した。

c-2) 先進機能超伝導材料の開発と新規超伝導応用の開拓
情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

平成25年度は下記のような成果が得られた。

- ・線材開発: パウダーインチューブ法を用いた (Ba, K) Fe_2As_2 の線材開発を行い、作製プロセスの最適化により $2T_c$ の磁場中での臨界電流密度 $J_c \sim 6000\text{A}/\text{cm}^2$ を達成した。
- ・物質開発: Ba と Bi からなる層状構造をもつ Ba_2Bi_3 において、4.3K で超伝導が出現することを発見した。また、圧力下での帯磁率の測定により圧力とともに T_c が減少することを明らかにした。また、NaFeAs 系超伝導体のとる PbFC1 型結晶構造に着目し、3d, 4d 遷移金属原子等に注目し、超伝導体をはじめとする新規化合物の開発を目指した材料開発を行った。その結果、 $\text{AP}_{2-x}\text{X}_x$ (A=Zr, Hf, X=S, Se) で表記可能な新超伝導体群を見出した。
- ・超伝導理論: BaIr_2Ge_7 等の新奇超伝導体に対して第一原理計算を行い、バンド構造を決定した。ハバードモデルに対して量子モンテカルロ法により超伝導相関関数を計算し、超伝導が存在する領域があることを示した。価数スキップの新しいゆらぎ理論を提案した。
- ・超伝導デバイス: 超伝導体/磁性半導体/金属接合を用いた電子冷却器の提唱を行い、50mK の極低温領域まで金属が冷却可能になることをシミュレーションにより示した。Al (Mn)/ Al_2O_3 /Al 型の N/I/S 型固体冷凍機の作製を行い、トンネルコンダクタンスによる評価により、電子冷却効果を確認した。また、超伝導ストリップ検出器において、検出対象による常伝導転移過程の違いを明らかにするとともに、出力電圧を定量的に再現するシミュレーション手法を確立した。

- ・圧力下物性測定：水銀系銅酸化物高温超伝導体の一つである CuO_2 層が4-6枚の Hg-1234, 1245, 1256に対する圧力下電気抵抗測定の実験を行った。それぞれの物質はすべて6万気圧程度までの圧力までは Hg-1223の示した+2.5K/GPa 程度の上昇率で超伝導転移温度が上昇しが、それ以上の圧力下ではこれまでとは異なる結果を示し、 CuO_2 面の数が多くなるほど高压側での上昇がより抑制される傾向があることを明らかにした。

c-3) 低環境負荷酸化物デバイスの開発および機能性酸化物電子材料の新機能開拓

低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、鉛フリー圧電体、酸化物発光材料の開発を行う。加えて、酸化物電子材料の新しい機能開拓をめざして、物性発現機構の微視的解明を進める。また、独自実験技術知財の製品化普及を行う。

平成25年度は下記のような成果が得られた。

- ・鉛フリー圧電材料の実用化に向けて AE センサー、超音波距離センサー等の試作を行った。試作した AE センサー・距離センサーは従来の鉛系 AE センサー・距離センサーと同等の特性を示すことが分かった。また (Na, K) NbO_3 の単結晶基板上にステップテラス構造を示す結晶性の高いエピタキシャル膜の作製に成功した。
- ・ペロブスカイト無機発光素子の開発を継続し ($\text{Ca}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}$) $\text{TiO}_3\text{:Pr}$ を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光の高輝度化と電子線励起による RGB3原色発光の発現に成功した。

c-4) 強相関材料を用いた電界効果素子および不揮発性メモリの開発

情報通信技術を活用したグリーン・イノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行う。

平成25年度は下記のような成果が得られた。

- ・強誘電体 BiFeO_3 をゲート絶縁層に用いた CaMnO_3 チャンネル電界効果トランジスタを開発し、室温で約4倍、120K で100倍以上の抵抗変調に成功し、全固体モットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。
- ・強誘電体抵抗変化メモリについて、強誘電体 BiFeO_3 と常誘電体 LaFeO_3 の積層型スイッチング層を有する新しい素子を開発し、10万回以上のデータ書換え、室温で10年以上のデータ保持などの素子特性を実現した。

[分 野 名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 有機エレクトロニクス、超伝導、酸化物エレクトロニクス、強相関エレクトロニクス

⑪【セキュアシステム研究部門】

(Research Institute for Secure Systems)

(存続期間：2012. 4. 1～)

研究部門長：松井 俊浩

副研究部門長：寶木 和夫

所在地：つくば中央第2、関西センター尼崎支所

人 員：32名 (32名)

経 費：408,335千円(300,773千円)

概 要：

セキュアシステム研究部門は、主に、2011年度までに終了したシステム検証研究センターと情報セキュリティ研究センターの成果を承継する研究部門として、2012年度に発足した。さまざまな機器、ビジネス、やり方、仕組みが IT 化、サイバー化される社会は、コンピュータやプログラムで制御されるが故の脆弱性が残っている。システムが複雑化するために、設計、実装、テスト、保守が困難となり、システムの信頼性が低下するシステムディペンダビリティの問題解決と、システムや通信に秘匿される重要情報を窃取したり、IT で動作するシステムを誤動作させることを狙った犯罪行為に対するサイバーセキュリティ向上のための技術開発をミッションとする。また、これら技術や制度の標準化、規格化への貢献も重要な任務である。ディペンダビリティ、セキュリティ技術は、低い確率でしか発生しない事象への備えであるため、技術の効果を体感することが難しい。規格化することによって技術を可視化し、製品やサービスへの組み込みを促すことが可能になる。

これらのミッションの実現のために、問題を出口指向の4つに分解し、5つの研究グループで研究を実施する。

●IT サービスのセキュリティ

インターネットでのショッピングや SNS など、またスマートフォンでの各種のアプリの利用などに潜む脆弱性、危険性への対策技術を開発し、また政府の委員会等でのこれらのサービスの利用ガイドラインの制定に貢献する。Web ブラウザをサーバに接続してサービスを受ける場合、偽のサーバが本物のサーバになりすまして、利用者からクレジット番号やパスワードを詐取する詐欺が起こりうる。これに対抗するために、通常のサーバがユーザを認証するのは逆に、ユーザがサーバを認証する仕組みを実現した HTTP 相互認証プロトコルの国際規格化に取り組む。

複数の組織での連携した生体認証を安全かつ効率的に行うため、信頼できるバイオメトリクス性能評価技術および関連するデータベース構築手法の研究を行う。

●制御システムセキュリティ

サイバー攻撃は、家庭やオフィスの PC を対象にしたものから、エネルギー、交通、金融、工場などの重要インフラの制御システムへの標的型攻撃に移ってきている。技術研究組合制御システムセキュリティセンター（CSSC）に参加して、制御システムの高セキュア化技術の研究開発を行う。また、クレジットカードなどの IC カードを誤動作させるようなハードウェアへのサイドチャネル攻撃に対抗するため、標準的なサイドチャネル攻撃評価ボードを開発、頒布してきた。この活動をより広い範囲で活用するための普及促進策と、より微細化が進む半導体プロセスでのサイドチャネル攻撃耐性評価技術、模倣部品の検出や暗号鍵の生成などに応用可能な PUF (Physically Unclonable Function: 物理複製困難関数) の研究開発を行う。

●ディペンダブルシステム

関西センターとつくばとの2拠点で、前者が主にシステムの要求分析とテスト段階の高信頼化、後者が設計から仕様の実装段階での高信頼化に取り組む。高信頼システムは、どういうシステムを作るかという要求仕様を矛盾なく設計仕様にまとめ、それを矛盾のない実装に落とし、その実装が元々の仕様書が規定する機能を正しく実現していることをテストすることで達成される。この無矛盾性を確保するために、仕様を論理的に記述して自動定理証明を適用したり、設計から導出されるモデルが、仕様を満足するかを検証するモデル検査を実施する。並行処理を簡潔に可視化するツール、プログラムが仕様を満たすことを証明するツール、仕様から網羅的なテストを自動的に生成する FOT (feature oriented test) 法とそのツールの研究開発を進める。また、企業との共同研究を通じて、これらの技術の実証を行う。また組込適塾などの人材育成プログラムにも貢献する。

●次世代セキュリティ

セキュリティ技術の多くは、暗号に基礎をおいている。暗号は、秘密通信だけでなく、認証などの情報の真正性の証明、著作権の保護などにも利用される。計算機の性能が向上するにつれて、現在実用されている暗号の解読が容易になるため、新たな暗号の案出やその評価は、将来の IT 社会の保全のために継続的に必要である。現在広く使われている暗号の中には、その安全性の証明が不十分であったり、破綻に近いことが予見されているものがある。安全性の証明には、数学的素養が必要であるのに対し、暗号の応用が加速しているため、不完全な暗号が広がる危険性が増している。より機械的な方法で安全性を証明する方法を研究する。インターネットやクラウドが普及するにつれて、暗号は、一対一の通信では

なく、一対多や、多対多、また時間的に機能が変化する応用が出つつある。このような状況に対応する関数型暗号や代理再暗号化技術を研究する。クラウド等に委託したデータをクラウド業者等に盗み見られることなく情報処理を行う方法の一つとして、データベースの情報を暗号化されたまま検索する技術を研究する。

内部資金：

IC の偽造防止技術の開発

データベースの秘匿検索技術の開発

外部資金：

総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業「クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えいを防止するアクセス制御技術の研究開発」

総務省 戦略的情報通信研究開発推進事業「低遅延異種多入力映像表示装置の研究開発」

独立行政法人科学技術振興機構 「サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立および PUF デバイスの実装・評価とセキュリティシステムへの応用」

独立行政法人科学技術振興機構 「電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 「テスト技法 FOT の支援ツール開発、技法の拡充、及び実証実験による実用化研究」

独立行政法人日本学術振興会 「二国間交流事業共同研究/セミナー」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「クラウドコンピューティングミドルウェアのソフトウェアモデル検査手法」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「低容量回線でも高画質画像を活用できる「超舞台」遠隔交流学习支援システムの開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「分散チェックポインティングを用いたネットワークアプリケーションのモデル検査」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「モダン符号の形式化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「複数

主体のバイオメトリクスデータベース管理と評価技術の研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「組込みソフトウェアの安全な構築のためのC言語のモデルとその形式検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「問題ある平文の暗号化を不可能とする暗号方式の実現に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「複製困難な物理特性を用いたセキュアな動的再構成システムの実現」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「並列索引構造の形式検証」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金「IDの法的研究—共通番号、国民ID及び民間IDのプライバシー・個人情報保護」

発 表：誌上発表113件、口頭発表160件、その他23件

セキュアサービス研究グループ

(Secure Services Research Group)

研究グループ長：渡邊 創

(つくば中央第2)

概 要：

ますます利用が拡大しているインターネット上でのサービスや、そのクラウド化におけるセキュリティ、プライバシー侵害、信頼性への対策法を研究する。ネット上でのなりすまし等の不正を防ぐため、パスワードやICカード、バイオメトリクスを用いた認証技術などのセキュリティ対策技術を研究する。制度や新サービスの技術基準や標準的手法を提案し、システムとしての安全性と利便性の向上に貢献する。より広く IT 社会の安全性を向上させるため、電子情報システムにおける暗号の利用法や、携帯アプリにおけるプライバシー情報の扱い方に関するガイドラインの策定等を行う。

研究テーマ：テーマ題目1

制御システムセキュリティ研究グループ

(Control System Security Research Group)

研究グループ長：古原 和邦

(つくば中央第2)

概 要：

特定の組織やシステムを標的とし高度に仕組まれたサイバー攻撃は、産業と社会を揺るがす激甚化した脅威になりつつある。制御システムセキュリティ研究グ

ループの目的は、システムの可用性や既存システムへの親和性なども考慮しながら、重要インフラのセキュリティ強化に貢献することにある。この目的を達成するために、技術研究組合制御システムセキュリティセンター (CSSC: Control System Security Center) や電子商取引安全技術研究組合 (ECSEC: Electronic Commerce Security Technology Research Association) などの外部組織とも連携しながら、現場における制約や要求、また、最新の攻撃手法などを正確に把握し、それらに応じた実効性のある対応策について研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

システムライフサイクル研究グループ

(System Life-Cycle Research Group)

研究グループ長：大岩 寛

(関西センター尼崎支所)

概 要：

ソフトウェアがいわゆるパソコンだけでなく、自動車、家電機器、制御機器などの組込み機器に広く用いられるようになり、ソフトウェアの安全性と信頼性はますます重要になってきている一方で、そうしたソフトウェアの大規模化に伴い、多人数で長期間をかけて開発されたソフトウェアの安全性を一貫して担保するのはますます困難になってきている。また、製品の世界展開に不可欠な安全性認証についても、対応の難しさが製品コストの上昇と国際競争の厳しさに結びつく。本研究グループでは、ソフトウェアシステム開発開始から検査、認証取得、出荷、導入、運用までの工程の流れを「システムライフサイクル」として俯瞰し、信頼性の高いシステム構築の一貫した手法をめざし、システム検証、テスト支援手法、開発工程管理などの各工程で必要となる技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

高信頼ソフトウェア研究グループ

(Software Reliability Research Group)

研究グループ長：磯部 祥尚

(つくば中央第2)

概 要：

ソフトウェアの大規模・複雑化が進むなかで、その信頼性を保証することが難しくなっている。高信頼ソフトウェア研究グループでは、高信頼性を現実的なコストで達成できるようにする技術開発を目的とし、システム開発工程のうち、特にソフトウェアの設計から実装までの動作の一貫性を検査・保証するための技術を研究開発し、最終的に実用的な開発プロセスツールとしての実用展開を目指す。そのために、設計書や実装プログラムを対象として、ソフトウェア解析、形式検証・モデル検査、プログラム生成・変換技術など

を研究し、要求される安全性レベルとコスト要求に応じて、これらの技術を選択・連携できる技術開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目5

次世代暗号研究グループ

(Research Group for Innovative Cryptography)

研究グループ長：花岡 悟一郎

(つくば中央第2)

概要：

クラウド等の高度なネットワーク技術をより一層安全で広範に活用するための暗号技術として、関数暗号等に代表されるような、新機能をもつセキュリティ技術に関する研究を行う。また、量子計算機を有する攻撃者など、現在想定されているものより一段と高度な攻撃モデルにおける安全性についてもその実現に向けた基盤的研究を推し進める。さらに、既存技術の安全性評価を行い、それらの厳密な安全性レベルを明らかにする。たとえば、安全性が未証明なものについて、厳密な数学的安全性証明を与えたり、もしくは、具体的な攻撃方法を提示する。これらの研究を主に理論研究の立場から行い、次世代セキュリティ技術を実現していくための盤石な基盤作りを行うことを大きな目的とする。本年度に関しては、特に、関数暗号等の高機能アクセス制御暗号の更なる高安全化・高効率化についての研究を推進し、また、そのための汎用的な手法について開発を行う。また、前年度までに引き続き、プライバシー保護が可能な秘匿データベース検索の開発を進める。さらに、さまざまな暗号技術について、詳細な安全性解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目6

〔テーマ題目1〕バリアフリーセキュリティ技術の研究開発

〔研究代表者〕 渡邊 創

〔研究担当者〕 渡邊 創、辛 星漢、高木 浩光、
田沼 均、中田 亨、寶木 和夫、
大塚 玲、大岩 寛、山田 朝彦、
大木 哲史、一瀬 小夜
(常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

PC やスマートフォンのマルウェア感染、偽サーバや偽アプリなどにより、カード情報やパスワード情報などが盗まれ、金銭を奪われる等の被害が拡大している。本研究では、これら悪意あるプログラム等に不正な操作が行われたとしても、技術的に被害を防止しユーザーに正しい操作が行われたことを提示できる技術の研究開発を行う。今年度は以下のような成果を得た。

前年度に開発したネットバンキングでの不正振込防止法を一般化し、電子署名する対象をマルウェアが書き換

える攻撃を防止する手法を提案した。IC カードを用いた実装例を考案し、それを体験できるデモを作成、公開した。これまでの研究成果である HTTP Mutual 認証については、インターネット標準化機関 IETF で標準化を引き続き行い、ブラウザ参照実装を標準化議論に基づき更新した。

コメント欄への広告書き込みなど、SPAM と呼ばれるコンピュータで自動化された迷惑行為が大きな問題になっている。これを防止するため、CAPCHA と呼ばれる人間の視覚を利用したシステムが導入されているが、視覚障がいを持つユーザーには使い辛く、サービス利用の障壁となっていた。この問題を解決する、言語を用いた CAPCHA の代替法を提案した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 認証、フィッシング対策、マルウェア対策、偽アプリ対策、バリアフリー

〔テーマ題目2〕端末の乗っ取りによる重要インフラ不正操作防止機能の開発

〔研究代表者〕 古原 和邦 (制御システムセキュリティ研究グループ)

〔研究担当者〕 古原 和邦、高橋 孝一、戸田 賢二、
須崎 有康、瀬河 浩司、海老原 一郎
(常勤職員6名)

〔研究内容〕

現在の制御システムの多くは、PC 上から制御装置の設定値やロジックを変更したり、制御対象の状態を監視したりすることができる。そのため、攻撃者がその PC の乗っ取りに成功した場合、その攻撃者はオペレータやエンジニアと同等の操作が可能となり、また、偽の状態をオペレータらに提示することが可能となる。実際、海外では、制御システムの操作監視画面が遠隔から不正操作可能な状態になっていた事例が複数見つかっており問題となっている。

本研究の目的は、このような端末の乗っ取りによる不正操作とオペレータへの偽情報の提示の問題への対処方法として、システムの一部が知らぬ間に乗っ取られていたとしても以下のような機能を持ち続けることのできるセキュアな構成を現状の制御システムの構成を考慮に入れながら設計し、また、それらにより防御可能な脆弱性レベルを明確にすることにある。その機能とは、1) 機器に対する不正操作検知・防止機能、2) 正規オペレータによる操作への妨害防止機能、3) 機器の状態の正確な伝達機能、4) 乗っ取られている可能性のある端末の特定機能であり、脆弱性のレベルは、Level 4 (不正変更可、検知不可なレベル) : 攻撃者により設定が変更され、そのことを検知できないレベル。Level 3 (不正変更可、検知可、復元遅延が大きいレベル) : 攻撃者により設定は変更されるが、そのことを検知可能。ただし、感染端末を特定し、元の状態に戻すことに時間の掛かるレベル。Level

2 (変更可、検知可、復元遅延が小さいレベル) : 攻撃者により設定は変更されるが、そのことを検知可能、かつ、短時間で感染端末を特定し、元の状態に戻すことができるレベル。Level 1 (変更不可、偽情報を提示可能なレベル) : 攻撃者は設定を変更できないが、偽の情報を提示できるレベル。Level 0 (変更不可なレベル) : 攻撃者による設定の変更は行えないレベル。

これら目的を達成するために、今年度は、制御システムで使われているシステム構成を調査し、その計算ノード上において不正な挙動を監視制御する機能について研究を行った。具体的には、OS カーネルにおけるホワイトリストアクセス制御技術、ハイパーバイザーを用いた監視技術、デバイス I/O 監視制御技術の実現方法の研究を行った。ホワイトリストアクセス制御技術においては、アプリの起動制御のみならず、プロセス実行順序の制御と保護、計算機資源へのアクセス制御など、より細かいアクセス制御の実現方法の特定を行った。ハイパーバイザーを用いた監視技術では、元のシステムが特殊な周辺装置を利用していたとしても、OS やドライバなどの設定変更を不要にすべく、パススルー型のハイパーバイザーを用いてシステムコールを監視する方法の特定を行った。デバイス I/O 監視技術では、NTFS におけるファイル改ざんをディスク I/O レベルで検知する方法や、攻撃検知後に通信を遮断する I/O 間連携方法の特定を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】重要インフラ、制御システム、乗っ取り、不正操作

【テーマ題目3】LSI チップへの攻撃・偽造対策技術の研究

【研究代表者】川村 信一

【研究担当者】川村 信一、坂根 広史、片下 敏宏、堀 洋平 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

近年の情報技術の進歩は IC カードによるサインレス決済やオンライン決済等、効率的な電子商取引 (EDI) の実用化をもたらした。また、社会システム、制御システム、自動車、航空機、医療機器などにおいて情報化や自動化が急激に進み、それらの情報システム内で機器や部品同士が通信相手を確認する機器間 (M2M: Machine to machine) 相互認証の環境が拡大しつつある。これらの新しい仕組みの情報セキュリティは機器の LSI チップに内蔵された高度な暗号技術によって守られているが、その暗号技術が正しく動作し、悪意のある攻撃の試みから重要な情報やシステムの健全性を守れるかどうかを検証することは、システム全体の情報セキュリティの根本を支える重要な作業である。このような状況を背景に、本テーマでは政府、大学、企業、技術研究組合などの外部組織とも協力しながら、LSI チップの攻撃対策強化につなげるため、サイドチャネル解析技術や故障解析技術

等を応用したセキュリティ評価手法の先端的な研究開発を行った。

一方、近年あらゆる分野で偽造品の流通が拡大しており金銭的被害やブランドイメージの失墜だけでなく、国防や生命の危険に関わる事例も報告されている。従来、ホログラムや RFID タグなど、偽造品の流通を防ぐ種々の技術が開発されているが、偽造技術の進歩に伴い、これらの技術的対策も偽造すなわち不正な複製が可能となりつつある。本テーマでは、高度な偽造技術にも対抗できるよう、LSI が生成する固有の真正 ID を複製不可能にする技術 (偽造不能 (PUF) チップ) の研究開発を行った。また、PUF は偽造対策以外に暗号鍵の生成/共有、乱数生成などに応用可能であり、セキュリティの強化やコスト低減につながると期待されている。本テーマでは産総研内の先端デバイスを研究する他研究ユニットと協力して先端研究を進める一方、PUF の市場での認知と展開などについて産業界と意見交換を行いながら、社会の要請に応える実用化を目指し中長期的な取り組みを進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】IC チップ、IC カード、組込 LSI、脆弱性評価、サイドチャネル攻撃、レーザー攻撃、電磁界攻撃

【テーマ題目4】ミッションクリティカルソフトの認証指向開発技術

【研究代表者】大岩 寛

【研究担当者】大岩 寛、山形 頼之、西原 秀明、北村 崇師、Artho Cyrille、田口 研治、相馬 大輔 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

組込みソフトウェアの中でも特に、自動車や産業機械など、システムが誤動作・停止することが人命や大きな損失に繋がる分野では、巨大なソフトウェアシステムを確実に安全・高信頼に作る手法とともに、作ったソフトウェアの信頼性を指標化して外部に提示し、安全性を理解してもらい、「信頼性の見える化」も重要である。国際市場に製品を出荷する時には特に、製品の安全性を第三者機関に認証してもらうことがしばしば求められる。目で見て作りの堅牢さや堅実さから安全性が何となく感じられる物理的製品と異なり、ソフトウェアの信頼性は完成品を見ても一見して判断が付かないため、開発工程の各段階でいかに検査や確認作業を確実に行ったかを証跡として残し、開発工程の信頼性をもって製品の信頼性の指標とするのが一般的であるが、これには非常に大きなコストがかかるのが一般的な現状である。

本研究テーマでは、開発工程の各段階において行われる設計・実装などの作業に一貫性を持たせ工程を管理したり、行った検査の正しさに技術的な担保を与える手法

を開発したりすることにより、安全性認証の取得を前提とした「認証指向開発技術」の確立を目指した。具体的には、安全性テストの設計を可視化し事後検証性・説明力を強化する FOT/Calot 記述や、設計モデルに基づき自動的にソフトウェア動作を検査する技術、安全対策を図化し明確にする設計記述手法、複数の国際標準認証規格そのものを解析し、差分や相互関係などを明らかにする認証工学関連技術などを開発した。本テーマで開発した技術は、別途共同研究などの実プロジェクトへの応用を行い、有効性の検証や改良点の抽出に努めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】システム検証、安全性認証

【テーマ題目5】ソフトウェア設計・実装・テストの一貫性の研究

【研究代表者】大岩 寛

【研究担当者】大岩 寛、磯部 祥尚、Affeldt Reynald、北村 崇師、竹内 泉、秋葉 澄孝、平井 洋一、田中 哲、山形 頼之、Artho Cyrille、大崎 人士（常勤職員11名）

【研究内容】

交通機関や電力網など、高い信頼性を必要とするシステムのソフトウェア化が進んでいる。本研究では、ソフトウェアの信頼性を保証することを目的として、ソフトウェアの開発工程の設計からテストまでの工程に着目し、各工程における信頼性と、工程間の一貫性を保証する技術の開発を目指す。本年度は、①テスト設計、②実装の正当性証明、③並行処理設計の解析に関する研究開発を行った。以下、各研究について説明する。

①テスト設計では、網羅的なテストケースを生成するテスト設計分析手法 FOT について、より高い表現力獲得のためのテスト設計言語の拡張や、テストケース生成アルゴリズムの開発、アルゴリズムの高速化・スケール化に関する研究を行った。

②実装の正当性証明では、C 言語プログラムの定理証明支援系による形式検証に向けて、暗号プロトコル TLS の検証ライブラリの充実、洗練を行い、TLS の実装（PolarSSL）が仕様（RFC4246）を満たすことを効率的に証明する仕組みを完成させ、Web サイトから安全性検証済みライブラリとして公開した。

③並行処理設計の解析では、標準モデリング言語 SysML で記述した列車制御システムの形式化と、その検証を行い、その有効性を示した。また、並行処理設計・解析技術の産業界への普及展開を目指してツール開発ベンダや組込みシステム開発企業等と意見交換を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】テスト設計、形式検証、並行処理解析

【テーマ題目6】暗号／認証技術における安全性証明の

高信頼化

【研究代表者】花岡 悟一郎

【研究担当者】花岡 悟一郎、縫田 光司、Nuttapong Attrapadung、今福 健太郎、松田 隆宏、Zhang Zongyang、照屋 唯紀（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

ネットワークの高度化や計算機技術の発達により、それらに応じた新たな暗号技術の導入が、今後ますます必要となってくるものと思われる。しかし、その一方で、そのための候補となる暗号技術のいずれも非常に複雑な数学的構造を持っており、そのため、それらの設計者により安全性証明が与えられていると主張されているものの、そのような主張に対して全幅の信頼が得られているとは必ずしも言えない状況となっている。

本研究においては、ユーザの所属や年齢などの属性によって閲覧権限を制御できる関数暗号等の高機能アクセス制御暗号のさらなる高安全化・高効率化についての研究を行い、特に、そのための汎用的手法の開発を行った。具体的には、たとえば、非常に弱い機能のみをもつ関数暗号のみを用いて、複雑な機能をもつ関数暗号に変換する一般的手法の設計および安全性証明などを行った。

また、さらに、上記以外のさまざまな暗号技術についても、詳細な安全性解析を行った。その際、安全性評価の対象として重要と考えられるものについて可能な限り網羅的に評価を行った。当面の評価対象として、たとえば、公開鍵暗号、電子署名、関数暗号、代理人再暗号化、グループ署名などといった重要度の高い暗号技術のいずれかについて、安全性解析を行った。具体的には、たとえば、実用的な暗号に求められる強力な安全性をもつ公開鍵暗号を、弱い安全性のみをもつ公開鍵暗号と、他の基礎的な要素技術を用いて、一般的に構成する手法とその安全性証明を行った。

これらの成果は、公開鍵暗号分野において最も権威ある国際会議である PKC 2014 に二件の論文が採録された他、暗号基礎理論分野において最も権威ある国際会議である TCC に二件の論文が採録されている。また、その他多くの成果が、権威ある国際会議、国際誌に採録されている。

また、この研究課題を通して得られた知見は、産総研内外の他の研究組織との共同研究においても積極的に活用しており、たとえば、産総研生命情報工学研究センターとの秘匿データベース検索技術の設計に関する共同研究においても、安全性レベルの柔軟な制御技術の開発を行っている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】暗号技術、認証技術、安全性証明

⑫【強相関電子科学技術研究コア】

(Research Core for Correlated Electrons)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究コア代表：澤 彰仁

所在地：つくば中央第4、つくば中央第2

概要：

本研究コアは、産総研において開発してきた強相関電子科学技術を継承・発展させ、第1種基礎研究から応用・実用化研究開発まで総合的に展開することにより、新動作原理である強相関電子系の電子相制御に基づく革新的な先端デバイスの開発を目指している。また、産総研と他機関が参画する強相関電子科学技術フォーラムを運営し、機関間共同研究の中心的な役割を果たしている。研究コアメンバーは、本年度においては、電子光技術研究部門、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、ナノエレクトロニクス研究部門ならびにナノシステム研究部門から構成され(常勤職員23名、契約職員4名)、分野横断的に跨った体制となっている。

本研究コアでは、革新的な先端デバイスの開発を目指して、以下の研究課題と目標を設定し、研究開発を推進している。

- ・強相関不揮発性メモリ：二元系遷移金属酸化物を用いた抵抗変化型不揮発性メモリ (ReRAM) を主なターゲットとして、材料最適化、高集積化技術の開発、及び実用化のためのプロセスインテグレーションを一貫して行い、その実用化を目指す。
- ・強相関界面機能：遷移金属酸化物薄膜のエピタキシャル接合界面におけるスピン・電荷交差相関現象を利用し、電界スピン制御、磁気分極制御など、電子・磁気機能を融合させた革新的な酸化物エレクトロニクス素子・スピントロニクス素子を開発する。
- ・強相関有機エレクトロニクス：高性能有機半導体材料の開発、分子間電荷移動を用いた界面高機能化とその評価技術の開発、及び有機エレクトロニクスをシリコンエレクトロニクスに融合させるための新規プロセス技術の開発を行い、高度有機エレクトロニクスを実現するための基盤技術を開拓する。
- ・強相関物性制御：光・磁気・伝導機能融合型の新規遷移金属酸化物バルク材料の開発と電子機能の開発、及び各電子機能の組成・格子パラメータによる最適化を行うとともに、各課題にフィードバックする。さらに、これら多彩な電子機能を発現する強相関電子材料によるデバイス開発を加速するため、これに不可欠となる①ナノスケール磁気評価技術、②超精密構造解析技術、③格子パラメータ制御技術等の最先端計測解析技術を開発・拡充する。
- ・先進機能超伝導材料：卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによ

る高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

本年度においては、下記のような成果が得られた。

- ・強誘電抵抗変化メモリについて、強誘電体 BiFeO_3 と常誘電体 LaFeO_3 の積層型スイッチング層を有する新しい素子を開発し、10万回以上のデータ書換え、室温で10年以上のデータ保持などの素子特性を実現した。
 - ・通常1次元的な結晶成長を示す分子化合物半導体に対し、アルキル側鎖を付加した分子 $\text{C}_8\text{-BTBT}$ を構成分子に用いることで、製膜性に優れる層状結晶性の分子化合物半導体の開発に成功した。また、組み合わせるアクセプター分子の組み替えにより、電界効果特性を両極性から n 型まで系統的に制御することに成功した。
 - ・強相関電子相転移を示す材料をチャネルとした全固体モットトランジスタの実現に向けて、高誘電率 (high-k) ゲート酸化膜プロセスの検討を進め、積層化の見通しを得ることが出来た。
 - ・鉄ニクタイト関連新超伝導物質を探索する過程において、 Au-Sb 二元系物質に超伝導体が存在することを見いだした。超伝導相は単純立方晶構造を有すること、 Au-Sb に Te を加えた三元系で、超伝導転移温度 (T_c) が最高 8.1 K にまで上昇することを明らかにした。この T_c は、単純立方晶を有する物質群における最高値である。
 - ・第一原理材料シミュレータ QMAS の計算機能を拡張整備しつつ、新磁石材料探索の起点の一つと考えられる $\text{NdFe}_{12-x}\text{M}_x\text{N}$ 系に着目し、 NdFe_{12} 、 $\text{NdFe}_{11}\text{Ti}$ 、 $\text{NdFe}_{11}\text{TiN}$ の電子状態計算および Nd サイトの結晶場係数評価を行い、飽和磁化・結晶磁気異方性に Ti 置換、窒化が及ぼす影響について調べた。
- その他、研究コアの活動として、コア内部の研究討論会である強相関コアミーティングを8回主催し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深めた。

4) ナノテクノロジー・材料・製造分野 (Nanotechnology, Materials and Manufacturing)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：金山 敏彦
副研究統括：村山 宣光

概要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室 (Research Planning Office of Nanotechnology, Materials and Manufacturing)

所在地：つくば中央第2
人員：7名（6名）

概要：

ナノテクノロジー・材料・製造研究分野における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援に関する業務などを行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[ナノテクノロジー・材料・製造研究分野研究企画室]
研究企画室長 吉田 勝 他

業務報告データ

- ・平成26年度分野重点化課題の選定と予算案の策定
- ・nano tech2014への出展の取り纏め
- ・国プロの立案に向けた総合調整
- ・第3期研究戦略の平成26年度版への改訂
- ・技術研究組合との各種調整

②【ナノチューブ応用研究センター】 (Nanotube Research Center)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究センター長：飯島 澄男
副研究センター長：湯村 守雄
副研究センター長：佐々木 毅

所在地：つくば市東1-1-1 つくば中央第5
人員：21名（21名）
経費：1,007,448千円（464,413千円）

概要：

本研究センターではこれまで開発してきたカーボンナノチューブとグラフェンの用途開発を更に進め、我が国の新たな産業創出に貢献すると共に、ナノチューブ材料の国際標準化を目指す。さらに、ナノチューブ・グラフェン材料を含むナノ構造体を対象とした超高性能計測・分析技術の開発を推進し、物質の機能を原子レベルで解析する低加速電圧透過型電子顕微鏡を開発する。これらを通じて、世界をリードするナノカーボン材料の総合研究センターとして、日本の産業を支える科学技術の開発を強力に推進する。

これまでの成果をもとに、企業と連携しカーボンナノチューブとグラフェンの実用化・産業化を進める。カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化、グラフェン系ナノ材料の大量生産技術の開発・応用探索、世界最高性能計測・分析技術の研究開発を推進する。具体的には、以下の研究開発を実施する。

- 1) カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化のための研究開発
スーパーグローブ法やe-DIPS法をもとに、産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術を開発し、単層カーボンナノチューブの用途開発を進めることを目標とする。さらに、これらを企業と共同連携し、製造メーカーと用途開発メーカーの間でBtoBの流れの形成を促進し、カーボンナノチューブ実用化・産業化の達成を目指す。また、カーボンナノチューブ産業の国際競争力強化の点から、カーボンナノチューブの品質評価法などの国際標準化を進める。
- 2) グラフェン系ナノ材料の研究開発
低温プラズマCVD法を用いて、グラフェンの工業的な連続生産技術を確立し、フレキシブル透明導電フィルム製造を実現する他、グラフェンの潜在的応用分野の探索を進める。
- 3) 世界最高性能計測・分析技術の研究開発
高次幾何収差および色収差を同時に補正する低加速高性能透過型電子顕微鏡を開発し、空間分解能と、エネルギー分解能の向上を目指す。また、ナノチューブ・グラフェン材料などの物理特性と欠陥やドーパントなど原子レベルの構造との相関を解明するとともに、単分子・単原子からの発光を利用した超高感度検出技術を開発する。

(つくば中央第5)

外部資金：

経済産業省「平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開」

独立行政法人科学技術振興機構「低加速高感度電子顕微鏡を用いた単分子・単原子計測技術の開発と物質現象・生命現象の観察実験への応用」

独立行政法人科学技術振興機構「自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス」

独立行政法人日本学術振興会
科研費補助金

「DNA 単分子操作を目指した多層膜細孔の作成」
「ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム」
「高効率光電変換素子に向けたナノアンテナ構造の開発」
「透過電子顕微鏡法による金属有機構造体およびその分子内包複合構造の構造解析」
「生体内分解可能なナノカーボンを用いた標的癌治療薬剤の創製」
「不規則構造内のリチウム単原子の電子分光によるその場検出」
「電子顕微鏡による分子の動的解析法の高速度化」
「励起子自由度を制限できる分子配列構造に基づいた光学的機能の創出」
「低温合成した窒素ドーピンググラフェンの局所領域における伝導機構の解明」
「ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム」
「電子顕微鏡内マニピュレーションによる低次元ナノ材料の原子スケール力学特性評価」
「高品位六方晶窒化ホウ素単結晶の創製と新たな機能発現」
「有機半導体分子の合成とナノ組織化による高効率光電変換」
「原子層の量子物性測定と新規物性探索」
「複合原子層の界面特性理解と原子層デバイスへの応用」

発表：誌上発表66件、口頭発表143件、その他16件

スーパーグロース CNT チーム

(Super Growth CNT synthesis Team)

研究チーム長：Futaba Don

概要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量产」を目指している。より具体的にはカーボンナノチューブ成長効率を高める炭素源・温度・触媒賦活剤の開発、大面積合成技術や連続合成技術開発などである。さらに、カーボンナノチューブには直径・長さ・結晶性・密度・カイラリティなど、さまざまな構造の多様性を有するが、これらの構造が各用途に適したものに調整されたカーボンナノチューブの成長技術を開発する。さらにはこれらのすり合わせ合成技術の量産化検討を進める。

研究テーマ：テーマ題目 1

CNT 用途開発チーム

(CNT Application Team)

研究チーム長：山田 健郎

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブを用途で活用するためには、その優れた性能を損なうことなく、分散・成形加工・複合化する技術を開発して、部品・部材などに作り、デバイスに組み込む必要がある。特に当チームでは長尺配向の特徴があるスーパーグロース法で作製した単層カーボンナノチューブを中心に、その特長を活かした、成形加工・微細加工・分散手法の開発を行っている。

これらの技術を活用して、カーボンナノチューブのポテンシャルを十分に引き出した、従来にない革新的な機能を有する複合材料の開発及びその部材化、それらを組み合わせたデバイス開発、実用化研究にと取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 2

流動気相成長 CNT チーム

(Direct Injection Pyrolytic Synthesis Team)

研究チーム長：斎藤 毅

(つくば中央第4・第5)

概要：

直噴熱分解合成法（DIPS 法）を用いた単層カーボンナノチューブ（CNT）の量産的合成技術および直径制御合成技術を高度化することなどにより、単層 CNT の特性を決定する構造パラメータである直径・長さ・カイラリティ・結晶性にする合成・分離精製（一次構造制御）技術開発を行う。さらに、単層 CNT を各種応用に適した形態に加工するために薄膜化・パターンニ

ング・配向・紡糸といった二次構造制御の基盤技術開発にも取り組みつつ、企業との共同研究を積極的に推進し、社会的ニーズが高い省資源・低コスト製造プロセスであるプリンテッドエレクトロニクスデバイスをはじめとした多方面に及ぶ実用化・産業化研究を行う。
研究テーマ：テーマ題目 3

高度機能 CNT チーム

(Advanced Functional CNT Team)

研究チーム長：岡崎 俊也

(つくば中央第5)

概要：

新規材料開発において材料特性を的確に評価する手法は、組成、形状あるいは合成条件を最適化していく上でなくてはならないものである。CNT 開発においても、それは例外ではない。当研究チームでは、分光法などを利用した新しい CNT 品質評価法や凝集状態評価法の開発研究をおこない、CNT の高品質化に貢献する。また、CNT 実用化によって重要である、ナノ安全性に資する評価法の開発もおこなう。そして、開発した手法の国際標準規格化を目指し、わが国の生産する CNT の差別化をはかる。

また、CNT が、生体物質透過性が高い近赤外蛍光を発するという稀有な光学的特性を持つことに着目し、近赤外蛍光標識としての用途開発をおこなう。

研究テーマ：テーマ題目 4

グラフェン材料チーム

(Graphene Team)

研究チーム長：長谷川 雅考

(つくば中央第5)

概要：

グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜（ナノダイヤモンド薄膜）を中心としたナノ材料コーティング技術の開発および構造、物性、機能等の評価解析を行うことにより、機械的機能あるいは化学的・電気的機能に優れ、環境に適合するコーティング製品を開発することを目的としている。

気相化学蒸着法（CVD）による高品質なグラフェンの大面積・低温形成技術を開発するとともに、ロール TO ロール合成法などの量産技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 5

カーボン計測評価チーム

(Nano-Scale Characterization Team)

研究チーム長：越野 雅至

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブやフラーレン、グラフェンなどのナノカーボン物質の多様な構造を正確に把握し、

そこで生じる特異な物理・化学現象の実験的検証を進めることは、ナノカーボンの科学の探求と画期的な応用法の確立の両面において、極めて重要な課題である。超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であったナノカーボン材料における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新たなナノカーボン材料のナノスペース科学の構築とその応用を目指した研究開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 6

【テーマ題目 1】半導体型単層カーボンナノチューブを選択的に合成する技術開発

【研究代表者】 Futaba Don

(スーパーグロース CNT チーム)

【研究担当者】 Futaba Don、畠 賢治、湯村 守雄、桜井 俊介、Shisheng Li、山田 真保、中村 紘子（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

半導体型の単層 CNT は、その高い移動度などから、トランジスタ材料として期待を集めている。しかし、半導体型単層 CNT と金属型単層 CNT の構造の違いはわずかであり、これまでの単層 CNT 合成技術では半導体型 CNT と金属型 CNT の作り分けがとても困難であった。

単層 CNT の合成法として幅広く用いられている CVD 法では、基材に付着させた金属触媒微粒子に炭化水素ガスを供給して CNT を成長させる。今回、成長する CNT の構造との関係が強い金属触媒微粒子の構造に着目し、これを CNT の成長前に炉内のガス雰囲気調整する方法を考案した。

具体的には、制御された微量の水分と水素の混合ガスを鉄触媒の微粒子に供給することで、触媒の状態を調整した。混合ガスに含まれる水分・水素量の調整により、触媒粒子の活性を最適化することで、最大で98%の高い選択率で半導体型単層 CNT を合成できた。この選択率は、半導体型単層 CNT 選択的合成技術の中で最高の値である。一方、高い選択性が得られる条件においては、成長する CNT の収量が著しく減少するという傾向が観測された。このことから、水分によって鉄が酸化され、触媒の活性が低下した条件でのみ、成長選択性が発現することを示唆された。

これまでの CNT を用いた電界効果トランジスタでは、混在した金属型 CNT による回路のショートを防ぐために100 μm 程度のチャンネル長が必要であった。そこで、今回合成した CNT を用いたトランジスタを試作したところ、5 μm という短いチャンネル長でも、オン/オフ比10,000以上、移動度17 cm^2/Vs 、オン電流1.3S/m と、従来技術による CNT 電界効果トランジスタを大きく上回る特性を示した。

今後は、半導体型単層 CNT の成長選択性を維持しな

がら、より高収量・高密度に合成する技術開発を進め、将来的には高集積フレキシブル回路の実現や、次世代 LSI 材料への応用を目指す。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、合成、トランジスタ

【テーマ題目2】 スーパーグロース CNT の実用化検討
用途開発研究

【研究代表者】 山田 健郎 (CNT 用途開発チーム)

【研究担当者】 山田 健郎、畠 賢治、関口 貴子、
小橋 和文、阿多 誠介、友納 茂樹、
田中 文昭、
LASZCZYK Karolina Urszula、
鈴木 瑞明、藤井 美智子、彦坂 理恵、
三浦 湖波 (常勤職員4名、他8名)

【研究内容】

カーボンナノチューブ (CNT) 特にスーパーグロース法によって製造される単層 CNT を用い、その長尺、高純度と言った特徴を駆使した、新しい単層 CNT の部材開発を行い、用途開発へとつなげることを目的としている。たとえば、ゴム材料にスーパーグロース法で合成した長尺の単層 CNT を均一に複合化することにより、ゴムの性質を維持したまま、導電性を付与することに成功した。さらに、ゴムをナノメートルレベルの精度で成型成形できる単層 CNT とフッ素ゴムの CNT ゴム複合材料の開発に成功し、従来のゴムでは不可能であった、ゴムの精密加工、表面加工を可能とした。

また、スーパーグロース法で合成された単層 CNT と銅との複合化にも成功し、高い電流を流す炭素材料の特徴と、低い抵抗値を有する銅の特徴を併せ持ち、銅と同程度の抵抗値を持ちつつ銅の100倍電流を流せる、CNT 銅複合材料の開発にも成功した。

これら長尺、高純度の単層 CNT のポテンシャルを十分に引き出し、従来にない革新的な機能を有する部材の開発やそれらを用いたデバイス開発を通じ、CNT の実用化研究を展開している。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT 複合材料、CNT デバイス

【テーマ題目3】 DISP 法による超高品質単層カーボンナノチューブの量産技術と材料加工技術開発およびその応用探索

【研究代表者】 斎藤 毅 (流動気相成長 CNT チーム)

【研究担当者】 斎藤 毅、栗原 有紀、八名 純三、
柴田 怜那、清宮 維春、平井 孝佳、
二瓶 史行、沼田 秀昭、大森 滋和、
小林 明美、大和田 貴子、橋本 裕、
星 和明、佐藤 雄己、佐々木扶紗子

(常勤職員2名、他13名)

【研究内容】

本研究では単層カーボンナノチューブ (CNT) を高効率低コストで大量に製造可能なプロセスである直噴熱分解合成法 (DIPS 法) の高度化開発と、この合成プロセスで得られる超高品質単層 CNT の直径を制御する技術、短尺化あるいは長さ分級等で長さを制御する技術、金属型・半導体型に分離精製する技術、薄膜・インク・線材などに加工するための基盤技術および単層 CNT の産業応用探索を行っている。平成25年度における進捗を以下に述べる。

DIPS 法では炭素源およびキャリアガスの種類、濃度、触媒および助触媒組成、反応温度など制御によって、単層 CNT の平均直径、層数など CNT 形状を作り分ける (これを eDIPS 法という) ことが可能である。また反応温度が1000℃以上と比較的高温であるため、合成される CNT の結晶性は CVD 法で合成されるものとしては極めて高いという特徴を有する。このような高品質の単層 CNT は大学や研究機関、企業などで行われる研究開発を加速して CNT の実用化実現を支援することが期待できる。平成25年度は、eDIPS 法において用いる炭素源としてメタンを用い、その反応条件を詳細に検討することにより、二層 CNT 合成の選択率を制御することができると見出した。また研究開発用試薬としての高品質の単層 CNT 上市の実現を目指し、これまでに行ってきた eDIPS 法合成に関する研究成果・知見を整理して重要な技術に関して特許やノウハウとして登録した。さらにこれらを複数の企業に対して技術開示を行い、併せて企業での eDIPS 法合成の技術移転を目的とした共同研究を行った。平成25年12月にそのうちの1社との共同研究により eDIPS 法単層 CNT の販売を目的として工業生産プラントの開発に成功し、平成26年2月から上市された。

本研究で得られる知見を用いて、今後省エネルギー、かつ低コストで製造することができる電子デバイス製造技術であるプリンテッドエレクトロニクスに適する単層 CNT インク材料の創成に向けて研究をさらに展開する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

【テーマ題目4】 実用化に向けた CNT 評価法開発および CNT 近赤外蛍光標識開発

【研究代表者】 岡崎 俊也 (高度機能 CNT チーム)

【研究担当者】 岡崎 俊也、湯田坂 雅子、張 民芳、
都 英次郎、丹下 将克、飯泉 陽子、
Mei Yang、森本 崇宏、境 恵二郎、
生田 美植、高野 玲子、巽 かおり、
永好 けい子、深田 伸介
(常勤職員4名、他10名)

【研究内容】

CNTの長さは、直径やカイラル角と同様、CNTの特性に重大な影響を及ぼすパラメータのひとつである。これまでCNTの長さを測定する方法は、顕微鏡観測などによって、一本一本数え上げる、時間および労力のかかる方法しかなかった。我々は、赤外吸収スペクトルのCNT長さ依存性やキャリア密度依存性などの測定から、その吸収ピークの起源がプラズモン共鳴によるものであることを明らかにし、測定ピーク位置からCNT長さの見積もることに成功した。また、本測定で得られるCNT長さはCNT中の欠陥に敏感で、CNTの品質評価にも使用できることを明らかにした。

また、ナノカーボンの産業化に資するナノ安全計測手法を開発する目的で、カーボンナノホーンの動物体内分布、排出、分解、あるいは、細胞内分布を調べる手法を確立させた。実際にカーボンナノホーンを血中投与や経口投与して、計測したところ、血中投与では、体外排出量約15%。体内分解量25%であることがわかり、手法の有効性を確認できた。経口投与では100%排出された。細胞内分布ではマクロファージのリソソームに蓄積されるものの、動物実験・細胞実験とも毒性は低かった。今後は長期毒性試験が必要になるとと思われる。

さらに、CNTと抗体とを結合させた近赤外蛍光ラベルを開発し、CNT蛍光ラベルをもちいた臨床検査を目指した免疫沈降反応に成功した。このことにより、免疫検査応用に向けた実用化の可能性を示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、品質評価、分光、臨床検査、ナノ安全

【テーマ題目5】 グラフェン系ナノ材料の研究開発

【研究代表者】 長谷川 雅考（グラフェン材料チーム）

【研究担当者】 長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、沖川 侑揮、川木 俊輔（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

① 高品質・大面積グラフェンの形成技術開発

当センターで開発したマイクロ波プラズマ CVD を用いた低温・大面積・短時間グラフェン合成技術をさらに発展させた。グラフェンの結晶核発生密度と成長速度の精密制御により、高品質グラフェンを短時間で合成する手法を開発し、移動度 $1000\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上を達成した。グラフェンの層数制御性も格段に向上した。並行して銅箔基材からのグラフェンの剥離・転写法を高度化した。これらの成果をもとにA4サイズ大面積高品質グラフェン透明電極の試作を行った。

② ナノダイヤモンドコーティングの用途開発

ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用した用途として、機械部品の無潤滑トライボコーティング、精密切削工用具用保護膜、放熱用デバイス基板の開発を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラフェン、ロール TO ロール成膜、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜、マイクロ波プラズマ CVD、トライボロジー、切削工具、放熱用デバイス基板

【テーマ題目6】 世界最高性能計測・分析技術の研究開発

【研究代表者】 末永 和知（首席研究員）

【研究担当者】 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、越野 雅至、千賀 亮典、OviduCRETU、YungChan Lin、新見 佳子、佐藤 香代子、齋藤 昌子（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

カーボンナノチューブ応用のための要素技術開発として、超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であった新炭素系物質における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。特に単分子・単原子レベルでの計測・分析技術を確立させるためには電子顕微鏡のさらなる高分解能化・高感度化が必要である。それには電子光学系の革新的発展、検出器の高効率化、装置環境の高安定化などの基礎的技術開発に加え、用途に応じた電子顕微鏡の多機能化が必要となる。それとともに、これら評価技術を駆使した新炭素系物質のナノスペース科学の構築とそれを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。

また、化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立や試料作製技術などの発展にも貢献する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電子顕微鏡、収差補正、欠陥構造、ピーポッド、内包フラーレン、光学測定

③ 【集積マイクロシステム研究センター】

(Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：前田 龍太郎

副研究センター長：廣島 洋、伊藤 寿浩

所在地：つくば東

人員：23名 (23名)

経費：740,932千円 (349,017千円)

概要：

本ユニットでは情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッ

ョンとする。

経済産業省では現在つくばにナノテク拠点（つくばイノベーションアリーナ-Nano）計画を進めている。MEMS 分野は这其中で6つのコア領域のうち、主要な分野と位置付けられている。この拠点化構想において産総研は、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベーション拠点形成を目指す。つくば拠点におけるナノエレクトロニクス等半導体、カーボン系の新材料等の研究ユニットとの連携を強化し、我が国の自動車や情報家電、健康医療デバイス等の競争力を強化する。MEMS 技術の実証の場として、クリーンルームやデータセンター、およびコンビニでの省エネを行ってきたが、さらに平成25年度は生産計測技術研究センター等と連携し、上記に加えて農業・畜産での MEMS 技術によるセンサシステム実証実験等を実施した。

産業界と連携して MEMS デバイスの量産技術の開発および集積化MEMS 試作環境の整備を行ってきた。同時に環境に対して優しくコストの低いグリーンフレキシブル微細加工、および大面積ナノ製造技術を開発し、さらにそれらを使ったユビキタス電子機械システム、特にユビキタスグリーン見守りシステムや国民の安全安心や先端医療に資するユビキタスシステムの開発を行ってきた。

これらの研究開発に加え、MEMS 試作ファウンドリサービス・人材育成による産業化促進等の共通基盤技術により、第3期中期計画の達成を図ってきた。

平成25年度は、ナノテクノロジー・材料・製造分野の重点課題として位置づけられた下記の2つの重点課題を中心として研究を推進してきた。

◆第3期加速のための重点化課題

・高集積・大面積製造技術の開発

光学機能、表面機能、生体適合性などの様々な特性を有するナノ構造を、大面積、高生産性、低環境負荷で製造するナノ構造形成技術と、それら異種の特性を有したナノ構造体と MEMS や半導体を融合するための集積化製造技術を開発することにより、産業競争力の強化と生産活動における環境負荷の低減に貢献する高集積マスマプロダクション技術の開発を行ってきた。平成25年度は特に大面積の MEMS 作製に対応可能な低温低加圧プロセスによる接合プロセスおよびインプリントプロセスの高度化を図り、自己組織化膜およびメッキプロセスによる低コストの金属パターン形成技術を開発した。また、MEMS を布状基材に埋め込むファブリック MEMS による大面積 MEMS センサの開発を行った。

◆第3期推進のための重点化課題

・ユビキタス電子機械システムの開発

バイオ、化学、エネルギーなど異分野のデバイスを融合・集積化した MEMS デバイスを製造するため

の技術ならびに低消費電力かつ低コスト MEMS コンポーネント製造技術を開発し、安全安心や省エネルギー社会実現に資するユビキタスマイクロシステムを開発してきた。

平成25年度は、無線センサ端末の感度向上と低コスト製造のためのフレキシブルな MEMS コンポーネント加工技術を開発した。新たな多値化技術により微弱電波通信距離を2倍以上にすることが可能な通信 LSI と、MEMS 電力センサを開発し、小型の通信機能付きセンサチップを試作した。製造現場等の消費エネルギーを10%削減するため「省エネ対策の個別性」を考慮した電力プロファイリングシステムを開発した。具体的には環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを適切に判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作した。さらに平成25年度は特に安全安心分野に関し、農業・畜産におけるモニタリングシステムとしてのライフインタフェースシステムに関し検討を加速した。

内部資金：

- 分野重点課題「高集積・大面積製造技術の開発」
- 分野重点課題「ユビキタス電子機械システムの開発」
- 分野加速課題「微細成形機能集積化製造プロセスに関する調査研究」
- 研究組合連携インセンティブ（NMEMS 技術研究機構）「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発」
- 戦略予算「MEMS センターの試作装置整備」
- 中小企業共同研究スタートアップ事業「情報通信向けウェアラブルレーザディスプレイ」

外部資金：

- 独立行政法人日本学術振興協会
- 最先端研究開発支援プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」
- 最先端研究開発支援プログラム「マイクロシステム融合研究開発」
- 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）「グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発」
- 科学研究費補助金（基盤研究(A)）「牛消化器疾病早期摘発のための無線ルーメンセンサ・ネットワークシステムの開発」
- 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「ソーレ効果を活用したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発」
- 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「耳内部血管流における左右非対称性の検証」
- 科学研究費補助金（基盤研究(A)）「無線通信による熱中症予防支援システムの構築と被服環境デザインの最適化」

科学研究費補助金（基盤研究(C)）「圧電素子の積層化による振動発電装置の高出力化に関する研究」
科学研究費補助金（若手研究(B)）「Wakeup による圧電 MEMS 用 PZT 薄膜の圧電特性向上」

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 CREST “超高速ナノインプリントリソグラフィ技術のプロセス科学と制御技術の開発”「超高速ナノインプリントリソグラフィ-高スループット-」

復興促進プログラム（マッチング促進）「無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発」

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)】ハイリスク挑戦タイプ（復興促進型）「ナノ構造体による高機能防曇ゴーグルの開発」

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)】（本格研究開発）【ハイリスク挑戦】「8インチ基板を用い、安全性を強化した高反応・高吸収効率 MEMS フローリアクターの高精密製作量産化技術の開発」

発表：誌上発表113件、口頭発表113件、その他29件

グリーンナノデバイス研究チーム

(Green Nano Device Research Team)

研究チーム長：廣島 洋

(つくば東)

概要：

MEMS 作製においては、通常、光リソグラフィによりマイクロメートル程度のマスクパターンを形成し、後段のプロセスが行われる。ナノインプリントは低コストでグリーンなリソグラフィであり、ナノメートル級のパターン形成が行えるほか、任意の断面形状のパターンを直接形成可能である。このナノインプリント技術を高度化し、MEMS 作製に適用することで MEMS の低コスト化、高性能化への展開を図る。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 3、テーマ項目 5、テーマ項目 8、テーマ項目 10、テーマ項目 16

ヘテロ融合研究チーム

(Hetero Convergence Team)

研究チーム長：松本 壮平

(つくば東)

概要：

インフラや環境のモニタリング、ヘルスケアなどの応用領域に適応する MEMS デバイスに求められる新しい微細加工技術・デバイス技術を実現するため、異

分野技術との融合を進め、MEMS 技術の拡張を図る。具体的には、3次元微細構造やマルチスケール構造を実現する微細加工技術、これらと流体・物質との相互作用に基づくデバイスの構築とシミュレーション技術を中心に研究開発を実施する。長期的には、これらの融合によりユビキタスマイクロシステムにおける化学・物理センサ機能、エネルギー変換機能等を有するマイクロデバイスの実現を目指す。

研究テーマ：テーマ項目 2、テーマ項目 3、テーマ項目 4、テーマ項目 5、テーマ項目 6、テーマ項目 8、テーマ項目 9、テーマ項目 11

大規模インテグレーション研究チーム

(Large Scale Integration Research Team)

研究チーム長：高木 秀樹

(つくば東)

概要：

高機能で高付加価値なシステムを実現するため、異種デバイスおよび異種材料の集積化技術の開発を進めている。そのために、表面の平坦化と活性化処理を用いた低ダメージ接合技術の開発を行っている。平成25年度は Ne ガスのビームを用いることにより、ウェハ表面を平坦化しつつ常温での接合を実現する技術を開発した。また、金属の微細パターン表面の平坦化と、表面張力を利用したセルフアセンブリによる高精度位置決めを用いて、多数のチップを一括でウェハ上に接合するプロセスを開発した。さらに、半導体製造プロセスに比べて装置コストが遥かに小さく且つ高い生産性を有する、射出成形をはじめとする微細成形技術を MEMS 製造に適用するための開発を進め、導体パターンの形成にメッキプロセスを適用することにより、デバイスの長寿命化に成功している。微細ナノ構造による各種表面機能の実現では、反射防止機能および表面の親水化機能を活用した製品の開発を、民間企業と共同で推進した。また、これらの加工技術を利用して宇宙での利用を想定したデバイス開発を JAXA と共同で進めている。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 3、テーマ項目 4、テーマ項目 5、テーマ項目 8、テーマ項目 17、テーマ項目 18

ネットワーク MEMS 研究チーム

(Networked MEMS & Man-Machine Science Research Team)

研究チーム長：一木 正聡

(つくば東)

概要：

通信機能を有するセンサ端末であるセンサネットワーク等を駆使して環境センシングやエネルギー消費最適化等を行う技術や、人間・生体の健康管理、安全安

心のための自然・人工物のモニタリング技術を開発するとともに、製造技術の省エネルギー化やグリーン化を推進するため、ユビキタス電子機械システムの開発を行っている。

具体的には、物理量や化学量センサ、発電機能素子など異分野融合デバイスを統合した数 mm 角程度の通信機能付きセンサノードチップを実現するための要素・集積化・実装技術の開発を行うとともに、上記のセンシング・モニタリングシステムの開発を進めている。また見守りシステムに応用可能なヒューマンインターフェースの調査・開発研究を進めている。実証試験として、コンビニエンスストアにおける電力消費モニタリングを行い、データの収集環境の整備を行った。

さらに、これらのデバイス・システムの社会へ実装を推進するため、オープンイノベーション拠点としての TIA (つくばイノベーションアリーナ)・N-MEMS 拠点の立ち上げ・充実化・運用を主導するとともに、この中で大学・企業等との連携を積極的に進めるため、人材育成サービスプログラムおよび MEMS ファウンドリシステムの充実化を図っている。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 8、テーマ題目 10、テーマ題目 12、テーマ題目 13、テーマ題目 14

ライフインターフェース研究チーム

(Life Interface Research Team)

研究チーム長：亀井 利浩

(つくば東)

概要：

ライフサイエンスの最前線は、分子生物学的な手法による、核酸、たんぱく質など生体分子の構造・機能の解明から、様々な生体分子が高度に組織化されたシステムとしての細胞や生命体を理解する方向にシフトしている。このような文脈の中で微小電子機械システム (MEMS)、マイクロ流路技術、および半導体集積回路は、並列動作・処理、小型性、三次元加工、試薬消費量の低減、分析の高速化等の特徴により、今後、Point-of-Care 診断、創薬、再生医療、個別化医療を革新し、少子高齢化社会を迎える我が国において、生活の質を維持しながら、医療費を削減できる技術として期待されている。これを実現するために、明確な出口イメージを描きながら、シリコンフォトニクス、マイクロ流路、圧電 MEMS 技術など、異なる専門分野を融合し、システムレベルでの設計・動作・性能の最適化を図っていく。また、ライフサイエンス分野では、産業界、大学、公的研究機関等、産総研内外の研究人材を積極的に糾合していくことがイノベーションにとって特に重要であるため、MEMS 共用施設の活動の一翼を担うことによって、ライフイノベーションを実現

することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 5、テーマ題目 7、テーマ題目 8、テーマ題目 15、テーマ題目 19

【テーマ題目 1】高集積・大面積製造技術の開発

【研究代表者】 廣島 洋

(グリーンナノデバイス研究チーム)

【研究担当者】 廣島 洋、高木 秀樹、亀井 利浩、栗原 一真、魯 健、倉島 優一、銘苺 春隆、尹 成圓、高松 誠一、鈴木 健太、前神 有里子
(常勤職員11名)

【研究内容】

この研究では、高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発することを目指している。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷で、レジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

射出成型による表面ナノ構造形成技術のスィミングゴーグルに適用する研究開発を開始した。凹凸構造によって濡れ性が向上する Wenzel 理論を利用することで、従来の塗工工程による防曇膜に比べ、飛躍的な防曇性能および耐久性の向上が見込まれる。

低温接合プロセスの開発において、表面活性化処理に Ne イオンビームを用いることにより、Si ウエハ表面の平坦性を向上し接合部の歪みを低減するプロセスを開発した。これにより、プロセスウィンドウが拡大され大面積 Si ウエハにおいても信頼性のある接合が実現され、デバイス性能の向上が期待できる。

大面積 MEMS デバイスとして12インチ Si ウエハに微細貫通スリットを形成後、Si ウエハを湾曲させ、複数枚組み合わせる MEMS-X 線望遠鏡デバイスの開発に取り組んでいる。Si ウエハを回転させながらメッキすることで回転対称性良く Si ウエハを湾曲できることを確認した。

メモリやセンサなどの3次元実装の高密度化に伴い、10 μ m 以下の配線形成が求められている。光反応型のブロック共重合型ポリイミドの光熱併用インプリント手法を用いて銅/ポリイミド積層配線の作製を試み、従来手法では困難な5 μ m 幅の銅/ポリイミド積層配線の形成に成功した。

高齢者の見守りなどに用いるための圧力センサアレイを開発している。従来の静電容量センサでは靴着用時に位置検知が困難になるという問題があったが、糸と糸が交差する場所のコンデンサ容量の変化を検知する方式を採用することで、よりその様な場合にも安定して位置検知が可能な大面積圧力センサアレイを開発した。

このほか、蛍光検出素子の励起光源の実装技術として、

端面発光レーザーダイオード (LD) のウェハーレベルパッケージング技術の開発を行った。45° ミラーを有する貫通キャビティウェハと貫通配線を有するガラス基板を微小な LD (250 μ m \times 350 μ m) のキャビティ構造への接合に成功し貫通配線経由の電流注入による LD の発光を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS 製造ライン、人材育成事業、大面積インプリント、ポリマーMEMS

【テーマ題目2】 ユビキタス電子機械システムの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩 (副研究センター長)

【研究担当者】 伊藤 寿浩、松本 壮平、池原 毅、張 毅、小林 健、岡田 浩尚、鈴木 章夫、森川 善富、井上 朋也、高田 尚樹、松本 純一、山下 崇博 (常勤職員12名)

【研究内容】

ファイバー型 MEMS コンポーネント製造技術に関して、異種材料電極によるセンサ作成技術および従来比約10倍の高スループット低コスト露光プロセスを開発した。具体的には、外径最小100 μ m の樹脂ファイバー表面に複数種類の金属電極パターンからなるセンサデバイスを作成する技術を開発した。また、50mm \times 20mm \times 50mm のポリイミド被覆パーマロイ基材の周囲に、低コスト製造プロセスであるスクリーン印刷とマスクレスめっき技術によりコイル構造を形成し、フレキシブル性を備えた薄膜型クランプ式消費電力センサ端末を開発した。

周波数と拡散符号を用いた多値化技術により、微弱電波通信距離を2.7倍にし得る超低消費電力無線センサネットワーク用通信 LSI と、MEMS 技術を用いたフレキシブル電力センサ、及び3.9mm 角の世界最小の通信機能付き温湿度センサチップを実現した。

子牛の呼吸器系疾患早期検出のための装着型センサ端末の開発において、安定して体温の計測ができる見込みのある牛の尾根部に、センサを取り付けるため、フレキシブル基板を用いて牛の尾に巻き付けて装着することが可能な無線センサ端末を開発した。この端末の有効性の検証を行うために、共同研究機関である動物衛生研究所において、子牛に端末を取り付け、肺炎試験 (Mannheimia haemolytica を接種した感染実験) を実施した。その結果、実験肺炎に伴う体温上昇をよく反映するデータが取得でき、その有効性を実証することができた。

920MHz-2チャンネル借電型クランプセンサを新たに開発・試作し、所内クリーンルーム等で実用性を検証することができた。小規模店舗の省エネ設計に向けて電力プロファイリングを高度化し、店舗間や温度-電力比較結果を出力する各店舗の省エネカルテを生成できるようにした。環境データを多点で観測することで、消費電

力のムダを“機能/電力”の観点より判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作し、社会実験によりその有用性を検証した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 無線センサネットワーク、電力モニタリングシステム、ヒューマンインターフェース、マイクロ流体、化学合成、流体シミュレーション

【テーマ題目3】 微細成形機能集積化製造プロセスに関する調査研究

【研究代表者】 松本 壮平 (ヘテロ融合研究チーム)

【研究担当者】 松本 壮平、高木 秀樹、栗原 一真、倉島 優一、張 毅、高松 誠一、山下 崇博、一木 正聡、亀井 利浩、池原 毅、鈴木 章夫 (常勤職員11名)

【研究内容】

半導体製造技術を基盤とする電子デバイス的一种としての MEMS 技術が成熟に向かいつつある一方、今後の重点分野である健康や社会インフラモニタリング等への応用においては、従来とは異なるアプローチにより、柔軟性・耐久性・大面積といった特性を実現可能な新しい MEMS 技術の重要性が高まっているといえる。こうした新規微細加工技術として、微細成形製造プロセス、繊維状基材に対する微細加工技術およびこれに基づくテキスタイル系デバイス集積化技術等に注目し、これらの実用化に向けた高度化と応用開拓の取り組みを加速するための予備的な試作評価と動向調査を中心とする調査研究を実施する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、成形技術、ポリマー、繊維状基材、テキスタイルデバイス

【テーマ題目4】 グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発

【研究代表者】 前田 龍太郎 (研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、伊藤 寿浩、高木 秀樹、池原 毅、張 毅、小林 健、魯 健、岡田 浩尚 (常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

NEDO「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト」において、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構とともに、グリーン MEMS センサの開発、無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発を行うとともに、システムの実証研究としてスマートコンビニ実現に向け、プロトタイプセンサを用いて実証のためのデータ分析・プロファイリングシステム開発を実施した。

具体的には、次のような成果が得られた。(1) 電流磁界センサ：平均21 μ W で動作するクランプ型電流セン

サおよびこれを用いた20mm x 50mm の電流センサ端末を試作。2) 塵埃センサ：クラス10万の検出感度で20mm x 50mm の塵埃センサの実現、平均消費電力100 μ W の無線センサ端末の見通し。(3) CO₂濃度センサ：従来技術に比べ消費電力を約3桁低減、平均消費電力100 μ W の無線センサ端末化の見通し。(4) VOC濃度センサ：20mm x 50mm x 10mm、平均消費電力100 μ W のセンサモジュールを実現。(5) 赤外線アレーセンサ：間欠駆動に適した温度検出アルゴリズムにより、サイズ20mm x 50mm、平均消費電力100 μ W を実現。

グリーンセンサ端末の開発では、DSC と EDLC から構成される超小型高効率低照度環境向け自立電源の研究開発を進め、外形寸法2cm \times 5cm (実効発電面積7.75cm²) の自立電源 (3V 出力型、4セルモジュール) を開発し、蛍光灯500ルクス環境下にて無線送信時に約130 μ W の平均出力であることを確認した (平均発電量は170 μ W 程度)。また、1.8V 出力型自立電源 (外寸2cm \times 5cm) の開発も進め、蛍光灯500ルクス環境下にて無線送信時に100 μ W ~120 μ W の平均出力であることを確認した。また端末エネルギーマネジメント回路を開発において、端末エネルギーマネジメント回路を搭載した端末用LSIと太陽電池を接続した自立電源モジュールを試作し、性能目標値 (端末起動時間を、従来技術比1/100以下、典型的な負荷変動に対し、出力電圧変動10%以内) の達成を確認した。

また、無線グリーンセンサ端末機能を低コストかつフレキシブルに集積化するために、キャパシタを内蔵するシリコンインターポザーを開発し、無線モジュールへ適用した。機能検証のため無線モジュール試作を実施、試作の中で内蔵キャパシタと TSV の共存構造を実現するためのプロセス課題を抽出・改善しプロセスを確立した。

超低消費電力無線通信技術の開発では、前年度開発した直交信号と拡散符号を用いた M 値周波数偏移変調 (MFSK) を実現するカスタム LSI を実装した無線送信器と受信器を試作し、センサからグリーンセンサコンセントレータまでの通信が可能であることを実証した。

スマートコンビニ実証に関して、無線センサによる測定データを活用した「電流の見える化による電力消費のムダの抽出」、「環境センサによる室外機の環境温度、店内温度、ウォークインドアの開閉の店舗間比較と消費電力量を合わせて考慮することによる消費電力量のムダ把握」により消費電力量を削減した。また、これまでの成果を店舗毎の「省エネカルテ」としてまとめるとともに、920MHz 店舗環境センサ店舗への実装 (1,100 端末) と、GCON (グリーンコンセントレータ) 等を活用した3G 回線経由でセンサデータを取得できるシステムを構築し、店舗内の詳細な環境データの取得を可能にした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS センサ、無線センサ端末、センサネットワーク、低消費電力化、大規模実

証実験、省エネルギー

【テーマ題目5】 MEMS センターの試作装置整備

【研究代表者】 前田 龍太郎 (研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、伊藤 寿浩、廣島 洋、高木 秀樹、松本 壮平、一木 正聡、池原 毅、小林 健
(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

集積マイクロシステム研究センターでは MEMS の試作環境として、つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano) による8/12インチウエハによる量産試作ラインと、4インチウエハを中心とする研究試作ラインを整備している。このうち4インチウエハ研究試作ラインでは、マスクアライナおよびステップのリソグラフィー設備が老朽化し、修理も年々困難になっている状況であった。リソグラフィー設備は、一連の MEMS 試作プロセスにおいてもっとも使用頻度が高く、キーになる工程であるためこれらの整備は喫緊の課題であった。

本戦略課題においては、4インチの研究試作環境における上記の課題を解決するため、マスクアライナ装置とマスクレス露光装置を導入するとともに、リソグラフィーを中心に関連する設備の整備を行った。新規マスクアライナは、露光の光学系およびマスクとウエハのコンタクト法の改善により、高い分解能と深い焦点距離を両立し、既存のステップと同等の線幅での描画を実現している。マスクレス露光装置は、MEMS の試作でしばしば発生するマスクの手直しに迅速に対応可能であり、研究試作の効率向上に大きく貢献する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、4インチウエハライン、マスクアライナ、マスクレス露光装置、リソグラフィー

【テーマ題目6】 情報通信向けウェアラブルレーザディスプレイ

【研究代表者】 松本 壮平 (ヘテロ融合研究チーム)

【研究担当者】 松本 壮平、一木 正聡、チェ スン Chol (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

2次元MEMS スキャナとレーザー光源を用いることにより、従来提案されている方式より飛躍的に小型・軽量化が可能なウェアラブルディスプレイの実現を目指す。企業との共同開発プロジェクト開始に向けた支援事業として、予備的調査を実施した。具体的には、複数のデバイスメーカーからサンプル出荷されている2次元 MEMS スキャナを対象に、ウェアラブル機器への搭載を想定した場合の優位点・課題を抽出するための機械的・光学的特性に関する各種評価を行った。圧電式、電磁式、静電式の各駆動方式による3種類の2次元 MEMS スキャナサ

ンプルに対して、レーザードップラー振動計による振動挙動の詳細解析、及び TIA (Time Interval Analyzer) 計測による走査挙動解析を併せて実施することにより、それぞれの1軸・2軸駆動時の特性を多角的に比較可能な結果を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、ウェアラブル機器、レーザー、ディスプレイ、振動解析

【テーマ題目7】 フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

【研究代表者】 亀井 利浩 (ライフインタフェース研究チーム)

【研究担当者】 亀井 利浩、前神 有里子、眞子 祥子、武井 亮平 (電子光技術研究部門)
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

現在、大規模集積回路においては、データ遅延や電力消費といった電気配線に起因する問題が顕著となりつつあり、シリコン光配線が注目されている。アモルファスシリコンは低温プロセス (300°C以下) により、シリコン電子回路上に形成でき、かつ3次元光配線を実現できることから、近年、大きな注目を集めている。最終的に3次元光配線を構築するには導波路などの受動型デバイスだけで能動型デバイスを開発する必要があり、特に電気信号を光信号に変換する高性能な変調器は最重要であるため、我々は「アモルファスシリコン変調器」の開発を進めている。

平成25年度は、ヘテロ接合型アモルファスシリコン変調器を試作し、アモルファスシリコンにおける電流注入によるキャリアプラズマ効果を世界で初めて観測することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 3次元光回路、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、大規模集積回路

【テーマ題目8】 マイクロシステム融合研究開発

【研究代表者】 前田 龍太郎 (研究センター長)

【研究担当者】 前田龍太郎、小林 健、高木 秀樹、廣島 洋、松本 壮平、亀井 利浩、井上 朋也、張 毅、岡田 浩尚、松本 純一、高田 尚樹、栗原 一真、魯 健、尹 成圓、倉島 優一、鈴木 健太、山本 泰之 (計測標準研究部門)、住友 慶子、安達 仁朗、チェ スンチョル、大瀧 憲一郎、孫 秀茹、牧本なつみ、張 嵐、Park Sang-Cheon、前田 敦彦、橋本 はる代 (常勤職員16名、他11名)

【研究内容】

MEMS と微細集積回路など異種要素を融合した、高付加価値なマイクロシステムの実現を目指し東北大学と協力して開発を進めている。東北大学では「ヘテロ集積化初期試作」、「試作コインランドリ」、「超並列電子線描画装置」をサブテーマとして実施し、「ヘテロ集積化量産試作」、「高効率 MEMS 融合製造技術」のサブテーマを産総研にて実施している。

「ヘテロ集積化量産試作」では、東北大学の「ヘテロ集積化初期試作」や産総研で開発してきた各種デバイスの量産試作を行う。圧電 MEMS プロセス技術については、8インチウエハプロセスを確立するとともに、ユニポーラパルスポーリングにより、圧電 MEMS に集積化した PZT 薄膜の圧電定数-d31を100-110pm/V と、従来5分程度かけていた直流電圧ポーリングの-d31=80-90pm/V を上回りながら、時間は1秒以下と大幅に短縮することに成功した。このプロセス技術を元にした、圧電 MEMS デバイスの開発については、圧電 MEMS 静電気センサと集積回路を指先大の世界最小の静電気センサとして集積化し、静電気センサとして機能させることに成功した。

粘性センサの開発では、変位検出方法の改良により出力の増大を図るとともに、製品パッケージに極めて近い USB メモリーサイズのセンサーホルダーと、名刺大の小型計測制御回路を開発し USB ケーブルでパソコンに接続するだけで粘度測定が可能なシステムを完成させた。

ガラスマイクロリアクタの開発においては32ch リアクタの製法を確立したが、滞留時間の増大に伴い反応器温度が20度近く上昇することなど蓄熱の影響が無視できないこと、実証運転にあたっては何らかの除熱機構が必要であることを明らかになった。また、反応器を8並列のリアクタの並列化を可能とする方法を確立し、過酸化水素水2kg/d の製造を達成した。

ポイントオブケアマイクロ流体バイオチップの開発においては、プレーナー集積型蛍光検出素子に発展可能なマイクロ LED 面光源を実装した超小型蛍光検出モジュールを開発し、マイクロ流路における免疫抗体反応の蛍光検出に成功した。

「高効率 MEMS 融合製造技術」では、異種デバイス集積化のための接合プロセスや、微細成形による MEMS 製造技術などの、低コスト低環境負荷の MEMS 製造プロセスの開発を進めている。低温接合プロセスにおいて、表面の活性化処理に Ne のイオンビームを用いることにより、ウエハ表面の平坦性が向上し接合部の歪みを低減するプロセスを開発した。これにより、デバイス性能の向上が期待できるとともに、プロセスウィンドウを拡大し大面積ウエハへの適用が可能となる。また、MEMS 構造の封止保護と異種デバイスとの電気接続を同時に実現するため、金属メッキパターンのリフトオフプロセスを利用して、原子レベルで平坦な金属表面を形成する技術を開発し、常温低荷重での金属の接合を実現した。サ

イズフリー集積化技術では、液体の表面張力を利用したセルフアSEMBリによりキャリアウェハ上に高精度に配置した多数チップを、開発した低温接合技術により一括転写するプロセスを実現した。

微細成形による高密度配線製造技術の開発では、可溶性ブロック共重合ポリイミドを用いた微細成型プロセスにおいて、UV 照射と熱処理の最適化により高精度の成型を実現し、メッキプロセスと組み合わせて多層配線板の試作を行った。微細成型技術による MEMS デバイスの作製では、メッキによる導体パターン形成によりデバイス寿命を大幅に延長することに成功した。これらを用いて、携帯カメラ用のレンズ一体型オートフォーカスユニットの設計試作を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー、材料、製造

【キーワード】 ヘテロ集積化、MEMS、圧電材料、微細接合、微細成型

【テーマ題目9】 グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発

【研究代表者】 張 毅 (ヘテロ融合研究チーム)

【研究担当者】 張 毅、Yang Zhuoqing
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

埋め込み型マイクログルコースセンサを表面マイクロマシニングによって外径330 μm のキャピラリー上に作製した。繊維状基材へのレジスト塗布プロセス、金属膜のウェットエッチングおよびリフトオフプロセスを開発した。また、繊維状基材による埋め込み型マイクログルコースセンサの量産に必要な三次元レーザー描画による三次元露光マスクの開発を行った。従来の三次元レーザー描画技術による描画エリアが最大でも300ミクロン角程度であったのに対し、本研究では5000ミクロン角と広い描画エリアを達成した。また、繊維状基材表面へのインプリントプロセスにより、前述のマイクロセンサの特性向上に成功した。今後、繊維状基材の直接リソグラフィ技術と微細加工プロセスを確立し、植込み型マイクロセンサとデバイス化技術の研究を進めてゆく。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、繊維状基材、マイクロセンサ

【テーマ題目10】 牛消化器疾病早期摘発のための無線ルーメンセンサ・ネットワークシステムの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩 (副研究センター長)

【研究担当者】 伊藤 寿浩、岡田 浩尚、高松 誠一、野上 大史 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

平成24年度に試作したプロトタイプのルーメンセンサ端末のルーメン内投与試験の結果を受け、平成25年度はルーメンセンサの詳細形状を決定、その試作を行った。

このセンサ端末の形状は円筒型(直径27mm、長さ70mm、密度は1.9g/cm³)であり、ルーメン内に持続的に留置することが可能である。この無線式のルーメン内留置型センサ端末(温度センサ、運動量センサ搭載)を、外科的に胃収縮運動検知センサ(transducer法)を装着した牛に投与して、ルーメン収縮運動とルーメン内容物の流動性を解析し、ルーメンセンサによる胃収縮運動解析の可能性について検討した(牛の実験は共同研究機関である動物衛生研究所が担当)。その結果、ルーメンセンサ端末の運動量センサによって得られるルーメン内容物の流動性の変化は、ルーメン収縮運動とほぼ完全に同調することを明らかにした。また、キシラジンを投与してルーメン運動の抑制並びに鼓脹症を再現したところ、運動量センサで得られるルーメン内容物の流動性はルーメン収縮運動と同調して停止することが確認できた。以上のことから、ルーメン内容物の流動性を評価することでルーメン収縮運動を検知する技術と、ルーメンセンサを用いた流動性評価によって牛の鼓脹症やルーメンアトニーなどの胃運動障害を非侵襲的に早期に検出できる技術の開発に初めて成功した。また実験システムを再構築(無線センサ端末のアンテナ形状の変更、受信機側のアンテナを八木アンテナに変更)することで、データの受診率を93%以上と大幅に改善することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 リモートセンシング、無線センサ端末、圧電センサ

【テーマ題目11】 ソーレ効果を活用したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発

【研究代表者】 松本 壮平 (ヘテロ融合研究チーム)

【研究担当者】 松本 壮平 (常勤職員1名)

【研究内容】

芝浦工業大学との協力により、マイクロ化学プロセス等における精製工程での応用を想定したガス分離用マイクロ流体デバイスの開発を行っている。成分分離の原理として、温度勾配によって駆動される分子拡散現象であるソーレ効果を応用することで、廃熱等を利用し化学的処理を一切必要としない新しいガス分離技術の確立を目指す。マイクロスケールでは大きな温度勾配の形成や安定した層流の実現が容易であるためソーレ効果の発現には有利である一方、実用的な分離効果と処理量を両立させるためのMEMS流体デバイスの開発は、複数の機構による物質輸送が共存する流れ場の適切なハンドリングが要求される挑戦的な課題となっている。今年度は、すでに単段でのガス分離効果を実証済みのMEMS流路を多段化可能な形に再設計し、デバイス試作と実験により、ほぼ予想と一致する性能向上を確認した。今後は設計最適化等により更なる分離効果と収率の向上を図る。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、マイクロ流体デバイス、ガス分

離、廃熱利用

〔テーマ題目12〕 耳内部血管流における左右非対称性の検証

〔研究代表者〕 森川 善富（ネットワーク MEMS 研究チーム）

〔研究担当者〕 森川 善富（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究課題は平成25年度から平成27年度までの3年計画であり、本年度は初年度に当たる。本研究課題で用いるワイヤレス計測機器は無線で脈波情報を伝送するものであり、最近相次いでプレス発表されているウェアラブル機器と密接な関連がある。このため、ウェアラブル機器等の関連情報を幅広く積極的に収集した。また本研究課題で実施する被験者実験実施に向けたハード面、ソフト面両面からの研究環境の整備を行うと共に、グループ内のインフォーマルミーティングにおいて議論を重ねるなど生体情報の計測条件や音声提示条件等の実験実施計画を検討した。

生体情報計測の観点から所属機関の外部公開に積極的に協力した。主として企業の方を対象とした産総研オープンラボではグループ員と共に出展し、研究の応用展開を模索した。地域住民を対象とした産総研一般公開では代表者として生体情報の一部である脈波計測に関して出展し、来場者の脈波を実測して印刷手渡し生体計測への理解を深めていただいた。

今後、検討した実験実施計画を基に所属機関内の人間工学実験委員会へ実験計画書を提出して、生命論理3原則に則った審査、承認を受けた後、被験者実験実施へ展開していく予定である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 センサ、生体情報計測、ウェアラブル機器

〔テーマ題目13〕 無線通信による熱中症予防支援システムの構築と被服環境デザインの最適化

〔研究代表者〕 一木 正聡
（ネットワーク MEMS 研究チーム）

〔研究担当者〕 一木 正聡、鈴木章夫（常勤職員2名）

〔研究内容〕

暑熱環境下でのスポーツ時、オフィス作業時や肉体労働時等の各種作業時の熱中症予防に向けて、実際の生活環境での着衣の暑熱環境状態計測を連続して行うため、人体、着衣、環境に関わる暑熱環境物理量を計測し無線で集積し、人の暑熱的快適性の指標となる暑熱感覚計測を行う。被験者に装着負荷が少なく、常時モニタリング可能な無線機能付きのウェアラブルシステムを開発し、ウェアラブルシステムでの計測・解析・評価を行い、熱中症予防に貢献するシステムを構築することを目的とする。

また、暑熱環境時の熱中症予防のため暑熱的に最適な着衣の条件を検討するため、着衣の熱水分移動性能への風、動作および着衣のデザインによる影響を評価するシステムを構築する。手足の揺動による着衣のふいご作用による換気は、人体からの熱水分移動性を促進させるため環境の風の効果以上に着衣の暑熱快適性向上に重要であるが、定量法が確立していない状況である。そこで、本研究では、暑熱的に最適な着衣の条件を検討するため発汗・歩行動作マネキンとトレーサガス法を用いて暑熱的に最適な着衣のデザインを検討する評価法を構築する。

実証試験をフィールドと実験室環境で行うために環境整備を進めるとともに、取得した生体データの解析と小型・高性能化に向けたシステム構築のために技術的な検討を行っている。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 熱中症、センサ、無線、被服、環境、予防、システム化

〔テーマ題目14〕 圧電素子の積層化による振動発電装置の高出力化に関する研究

〔研究代表者〕 一木 正聡（ネットワーク MEMS 研究チーム）

〔研究担当者〕 一木 正聡（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エンジン、走行車両、発電機システムなど振動する人工構造物において消散されている振動エネルギーを、高効率に変換する圧電素子を用いた振動発電素子の開発を目的とする。まず、エネルギー変換効率の指標となる電気機械結合係数を高めるために添加剤の種類、濃度および厚さ、積層数を最適化する。さらに、負荷荷重や振動回数が圧電素子の発電性能、耐久性および構造健全性に及ぼす影響を明らかにし、圧電素子の長時間振動発電試験、繰り返し圧縮・除荷試験、破壊試験を行う。一連の研究により、高出力かつ高信頼性な機械構造物のための振動発電素子を開発する。

本研究では、この PZT を用いて、高エネルギー変換効率、かつ高信頼性を有する振動発電用素子を開発することを主目的とする。さらに、鉛フリーの圧電素子の適用性も検討する。

PZT への添加剤、添加濃度、添加剤の組み合わせなど添加剤の最適配合を決定するため、有力な各種添加剤を組み合わせることで添加した PZT を用いた荷重除荷試験を行い、発電特性を把握する。これらの最適条件を組み合わせることで高エネルギー変換効率を持つ積層型 PZT、すなわち、発電素子の最適な材料成分と構造を決定する。

これまで定式化されていなかった圧電素子の発電特性に関する等価電気回路モデルを導出するとともに、最適発電素子を用いた発電装置として蓄電までの周辺回路を含めた最適化を行う。

PZT への負荷荷重や繰り返し荷重が発電性能や強度

などの耐久性に及ぼす影響を把握する。振動回数は1000万回を目標とする。

本研究で得られた知見を鉛フリー圧電材料に対しても適用し、次世代の環境低負荷素材の発電特性向上の検討を行う。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 圧電、発電、セラミックス、素子、高出力化

【テーマ題目15】 Wakeup による圧電 MEMS 用 PZT 薄膜の圧電特性向上

【研究代表者】 小林 健 (ライフインターフェース研究チーム)

【研究担当者】 小林 健、牧本 なつみ、鈴木 靖弘 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

目標

本研究では交流電圧印加により PZT 薄膜の圧電特性が向上する現象 (wakeup) に着目し、現象の解明、電圧印加条件の最適化、圧電 MEMS 作製プロセスへの導入について研究を行い、圧電薄膜の特性向上のための新たに普遍的な手法を確立する。

研究計画

本研究では(1)wakeup した様々な組成の PZT 薄膜の微細構造解析による現象の解明、(2)電圧、周波数、波形など wakeup 条件の最適化、(3)wakeup の作製プロセスへの導入と、特性の面内均一性、信頼性への影響評価を行う。

年度進捗状況

テトラ組成、MPB 組成の PZT 薄膜を wakeup し、c 軸配向性が向上することで圧電特性が向上することを見出した。ただし、一定以上の電圧印加でクラックが入ることが見出された。波形を最適化した結果、テトラ組成ではバイポーラ、ユニポーラ wakeup 共に圧電特性が向上したが、MPB 組成ではユニポーラ wakeup だけが効果的であることが見出された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 圧電、MEMS、プロセス、ポーリング

【テーマ題目16】 超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットー

【研究代表者】 廣島 洋

(グリーンナノデバイス研究チーム)

【研究担当者】 廣島 洋、高木 秀樹、銘苅 春隆、尹 成圓、鈴木 健太、王 清 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットーの研究においては、凝縮性ガスを利用したモールドへの樹脂の完全充填効果を検証し、スケーリングにより

20nm レベルでも有効に機能することを確認する。また、容積均一化モールドの充填に影響を与える因子を抽出し、モールド構造の最適化の指針を得る。ナノインプリントリソグラフィの高スループット化のボトルネックであるモールドへの樹脂充填時間を最小化するためのモールド構造を作製し、スループット100枚/時を実現する上で必要となる0.1秒以下の樹脂充填を実現し、モールド全域の充填が20nm レベルにおいても完了可能であることを実証する。

半導体応用を目指した光ナノインプリントプロセスでは高精度の重ね合わせ (アライメント) 精度が要求される。光ナノインプリントにおいてはモールドを基板上の樹脂に接触させた後にアライメントを行う液中アライメントの手法は高精度が期待できるものの、樹脂とモールドの屈折率差が小さいために視認性に課題があり、マーク部分を樹脂と接触させないなどの対策がとられている。研究中の凝縮性ガスペンタフルオロプロパン (PFP) 雰囲気下の光ナノインプリントではスピコート膜を利用するためにそのような手法を採用できず、別の手法により視認性を向上しなければならない。インプリント用モールド作成プロセスと親和性が良く、マーク部分にのみ高コントラスト膜を形成する簡便なプロセスを開発し、PFP 雰囲気下の光ナノインプリントで液中アライメントを行い、予備的評価ではあるが、100nm 以下の精度で液中アライメントが行えることを実証した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光ナノインプリント、インプリントリソグラフィ、次世代リソグラフィ、半導体製造技術

【テーマ題目17】 無反射ナノ構造体による撮像用マイクロレンズの製造技術開発

【研究代表者】 栗原 一真 (大規模インテグレーション研究チーム)

【研究担当者】 栗原 一真、倉島 優一、高木 秀樹、鎌田 かおり (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

近年、マイクロレンズユニットは、8~12メガピクセル以上の高解像度をもち、小型化したレンズユニットを低価格で提供することが要求されている。本研究は、マイクロレンズの表面にナノ構造体を作製することで、反射防止コートと同等の反射防止効果を得て、蒸着工程を省ける製造技術を開発している。

本課題では、成形だけで既存の反射防止技術と同等の反射防止特性を実現するナノ構造体金型と、そのナノ構造体の金型を用いて、撮像用マイクロレンズに要求される低光収差を実現する成形技術の研究開発を行い、量産化の目途を立てることを目標とする。

平成25年度は、ナノ凹凸構造体の検討と金型を改良し、より面精度を向上させた反射防止ナノ構造体を実現する

ことができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ構造体、反射防止、モスアイ、サブ波長光学素子、光学レンズ

【テーマ題目18】 ナノ構造体による高機能防曇ゴーグルの開発

【研究代表者】 栗原 一真（大規模インテグレーション研究チーム）

【研究担当者】 栗原 一真、倉島 優一、高木 秀樹、橋本 はる代（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

近年では、防曇機能が付与されたゴーグルが一般的になり、ゴーグル生産量の9割以上を占めている。しかしながら防曇機能では、初期性能が良好であってもそれが維持できる回数が30回程度（実使用期間：半年程度）と短い事が問題になっている。

本課題では、現在の製造方法である塗工工程による防曇膜に比べ飛躍的な防曇機能の向上が見込まれる、“凹凸構造によって濡れ性が向上するというWenzel理論”を利用することで、現状品に比べて性能を向上できるスイミングゴーグルを実現することを目標とする。

平成25年度は、ナノ構造体作製装置の改造およびナノ凹凸用塗膜の検討開発を行い、澆油・親水性の薄膜について検討を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ構造体、親水、撥水、濡れ性、サブ波長光学素子、光学

【テーマ題目19】 8インチ基板を用い、安全性を強化した高反応・高吸収効率MEMSフローリアクターの高精密製作量産化技術の開発

【研究代表者】 井上 朋也（パイオインターフェース研究チーム）

【研究担当者】 井上 朋也（常勤職員1名）

【研究内容】

目標

水素及び酸素の直接反応による過酸化水素製造用途の安全かつ高効率（実用濃度の一段製造、高圧不要、冷却不要）ガラス製マイクロリアクターの製造技術をシーズ技術として、①オンサイト過酸化水素製造用反応器、②汎用フローリアクターの実用化に向けた反応器製造技術開発を目指す。

研究計画

①耐圧性向上：50℃、50気圧の圧力による連続運転に堪えるだけの耐圧性向上について、とくに配管接合法およびそれをサポートする治具の開発を中心に行う。

②除熱効率向上：小型マイクロリアクターを用いた実測結果に基づいて熱収支モデルをつくり、放熱板込みのマイクロリアクター設計につなげる。

年度進捗状況

①研究担当者が出願人である特願2012-170090の手法を進展させ、配管をマイクロリアクターの側面方法から接合する方法について耐圧性を強化する方法を検討した。

②研究担当者らが発明者である特願2013-41822の手法を進展させ、ガラスにシリコンを接合した反応器についてシミュレーションにより放熱効果を予測した。

【分野名】 製造技術－生産プロセスの環境負荷最小化・安全化に係る技術

【キーワード】 マイクロリアクター、ナンバリングアップ、水素および空気（酸素）の直接反応プロセス、過酸化水素

④【先進製造プロセス研究部門】

（Advanced Manufacturing Research Institute）

（存続期間：2004.4.1～）

研究部門長：淡野 正信

副研究部門長：飯田 康夫、市川 直樹

首席研究員：大司 達樹、明渡 純、加藤 一実

総括研究主幹：平尾 喜代司

所在地：中部センター、つくば東、つくば中央第5

人員：105名（105名）

経費：1,062,869千円（687,916千円）

概要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、我が国の製造産業が抱えるこれらの課題解決のため、「最小の資源」「最小のエネルギー」「最小の廃棄物」で「最大限の機能・特性」を發揮する製品を「高効率」で作る製造プロセス技術（ミニマルマニュファクチャリング）に関する研究開発を先導することにより、我が国の製造産業の持続的発展、すなわち、我が国の製造産業の環境との調和と国際競争力の向上に貢献することをミッションとする。また、中小企業など多数の企業の課題解決や人材を育成するための「ものづくり支援ツール」の開発と普及を行う。

具体的には、第3期では、下記の6つの分野重点化課題（戦略課題）を定め、材料技術と機械・加工技術とが融合化した研究開発を進めるとともに、製造現場の技術と技能継承のための「ものづくり支援ツール」の開発と普及を行う。また、製造技術の新たな潮流への取組みを進める。

① 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術、ならびに素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術を開発する。

② 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を確立する。

③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

固体酸化物燃料電池、蓄電池等に使用される高性能材料・部材・モジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

④ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

部材の高付加価値化を進めるため、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合・融合化と適材配置により、多機能部材を開発する。

⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。

⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

高品位な製造を可能にし、またそれを支える高度な技能を継承するため、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率・低環境負荷な加工技術を開発する。

当研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つ中部センター(8研究グループ)と、機械・加工技術や物質合成・プロセスに関する研究ポテンシャルを有するつくばセンター(13研究グループ)の2カ所にあり、計21研究グループ及び4研究班で研究を進めた。本年度においては、戦略課題①～⑥の推進のため、以下の10課題を部門重点課題、2課題を萌芽育成課題とした。

(部門重点)

- ・「高性能セラミックス部材関連技術」
- ・「表面機能付与プロセス技術の開発」
- ・「オンデマンド・リペア技術の基盤的开发」
- ・「先進コーティング PF 活性化のためのベンチマーク評価の促進」

- ・「オンデマンドプロトタイプング技術の開発」
- ・「次世代セラミック電池材料・製造技術の開発(熱利用 SOFC/SOEC 技術、次世代二次電池技術)」
- ・「マルチガスセンサ素子の高感度化」
- ・「高速・高効率加熱技術に於ける CFRTP の動態観察」
- ・「新たな加工技術、劣化評価技術を包含した機器設計のための基本システムツール開発」
- ・「ものづくり支援技術の普及」
(萌芽育成)
- ・「新素材エンジニアリングの先行技術」
- ・「生体加工技術」

さらに、以下の18課題を萌芽研究課題とした。

- ・「軟磁性材料の加工ひずみ制御による磁気特性改善の検討」
- ・「医療用部材に向けた二酸化チタン被覆多孔質チタン合金の開発」
- ・「永久磁石による磁気軸受の開発」
- ・「めっき法を用いたチタン-鉄異材溶接技術の開発」
- ・「ターゲット分子を認識する無機結晶界面の形成」
- ・「モデル表面を用いた添加剤効果の検証」
- ・「硬脆材料の極微小加工に関する原子シミュレーション」
- ・「アルミニウム系材料の腐食および摩擦・摩耗特性に対するエタノール燃料中の水分量の影響に関する研究」
- ・「溶融射出ミルによる機能性コンポジット材料の製造技術に関する研究」
- ・「マイクロサイズ粒径の γ アルミナ分散体の応用先の探索に向けた研究」
- ・「光化学修飾法による表面ナノコーティング技術の高度化に関する研究」
- ・「低炭素含有量シロキサンを活用によるアルミナーアルミニウムメタライズ形成技術の開発」
- ・「マイクロ SOFC モジュールにおける非破壊検査手法の確立」
- ・「新規機能性材料開発に向けた完全大気非暴露合成評価一環システムの構築」
- ・「ナノ領域で安定な多形の合成プロセスの開発および相安定評価」
- ・「CFRP ダメージ評価法の開発に向けた熱弾性応力測定および熱伝導逆解析に関する研究」
- ・「Fundamental mechanisms of metal cutting; Surface quality control」
- ・「複合ナノ粒子気相合成プロセス並びに応用技術開発」

内部資金:

- ・先進コーティング技術に関する大面積実装環境の整備
- ・ダイヤモンドライクカーボン膜の密着性評価の標準化

- ・パワーデバイス用セラミックス放熱基板の機械的特性試験方法の標準化

外部資金：

経済産業省

日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

- ・「ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発」

超精密三次元造形システム技術開発プロジェクト

- ・超精密三次元造形システム技術開発プロジェクト

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

産業技術研究助成事業

- ・「ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状電発電モジュールの開発」
- ・「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発／次世代技術開発／マイクロ SOFC 型小型発電機」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究(C)

- ・「安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発」
- ・「超音波照射による気泡振動を利用したナノ駆動体に関する研究」
- ・「傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開」
- ・「有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用」
- ・「表面化学修飾法による核磁気共鳴画像用ガドリニウム担持ナノダイヤモンド粒子の作製」
- ・「熱音響システムの高効率化のためのハニカムセラミックスの検討」
- ・「事例とシナリオモデリングに基づく持続可能ビジネス設計・立案支援手法」

科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

- ・「複合機能性デバイスの開発」

科学研究費補助金 若手研究(B)

- ・「鉄系表面における高機能コーティング技術の開発」
- ・「化学溶液法における紫外レーザー照射時のナノ秒温度計測に基づく光結晶成長機構の解明」
- ・「配向酸化物薄膜/構造体の高オンデマンド作製手法の開発」
- ・「リン酸塩ガラス電解質燃料電池の高性能化開発」

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業(CREST)

- ・「新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術(キャリアファーム共電解技術)の開発」

先端的低炭素化技術開発(ALCA)

- ・「ガーネット型酸化物電解質材料の創出」
- ・「単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発」
- ・「リチウム空気二次電池の基盤技術開発/セラミックスセパレータ技術の開発」

研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)

- ・「住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発」
- ・「アルミナ膜コーティングによる耐摩耗性を強化した産業用ロール製造技術の開発」
- ・「表面テクスチャリングを用いた抗菌表面の開発」
- ・「電磁超音波による鋳造製品の非接触内部欠陥検査」
- ・「廃熱発電を志向した導電性ナノキューブ SrTiO₃の合成とその熱電特性評価」
- ・「高周波化に対応した低誘電損失コンポジット基板材料の開発」
- ・「酵素の耐熱性向上を実現するメソポーラスジルコニア担体の開発」
- ・「低酸素濃度を計測する半導体式酸素センサシステムの開発」

発表：誌上发表262件、口頭発表476件、その他68件

難加工材成形研究グループ

(Low-Formability-Materials Processing Group)

研究グループ長：松崎 邦男

(つくば東)

概要：

マグネシウムやチタン、ステンレス等の難加工材の成形や難易度の高い形状への成形について、省エネ工程で環境に配慮した成形技術を金型の潤滑システムとともに開発する。そのために、素材の製造技術とその成形技術を粉体加工と塑性加工を主としたプロセスの高度化、複合化、融合化によって開発する。素材の成形性を改善するための加工熱処理技術の確立、応力条件を制御した温間、熱間鍛造や転造加工技術の開発、ひずみを制御した軟磁性材料の打ち抜き加工、マグネシウム合金板材の冷間プレス成形技術の開発およびスピニング加工の高度化を行う。また、医療デバイスを目指して精密 Mg 細管を製造するための押出し、引抜き加工技術を開発する。さらに難加工材の加工のための工具材料の開発を行う。チタン合金やステンレス等については粉末法を用いた機能性材料の開発とレーザーによる積層造形技術を開発する。これらの技術を統合することでオンデマンド成形の構築を目指す。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目9、テーマ題目13、テーマ題目14

テーラードリキッド集積研究グループ

(Tailored Liquid Integration Research Group)

研究グループ長：加藤 一実

(中部センター)

概 要：

21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展と高齢化社会における医療福祉技術の高度化のため、グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成に向けて、無機・有機ナノ材料の適材配置により、ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材を開発する。当研究グループでは、溶液化学をベースとした集積プロセス技術の体系化を目指し、溶液内機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、複雑形状基板やフレキシブル有機高分子材料上への精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、酸化物ナノクリスタルの合成・配列・接合、および解析・評価に関する基盤技術の開発、誘電/蓄電デバイスの高性能小型化に向けた単結晶ナノキューブのボトムアップ技術の開発、医療用部材ならびにエネルギー関連部材に向けた微細な凹凸構造やメソ～マクロ孔を有する無機・有機系機能性薄膜の形成に関する基盤技術の開発を実施し、多様な外部機関との階層的な連携による産業化の可能性を検討した。

研究テーマ：テーマ項目4、テーマ項目7、テーマ項目11、テーマ項目14

トライボロジー研究グループ

(Tribology Group)

研究グループ長：大花 継頼

(つくば東)

概 要：

製造装置の効率や製品の付加価値を向上させるため、グループが有するポテンシャルを生かし、それを表面機能創成技術に展開していくことを目標とする。製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発を意識しながら、表面加工技術を用いた省エネ製造技術の開発を中心に据え、基盤的および先端的トライボロジー技術を有機的に連携させることで省エネ製造技術の開発を進める。その中で、環境面への配慮や信頼性も含めたシステム性能の向上や、表面および潤滑システムに新しい機能を発現させることを目指す。中・長期的には、マイクロ/ナノトライボロジーを主軸とした研究を進め、トライボロジーを科学的に深化させ、トライボロジー技術の革新を指向する。また、最先端の技術情報拠点となるべく、研究グループ内の研究者個人の研究ポテンシャルを高めるとともに、共同研究等を通じて実用化を目指した応用研究を行い、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努めた。

研究テーマ：テーマ項目2、テーマ項目4、テーマ項目9、テーマ項目15、テーマ項目18

集積加工研究グループ

(Integration Process Technology Group)

研究グループ長：小木曾 久人

(つくば東)

概 要：

集積加工研究グループでは、デバイス応用まで視野にいれたコーティング技術や表面処理技術とその評価技術の研究開発を行っている。常温でセラミックスコーティングを可能にしたエアロゾルデポジション法を中心に、耐摩耗性コーティング技術の開発、太陽電池やリチウム空気電池、熱電変換素子などエネルギーデバイスへの多様な応用に取り組んでいる。この取り組みの結果、積水化学と共同で、室温プロセスでのフィルム型色素増感太陽電池の試作に成功し、プレス発表を行った。また、オンデマンドフレキシブル製造技術を推進するために、ミニマルファブの研究開発に取り組んでおり、ミニマルファブ用のスパッタ成膜装置の試作機を完成させ、SEICON2013の展示会場において他のミニマル装置とともに半導体プロセスを行い、実際にMOSFETデバイス作製のデモを実施した。

研究テーマ：テーマ項目3、テーマ項目4、テーマ項目6、テーマ項目16

生体機構プロセス研究グループ

(Bio-Integration Processing Group)

研究グループ長：加藤 且也

(中部センター)

概 要：

高齢化社会の到来を迎え、医療・バイオ分野における高付加価値製品のフレキシブル製造プロセス技術開発が急務である。当研究グループでは、生物機能を発現させるために必要とされる最小の単位(ユニット)であるパイオユニットの集積により、細胞増殖・分化を活発にさせるなどの生体機能を自立的に誘導する、医療・バイオ分野に利用される材料・部材の革新的な製造技術の確立を目指している。さらにユニット製造における省エネルギー化を目指した「生体模倣型製造プロセス開発」も展開している。具体的には、これまでの方法では作製困難であった無機-有機ハイブリッドコンポーネントを、生体内で起こっている無機化合物合成法を模倣することにより、省エネルギーかつ高効率な新規な製造プロセスを用いて創製する手法を開発している。また酵素や抗体の特異性を利用したヘルスケア用バイオセンサーやクロマト担体などの新しいバイオデバイスの開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ項目7、テーマ項目17

機能薄膜プロセス研究グループ
(Thin Films Processing Group)

研究グループ長：真部 高明

(つくば中央第5)

概要：

当研究グループは、部門のミッションである製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷を実現する部材、製造プロセスの開発に関連して、特にエネルギー関連部材・モジュールの開発に貢献するため、超電導材料を中心とした機能性無機薄膜材料の①ナノ構造制御薄膜コーティング技術および②省エネルギー薄膜部材・モジュール集積化技術の開発を主に行う。①に関して、塗布熱分解法、塗布光照射法およびこれらと基板表面や中間層の制御技術、イオン照射技術など組み合わせたナノ構造制御コーティング技術の開発とそれに基づく薄膜材料の高特性化、およびプロセスの高速化や省エネルギー化を図っている。また②に関して、部門内外及び企業等と連携して超電導マイクロ波フィルタ素子や超電導限流器等の省エネルギー素子モジュール・プロトタイプ作製技術への展開を図っている。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

表面機能デザイン研究グループ
(Surface Interactive Design Group)

研究グループ長：三宅 晃司

(つくば東)

概要：

本研究グループでは、種々の環境条件に対応した(摺動)部材開発、部材表面への微細形状付与による摩擦・摩耗の制御技術の開発、表面修飾技術の開発をベースとした表面機能創成と応用を中核とし、これらの知見を基にした表面設計技術の開発を行う。上記研究開発を通し、分野重点課題である「製品設計・概念設計支援技術」および「省エネ製造技術」の開発に貢献するとともに、製造技術への物理化学的視点からのアプローチにより、製造産業の発展に貢献していく。特に「低環境負荷流体からなるトライボシステムの構築」に向けた研究を推進すると共に、「表面機能デザインに向けたシミュレーション技術」に関する研究を重点的に推進している。材料破壊の初期過程や、雰囲気ガスと材料との相互作用、材料中のガスの透過性、等のシミュレーション技術の高度化により、材料と雰囲気ガスとの相互作用により生じる被膜形成を利用した、アクティブに摩擦をコントロールするための新規基盤技術開発に繋げていく。さらに、上記技術シーズのトライボロジー以外の分野への展開も推進している。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目9、テーマ題目18、テーマ題目19、テーマ題目20

無機複合プラスチック研究グループ

(Inorganic-Based Plastics Group)

研究グループ長：堀田 裕司

(中部センター)

概要：

高機能化・多機能化が要求される次世代社会基盤部材製造を支えるため、異種材料の融合・複合化による先進材料の創製、及びその製造プロセス技術の開発を進めている。当研究グループは、特に、機能性に優れたセラミックス、カーボン等の無機材料と軽量性・成形性に優れた樹脂・プラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料に関して研究開発を遂行し、無機材料の特性を最大限に引出した高機能性プラスチック部材等の製造技術の確立を目指している。樹脂・プラスチックへの無機材料フィラーの複合化を粒子ハンドリング、粉末構造制御、界面制御、外部場を用いたプロセス技術等の視点から取り組むことで、無機材料の特性を最大限引出した無機複合プラスチック部材の開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目21

電子セラミックプロセス研究グループ

(Electroceraamics Processing Research Group)

研究グループ長：申 ウソク

(中部センター)

概要：

持続的な競争力につながる高付加価値製品やエネルギー・環境関連製品の材料・部材技術をさらに発展させるために、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料のマルチスケールでの接合・融合化と適材配置による高性能ガスセンサや新しいデバイス応用の多機能部材開発を行う。

マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発、高分散性ナノ粒子の製造技術開発、新規エネルギーデバイス製造技術開発を行い、①新材料によるデバイス開発、②デバイスプロセスによる新機能発現と実証を基本方針とし、材料開発からプロトタイプ作製までトータルな研究開発、ガスセンサ検知評価法のISO化に向けた研究を進める。

具体的には、マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発では、デバイス集積化用の様々な触媒を一つのマルチガスデバイスに集積化し、呼気中の低濃度可燃性ガスを検知する技術を開発する。高分散性ナノ粒子の製造技術の開発においては、コアシェル型酸化セリウムナノ粒子の量産技術を開発しながら、小粒径のナノ粒子製造及び分散方法を検討する。ガス検知器評価法ISO化に向けては、ガス発生器で作製した混合ガス評価の試験結果を反映した原案をISO化する。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目

マイクロ加工システム研究グループ

(Ingenious Micro-Manufacturing Systems Research Group)

研究グループ長：芦田 極

(つくば東)

概要：

マイクロファクトリ（製造対象の寸法に見合った小型の生産加工システム）のコンセプトに基づき、創意工夫に富んだ新たなマイクロ加工システムの研究を推進する。加工装置および加工対象を小型化しようとすると、これまでの製造技術では対応できない新たな課題に直面する。それらを解決するために、新原理や複合加工を適用したマイクロ加工プロセス、マイクロ計測・検査技術、小型アクチュエータ要素、これらを組み合わせた制御システム等を試作開発し、評価を行う。機械加工および加工機械のマイクロ化により、生産システムの省エネルギー・省資源効果、およびフレキシビリティ向上による多品種少量生産、に資する製造技術を創造し、ミニマルマニファクチャリングの具現化を目指した研究を展開している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目9、テーマ題目12、テーマ題目19

フレキシブル化学コーティング研究グループ

(Flexible Chemical Coating Group)

研究グループ長：土屋 哲男

(つくば中央第5)

概要：

本研究グループは、重点課題「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフイノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルな化学コーティング技術の確立をミッションとし、以下の3つの課題に取り組んでいる。1)フレキシブル化学コーティング技術開発、2)化学コーティング材料開発、3)部材・デバイス開発への応用展開

本年度、課題1)、2)では、平成25年度部門内重点課題「1.戦略課題名：オンデマンドリペア技術の基盤の開発」を中心として、塗布光照射法、ナノ粒子光反応法による高耐熱抵抗膜、蛍光体膜の開発及び光照射その場温度計測手法の開発、ポリマー材料への表面化学修飾手法の開発を行った。また、「低炭素社会を実現する新材料パワー半導体プロジェクト（高耐熱部品統合パワーモジュール化技術開発）」において、抵抗体膜製造プロセスを開発した。課題3)では、企業との共同研究で、安全表示部材、小型赤外センサ開発、表面化学修飾による接合技術、大学との共同研究による粒径制御した体内貯留型新規MRI造影剤などの新しい部材・デバイス作製技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目

23

セラミック機構部材プロセス研究グループ

(Ceramic Mechanical Parts Processing Group)

研究グループ長：近藤 直樹

(中部センター)

概要：

一般にセラミックスは高度に精製された原料を使用し、高温で焼き固めて作製されており、その製造時に多大なエネルギーを消費している。一方、その優れた特性を活かし、セラミック部材の使用によりエネルギー消費を抑えることもできる。環境調和と競争力の両立を狙いとしたミニマルマニファクチャリングでは、製造時と使用時の資源やエネルギーの消費が最小となるよう、かつ、製品性能や価格が競争力を持てるよう考慮しつつ、開発を進めることが必要である。

当研究グループでは、上記考えに基づき、構造用セラミックスを、各種産業の製造装置用部材、あるいは、熱消費型製造業や熱エネルギー分野でのサーマルマネジメント部材として用いるための製造技術開発を進めている。具体的には、小型のユニットを作製し、それらを組みあわせて部材化する方法を開発している。関係要素技術として、ユニットのニアネット成形技術、ユニットのアセンブリ技術（接合など）、ユニットやアセンブリの信頼性評価技術（特に高温下や腐食環境下で）などの研究開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

セラミック組織制御プロセス研究グループ

(Ceramic Structure Controlling Group)

研究グループ長：吉澤 友一

(中部センター)

概要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的に、セラミックスの材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に付与する材料組織制御技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高熱伝導部材、高性能多孔体部材、高耐摩耗性部材等の開発を目指している。このため、材料特性を支配する因子を検討するとともに、その因子を制御するプロセス技術の開発に取り組んでいる。高熱伝導窒化ケイ素では、残留酸素と粒界相の制御、多孔体では、気孔の形状、寸法、割合などの制御を行っている。また、これらの材料の評価技術の開発にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目25

機能集積モジュール化研究グループ

(Functional Integration Technology Group)

研究グループ長：藤代 芳伸

(中部センター)

概要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、高性能セラミックリアクターや次世代蓄電デバイス等の革新的な材料・製造技術の実現が期待される。小型高効率化や多機能化といった飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能発現を目指し、ナノレベルでのセラミック構造制御やイオン伝導性材料や機能触媒等の最適化により、高度に集積した部材構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。高度なセラミック集積化プロセス技術の開発により、次世代型固体酸化燃料電池(SOFC)等の電気化学デバイスの多燃料利用技術や低温域からの急速起動・停止運転での耐久性向上等を目指し、マイクロ燃料電池等の接続技術として、ガスシール性を有し接続抵抗値を 0.5Ω 以下に抑えるセラミック集電シール接続技術を開発し、従来の金属集電に代わるモジュール化技術を見出した。また、LPGで直接発電可能なハンディ型燃料電池デバイス開発や高効率電気化学物質変換デバイスへの展開を目指し、低温域で高効率電解が可能なセル・スタック製造技術等を開発した。さらに、次世代セラミック蓄電池向のセラミック電解質での金属負極用セパレータ等に適応可能な高イオン伝導性と耐還元性を有する界面制御技術等を開発し、電動化が進む次世代自動車やポータブル分散電源等での高効率発電と大容量蓄電技術を組合せたハイブリッド電源技術等の実現に向けた革新的な材料・製造技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目25

結晶制御プロセス研究グループ

(Crystal and Materials Processing Group)

研究グループ長：秋本 順二

(つくば中央第5)

概要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代型のリチウム二次電池等に適用可能な高性能な結晶材料の開発が期待されている。当グループでは、低温溶液合成法などの素材製造技術、良質な結晶育成技術、並びに結晶構造解析技術・評価技術を応用・発展させて、新規結晶材料の開拓とその製造技術の確立を目指している。

具体的には、イオン交換合成法、低温熔融塩法、オゾン酸化法、マイクロ波加熱法などの低温溶液を用いた素材合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される大容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物などの新規機能性無機結晶材料の合成・開発を実施した。また、基盤技術である結晶構造解析技術・物性評価技術の高度化、およ

び精密結晶成長技術の確立を目指した研究開発を行った。さらに、次世代ポストリチウム二次電池への応用が期待される新規酸化物材料等の設計・合成と評価を実施した。

研究テーマ：テーマ題目6

特異反応場プロセス研究グループ

(Specific-Field Processing Group)

研究グループ長：安岡 正喜

(中部センター)

概要：

外的エネルギー(急速昇温・急冷、電場、磁場、光、圧力、引張、超音波、マイクロ波など)および内的変化(爆発、自己組織化、均質化、成長など)により形成される特異な化学反応場や特殊な環境場等を利用することによって目的の材料を得ることや、新たな環境下での新規なプロセスの開発及びその産業応用への展開を図ることをグループの長期的目標とする。対象としては、モーターなどの動力変換部材、熱電変換部材等の材料開発製造プロセスの開発や、熱音響変換システムを利用した排熱利用プロセスの開発等があげられる。すなわち特異反応場を利用することにより、従来法とは異なった構造や特性を付与した新規部材創製のためのプロセスを提案し、それらの反応場に関する最適化や、可制御性付与に重要なパラメータの抽出を理論解析及び実験の両面から進める。また、出口指向の展開においては、将来のニーズをとらえた製造プロセスの開発を推し進める。例えば自動車分野における電気自動車の高性能化につながる新規磁石の開発や、CFRPによる軽量化を推進するための高速製造プロセスの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目27

機能・構造予測検証研究グループ

(Functional and Structural Damage Verification Group)

研究グループ長：鈴木 隆之

(つくば東)

概要：

近年、機器構造物は「最小の資源」、「最小のエネルギー」で、「安全信頼性」を確保しつつ、「最大限の機能・特性」を発揮することが要求されている。したがって、製造時や供用過程中に生じる損傷・欠陥を評価し、これに基づき機器構造物の「寿命・余寿命予測」や「メンテナンス計画の策定」を実施すること、さらにはこれらの知見を通して設計上流の概念設計へと反映させることが必要になっている。当研究グループではこれらの要求に応えるべく、先進材料を含む様々な系の材料を用いた機器構造物を対象に、実機で生じる複雑欠陥について評価が可能な非破壊損傷評価技術の

開発を行う。また、材料の耐久性評価試験や欠陥解析を実施し、機器構造物の寿命・余寿命予測システムを構築する。さらに、これらの知見をもとに合理的なメンテナンス計画の策定に反映させる。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目28

システム機能設計研究グループ

(System Functional Design Group)

研究グループ長：増井 慶次郎

(つくば東)

概 要：

本年度は、部門重点課題である「新たな加工技術、劣化評価技術を包含した機器設計のための基本システムツール開発」において、デザイン・ブレイン・マッピングツール (DBM) を二つの事例に適用し有効性を検証した。一つは複雑で大規模な宇宙機器の開発事例への適用であり、もう一つは、マルチフィジックス解析が必要である電磁鋼板の工程設計についてである。事例検討を通じて、新たな上流設計方法論を体系化するとともに、DBM と他の設計支援ツールとの連携を強化することができた。また、戦略予算で実施された「戦略メタル国内資源循環プロジェクト」においては、都市鉱山を構成する使用済み製品の回収フローについて、ノート PC からのタンタルの回収を例題として、リサイクル業に従事する事業者のコスト推計を行うシミュレーションモデルを構築するとともに、ディスプレイを対象にリサイクル限界費用曲線（特定リサイクル量を得るための費用を示す曲線）の試算を行った。さらに管理型都市鉱山の設計では、部品リユース等有価物の回収を効率化するため、製品アーキテクチャを考慮して、分解・組み立て・調整コストと輸送コストを同時に最適化するための計算手法を開発した。

研究テーマ：テーマ題目9

製造情報研究グループ

(Manufacturing Information Group)

研究グループ長：澤田 浩之

(つくば東)

概 要：

企業の競争力や体質の強化を目的として、受注、製品設計、工程設計、生産計画、製造管理、出荷管理、在庫・物流管理等、設計製造プロセスの情報化推進を支援するための研究開発およびその導入のための技術指導を行っている。その一環として、あらかじめ用意されたソフトウェア部品を組み合わせることによって簡便に IT システムを構築するソフトウェア作成ツール MZ Platform を開発し、産総研コンソーシアム「MZ プラットフォーム研究会」を通じて公開している。また、ものづくり支援ツールの1つとして、各地の公設試験研究機関や産総研産学官連携推進部等との協力によ

り、普及セミナーや講習会の開催、技術研修、製造業への導入と業務システム開発、民間ソフトウェアベンダーへの技術移転を進めているほか、故障解析支援システム等、MZ Platform をベースとした設計製造支援ソフトウェアの研究開発も実施している。これ以外にも、製品設計の初期段階や工程設計段階で利用可能なシミュレーション技術やモデリング技術の研究、数理的手法の製造技術への応用研究を並行して行っている。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目12

基盤的加工研究グループ

(Metal Processing Research Group)

研究グループ長：岡根 利光

(つくば東)

概 要：

切削、鋳造、鍛造、熱処理、溶接の各加工技術を対象に、加工評価実験・加工現象のモニタリング手法やシミュレータ開発を通して、加工メカニズムの解明と高度化を進めている。AR 技術を活用した作業支援、積層造形技術を活用した鋳造用砂型製作技術を開発し、鋳造品の高性能化を図っている。

IT を活用した技能継承技術の開発を目標に、ものづくり製造分野における技術・技能を分析・モデル化して表現する技術の研究を進め、これらの成果をベースとした技能継承支援ツール「加工テンプレート」について普及活動を進めている。IT を利用した中小企業への技術の普及・技術支援を目的に、現在 web で公開している「加工技術データベース」についても、当グループの対象加工分野についてメンテナンスと拡充・普及活動を進めている。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目10

加工基礎研究グループ

(Processing Fundamentals Research Group)

研究グループ長：三宅 晃司

(つくば東)

概 要：

金属などの延性材料に対しては、クラックを加工物に残さずに材料の一部を削り取る延性モード加工が当然と考えられている。半導体や単結晶、セラミックス、そして光学ガラス等の硬くて脆い材料であっても、一定の条件を満たせば金属材料と同様に微視的に塑性変形が発生し、延性モード加工が可能になる。そこで、「難加工材」とよばれる部材の高効率高精度加工を実現する加工方法を考える場合、微視的な領域で発生する塑性変形挙動や物理化学現象について詳細に解析し、活用することが必須であると言える。本研究グループでは、様々な専門知識を有する研究員が加工プロセスを物理化学的見地から観察・分析・解析し、材料の「変形」と「すべり」と「表面破壊」をきちんと理解する

ことにより、機械加工のための基礎現象を把握することで、制御性の良い「難加工材」の加工方法の開発を目指す。これらの研究を進めるうえで企業との連携も重要と考え、資金提供型共同研究を「トライボロジー研究グループ」および「表面機能デザイン研究グループ」と協力して積極的に推進するとともに、それぞれの重点課題参加グループとも連携を取りながら研究を推進する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目29、テーマ題目30

エンジニアリングセラミックス研究班

(Engineering Ceramics Research Party)

研究班長：平尾 喜代司

(中部センター)

概要：

半導体、非鉄、鉄鋼などの製造業、さらには、環境・エネルギー分野における機器、システムはますます高度化し、これらのシステムを構成する部材に求められる要求性能も高いものになってきている。セラミックスは高い弾性率、硬度、耐熱性、軽量性、耐食性など優れた特性を兼ね備えており、金属、プラスチックでは対応が困難な環境で用いられる材料・部材としてますます重要なものとなっている。

当研究班は、このような社会的な要請に応えるため、エンジニアリングセラミックスに係る二つの研究グループ（セラミック機構部材プロセス研究グループ及びセラミック組織制御プロセス研究グループ）を横断的にまとめ、本分野における研究を一層加速させるために平成20年度に設置された。これまでに蓄積してきたセラミックスの材料・プロセッシングに関する研究成果を基盤技術として、社会ニーズに則した新たなシーズ技術の探索、NEDOプロジェクトや民間企業との共同研究等を通して高性能セラミック部材を活用した省エネルギーに資する技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目25

先進コーティング技術プラットフォーム研究班

(Research party for Advanced coating technology platform)

研究班長：明渡 純

(つくば東、つくば中央第5、中部センター)

概要：

先進製造プロセス研究部門で開発された「エアロゾルデポジション法」や「光MOD法」、「レーザー援用インクジェット法」、「テララーキッドソース」などの新規コーティング手法を実用化して社会に還元するためには、民間企業との緊密かつスピーディーな連携をとることが必要である。

本年度は、同プラットフォームの本格的な立ち上げ

を目標に、構成メンバー内でのミーティングを通し、新たなベンチマークを行い、本プラットフォーム主催の講演会やオープンラボなどを通して、積極的に成果発信していく。具体的なベンチマーク対象としては、昨年度、同プラットフォームで民間企業から技術相談、試料提供契約に至った案件の中で、特に市場ニーズが明確なパワーデバイス用高密度強度配線応用や耐摩耗、潤滑膜コーティングなどを想定し、AD法や光MOD、テララーキッドソース、ナノクリスタル材料をLIJ法などと組み合わせ、従来技術のスパッタ法やCVD法等とのベンチマークを行い、その特徴や優位性を明らかにし、技術移転の加速を目指す。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目16、テーマ題目23

ものづくり支援ツール研究班

(Monozukuri Support Tools Research Party)

研究班長：岡根 利光

(つくば東)

概要：

平成21年度まで、産総研旧デジタルものづくり研究センターでは、日本の製造業の技術力向上、技術・技能継承、IT化促進を目的として、中小企業庁プロジェクト等において、機械部品製造に係る幅広い加工技術情報をインターネットで公開する「加工技術データベース」、自社の技術・技能の分析・蓄積・利用による技能継承・共有化するためのITツールとしての「加工テンプレート」、高度なIT知識を必要としない業務用アプリケーションソフトの開発環境としての「MZプラットフォーム」を開発し、製造企業への普及を図ってきた。平成22年度から、旧デジタルものづくり研究センターが先進製造プロセス研究部門と統合するにあたり、これらの開発に携わってきた2つの研究グループ（基盤的加工研究グループ及び製造情報研究グループ）を横断的にまとめ、上記3つの開発成果を「ものづくり支援ツール」としてさらに整備し、企業現場へのさらなる普及活動を実施することを目的として当研究班を設置した。

企業への普及においては、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を図る。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目10、テーマ題目12、テーマ題目16、テーマ題目29

CFRP 研究班

(CFRP Research Party)

研究班長：飯田 康夫

(中部センター、つくば東)

概要：

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は、次世代自動車や航空機等の輸送機器、医療機器、社会インフラ材の軽量化を主な目的として、活発な研究開発が国内外で進められている。当研究班では、熱硬化性及び熱可塑性 CFRP (CFRTS、CFRTP) を対象に、低コスト製造プロセスの確立を目指し、高速成型技術、加工技術、およびそれらの基礎となる基盤技術の研究開発を部門内の研究グループを横断して推進している。研究開発を推進するため、繊維と樹脂の密着性の評価機器、機械特性の評価機器などの研究開発のインフラ整備を行っている。さらに、関連する大学、企業、公的研究機関との連携を積極的に進め、CFRP の産業応用を加速するためのネットワーク形成を図っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目8、テーマ題目9、テーマ題目10、テーマ題目21、テーマ題目28、テーマ題目29

【テーマ題目1】高性能セラミックス部材と表面加工技術を用いた省エネ製造技術（高性能セラミックス部材関連技術）

【研究代表者】近藤 直樹（セラミック機構部材プロセス研究グループ）

【研究担当者】近藤 直樹、長岡 孝明、堀田 幹則、北 憲一郎、吉澤 友一、日向 秀樹、周 游、宮崎 広行、福島 学、平尾 喜代司、大司 達樹（常勤職員11名）

【研究内容】

製造業における消費エネルギーの削減はエネルギー・環境問題の両面から極めて重要な課題である。本研究では、製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術を開発することを目的としている。平成25年度の成果は次の通りである。

多孔体の製造方法として、これまでにゲル化剤水溶液にセラミックス粒子、不凍性添加物を分散したスラリーをゲル化し、ゲル体を凍結、真空乾燥、焼結により、最大98%の気孔率を有し円筒状気孔、あるいは閉塞した気孔形態からなるセラミックス断熱材の開発に成功している。

本技術を基盤技術として、天然原料や工業用粉体を原料とした断熱材も開発し、スラリー濃度、添加物量、凍結速度、焼結温度等のプロセス因子と熱伝導率、機械特性、気孔形態との相関関係を検討すると共に成形技術の開発も成功した。

また、様々な低熱伝導性無機原料の探索を進めるとともに、部材大型化と開発材の各種性能評価に取り組んだ。

天然原料から作製した断熱材は気孔率87%、 $0.25\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の低熱伝導率でありながら12MPaの高い圧縮強度を有し、高気孔率と高強度の両立を達成した。

また、アルミ溶湯搬送用途を想定し、セラミックス中空ユニットで構成される球体構造の断熱容器モデルを作製、従来耐火物品に比べて60%の軽量化と放熱量の58%低減の効果を示した。この開発した断熱容器のさらなる用途展開の候補として、熔融塩をもちいた高温未利用熱の蓄熱及び輸送システムを構想した。

熔融塩に対して優れた耐久性を示すアルミナセラミックスを候補とし、その組織をコストと耐熱衝撃性の観点から多孔質化して熔融塩用容器部材に適用することを検討した。部材の耐久性向上方法として、多孔質部材表面のアルミナ皮膜形成による耐久性向上の可能性を検討した。2種類の異なる気孔率（25%と50%）を持つアルミナ多孔体表面へのアルミナ溶射を試み、皮膜形成の可否、その性状と塩化物系熔融塩（700℃、400h 曝露下）に対する耐久性を評価した。結果、いずれの多孔体表面上にもアルミナ皮膜を形成することができたが、緻密な皮膜形成には今後の検討が必要である。一方、長時間腐食下でも皮膜形成により強度は向上し、耐久性を有することを示した。

加えて、固体状態の塩の熱伝導性向上を目的とし、熔融塩へ微粒・板状・粗粒アルミナフィラーを混合した試料を作製し、蓄熱量と熱伝導率の測定を行った。結果、板状アルミナを混合させることにより、蓄熱量保持と熱伝導性向上のバランスに最も優れていることを示した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】多孔体、気孔、隔壁、断熱、中空ユニット、搬送容器、蓄熱、熔融塩、耐食性

【テーマ題目2】高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発（表面機能付与プロセス技術の開発）

【研究代表者】大花 継頼（トライボロジー研究グループ）

【研究担当者】大花 継頼、鈴木 健、是永 敦、間野 大樹、三宅 晃司、日比 裕子、中野 美紀（常勤職員7名）

【研究内容】

本課題は表面に機能性を付与することにより省エネルギーに資する技術の開発を目的とする。これまでに、マイクログループ表面に多層膜を積層することによるナノ構造の摩擦低減効果について検討を行ってきた。マイクロの構造とナノ積層膜を組み合わせることで、摩擦してもナノ構造の自発的な再生が期待されるので、シビアな条件かつ長時間の機能発現が実現可能である。積層構造を構成する材料として、炭化ケイ素とカーボンの組み合わせが実験室レベルの線接触摩擦特性評価試験によって優れた密着性・摩擦特性・自己修復性を示すことを見出

している。実用化を目指して、大面積および高荷重での耐久試験を実施したところ、さらに耐久性を向上させる必要があることが明らかとなったため、本年度は、積層膜と基材の界面に中間層の導入を試みた。100nm 程度の中間層を用いることで、大幅な耐久性の向上が確認され、約2倍の荷重に耐えることが明らかとなった。さらに、実用化に向けた取り組みとして、すべり軸受への適応を想定し、基油を用いたすべり軸受特性評価試験を実施した。現行のすべり軸受とナノ構造を付与した軸受との比較により、ナノ構造の有用性を確認した。流体潤滑領域では摩擦特性にほとんど差がないが、混合潤滑領域では摩擦係数の減少が観測され、ナノ構造による摩擦低減効果であると考えられる。また、ナノ構造による摩擦低減効果発現の機構解明に向けた取り組みとして、ナノ構造の摩擦特性に与える表面エネルギーの影響を検討した結果、自己組織化膜によりナノ構造の表面エネルギーを制御できることを見出し、かつ摩擦特性がナノ構造を構成する各材料の表面エネルギー差により変化することを明らかにした。さらに、ナノ構造を構築するマイクロパターンの最適化のために、規則パターンだけではなく、ランダムパターンについても検討を開始した。ショットピーニングにより表面をランダムに変形させることで、マイクロパターンを作製し、この表面にナノ構造を積層させることで、ランダムパターンを持つナノ積層構造を構築した。基油を用いた線接触の摩擦摩耗試験では、規則パターンと比較してもさらに低い摩擦特性を示すことを確認できたが、さらにマイクロパターンの最適化および基材の影響等を検討する必要があることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、表面機能化、テクスチャー、摩擦制御技術、コーティング

【テーマ題目3】 オンデマンド・リペア技術の基盤的開発

【研究代表者】 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 明渡 純、土屋 哲男、小倉 一郎、芦田 極、佐藤 治道、松崎 邦男、荒井 裕彦（常勤職員7名）

【研究内容】

多様なニーズに応え、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、オンデマンドで多品種変量生産に対応できる製造基盤技術、さらには高効率製造、長寿命化を考慮したリペア技術の確立を目指す。レーザー援用 IJ では熱流体計算システムを導入し、想定される物理モデルの微修正とインク溶媒蒸発に伴う粘度、表面張力変化の最適パラメータを抽出し、シミュレーションと描画実験が良く一致。現在、欠陥リペアに対応したインク粘度、表面張力の最適設計及びインク液滴吐出量の最適化を検討中。欠陥検出装置では、試

料表面を 3,750rpm でスキャンし、複数の PD 出力で検出に成功した。光 MOD では、オンデマンドリペア手法を用いた抵抗体製造時のトリミングによる劣化のない新規プロセスを考案し、パターンニング及び抵抗体材料の抵抗値制御を実証した。

異種材溶接では、直接溶融接合困難なチタン／鉄・溶接で母材強度相当の接合強度を得た。温間 5 軸スピニング加工ではステンレス薄肉管の異形状成形条件を、積層成型プロセスでは密度 99%以上の成型条件を明らかにした。複雑形状鋳造製造に向けた積層成型プロセスでは、高速化、異種材料複合成形と鋳造プロセス制御のためのヒューマンインターフェイスの課題抽出を完了。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 オンデマンド、リペア、多品種少量、レーザー援用インクジェット、塗布熱分解法、塗布光照射法、欠陥検出、レーザー走査、スピニング加工

【テーマ題目4】 先進コーティング PF 活性化のためのベンチマーク評価の促進

【研究代表者】 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 明渡 純、加藤 一実、木村 辰雄、真部 高明、相馬 貢、山口 巖、松井 浩明、大花 継頼、土屋 哲男、中村 拳子、中島 智彦、廣瀬 伸吾、小木曾 久人、佐藤 治道、朴 戴赫、馬場 創、佐藤 宏司、瀬渡 直樹、鈴木 宗泰、中野 禅、村上 敬、荒川 さと子（常勤職員21名、他1名）

【研究内容】

先進製造プロセス研究部門で開発された新規なコーティングプロセスをスピーディーに実用化して社会に還元するため、産総研オリジナル手法と従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証や用途に応じた適用性の系統的分析を HP 上で公開することで、成膜プロセスの産業化の加速を目指す。本年度も、ウェブサイト訪問者数：8,000名（平均約20名/日）、年間100件を超す技術相談を受け、この活動が開始された平成22年12月～現在までに、技術相談件数：537件、試料提供契約：63件、資金提供型共同研究：53件、民間企業からの資金提供額合計：180百万円という活発な実績を上げている。成果発信として、AD 法とコールドスプレー法や従来薄膜技術とのベンチマークを実施、その結果を HP で更新した。また、4回にわたる先進コーティング（勉強）研究会を開催、招聘研究員として民間企業技術執行役員クラスの名な研究者を招き、業界動向のアドバイスや企業紹介を受けた。さらに、産総研オープンラボにも出展・講演会を行い、国内外から多数の参加者を集め、活発な議論と高い関心を集めた。また、産総研オリジナル成果普及を目指した地方公設試や大学との連携についてもイノ

バージョン推進本部・関東産学官連携推進室と、地域試
や県下の中小企業との連携を図る新しい仕組みを構築。

現在、これを全国展開に広げることが検討中。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エアゾルデポジション、レーザー援用
インクジェット、光 MOD、テララーリ
キッドソース、防錆コーティング、赤外
コーティング

【テーマ題目5】 オンデマンドプロトタイプ技術の開発

【研究代表者】 松崎 邦男

(難加工材成形研究グループ)

【研究担当者】 松崎 邦男、岡根 利光、中野 禪、
清水 透、花田 幸太郎、佐藤 直子、
岩本 和世、梶野 智史、今村 聡、
碓井 雄一、伊藤 哲 (常勤職員11名)

【研究内容】

製造分野での国際競争力強化と新しい産業での雇用創
出のために、革新的な製造プロセスの開発が望まれている。
本研究では従来の手法では製造が困難な複雑形状・
構造で高付加価値を有する製品について、試作のみなら
ず最終製品の迅速な成形が可能な積層造形法の開発と積
層造形技術をベースにした、複雑・薄肉形状のオンデマ
ンド铸造品の生産技術開発を進めるために、複雑・薄肉
形状への高品位充填を可能にする充填プロセス技術、AR
技術を利用したシミュレーション情報等の作業情報と現
場との重ね合わせ表示技術等による作業の支援と評価技
術、製品の欠陥・物性評価技術を開発することにより、
オンデマンド生産に対応した製造プロセスの確立を目的
としている。

レーザー積層造形法によるチタン合金の成形で、造形
条件を検討することで、ほぼ密な成形体を得ることが
できた。レーザーの出力、走査速度、積層厚さより算出
したエネルギー密度と得られた成形体の相対密度にはよ
い相関性が見られ、エネルギー密度 $200\text{J}/\text{mm}^3$ 以上で新
密度に近い試料が得られることが分かった。また、条件
を変えることでポーラス構造の製造も可能であり、生体
応用としての可能性を示した。その他、レーザー積層造
形装置の改良を行い、従来よりも少ない粉末で成形を可
能とした。また、積層造形用の粉末原料として TiAl の製
造法の検討を行った。

作業支援技術の開発ではヒューマンインターフェース
として高解像度両眼ビデオスルーディスプレイの開発
を行い、実際に作業で使用される対象物やツールを用
いて事前に作業動作を行って、その作業結果を作業対象
物に重ね合わせて作業者に提示することが可能なシステム
を開発した。この技術を用いた事前の作業訓練支援によ
って作業者の効率よい熟練度向上が期待でき、例えば
このシステムでは铸造プロセスにおいて記録された取鍋
動作を何度も再生できるため、初心者にとってはその再

生中の取鍋の動きになぞるようにその動作を真似ること
で同じ動作を繰り返し訓練が可能となり、また熟練者に
とっては、これまで見えなかった内部の様子を見ること
により理解を深めることが期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 Additive Manufacturing、積層造形、
積層造形、粉末冶金、鋳造、複雑形状、
複雑構造

【テーマ題目6】 次世代セラミック電池材料・製造技術
の開発 (熱利用 SOFC/SOEC 技術、次
世代二次電池技術)

【研究代表者】 藤代 芳伸

(機能集積モジュール化研究グループ)

【研究担当者】 藤代 芳伸、濱本 孝一、鈴木 俊男、
山口 十志明、鷺見 裕史、秋本 順二、
間宮 幹人、木嶋 倫人、永井 秀明、
片岡 邦光、赤松 貴文、申 ウソク、
真部 高明、廣瀬 伸吾、明渡 純
(常勤職員15名、他2名)

【研究内容】

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製
造技術として、次世代自動車や再生可能エネルギー利用
のスマートグリッドでの分散電源等に利用される、安全、
高容量、低コストの新たな次世代電池デバイス材料・部
材製造プロセス技術として、ナノレベルからの構造制御
を活用する機能性セラミック材料や集積技術等の製造プ
ロセス技術を活用する次世代セラミックス蓄電池を検討
した。全固体電池や空気電池等の次世代蓄電池の実現を
目指したセラミック電解質部材技術開発として、高電位
チタン酸化物系負極材料の特性改善を行い、 $250\text{mAh}/\text{g}$
までの高容量化に成功するとともに、常温で高い Li イ
オン伝導を有する LTAP ($\text{Li}_{1-x-y}\text{Ti}_2\text{Al}_x\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$) 電解質
シートのシール特性向上に関する検討を行い、焼結特性
を改善する添加材に関する探索を行った。その中で、
LTAP と同じ菱面体晶系の NASICON 型結晶構造を有す
る LCZP ($\text{Li}_{1.1}\text{Zr}_{1.9}\text{Ca}_{0.1}(\text{PO}_4)_3$) が LTAP よりも焼結性が
良く、 $300\ \Omega\ \text{cm}^2$ @室温級の電気特性を示す良好なシート
材製造技術を明らかにした。また、新規マイクロ SOFC
集積モジュール製造技術として、マイクロ燃料電池等の
接続技術として、ガスシール性を有し接続抵抗値を $0.5\ \Omega$
以下に抑えるセラミック集電シール接続技術を開発し、
従来の金属集電に代わるモジュール化技術を見出した。
また、 $\phi 3.5\text{mm}$ マイクロチューブセルを用いた $8\times 8=$
 64 セルスタック (DC60W) を一つのモジュールとして試
作し、セル材料レベルの電気化学特性確認し、10%プロ
パンガス及び n-ブタンガス(3%加湿)を用い、100時間連
続発電における耐久試験、及び交流インピーダンス測定
等による初期劣化特性を確認した。それにより、 650°C 、
 $0.1\text{A}/\text{cm}^2$ の負荷条件での100時間の連続発電では、劣化

率は10%以下（数%程度）で、発電での劣化が無い事を明らかにするとともに、直列接続したマイクロチューブ SOFC での接続や発電でのセル間の性能のばらつきも確認し、モジュール内での電圧や電流密度のばらつきが無い事を確認した。さらに、AD 法での色素増感型太陽電池製造技術として、AD 法による二酸化チタン多孔質光電極構造の作製を行い、作製条件を最適化した。これらの検討により、セル構造による電池特性評価を実施し、ガラス基板上での変換効率9.2%、プラスチック基板上で変換効率8.0%を達成し(4mm 角、AM1.5、100mW/cm²)、フィルム基板を用いた色素増感太陽電池として熱を加えない光電極作製プロセスにて、世界最高レベルの変換効率を得ることに成功した。以上のように、材料・製造基盤技術での性能向上により、省資源量で最大限の効果を有するエネルギーモジュール関連技術を明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 機能-構造部材融合化、マイクロ

SOFC 製造技術、水蒸気電解セル、ポータブル電源、セラミック電解質、高集積化プロセス、機能性イオン伝導セラミックス、セラミックナノ構造電極、ナトリウムイオン電池、金属空気二次電池、全固体電池、シート成形、電気自動車、分散電源

【テーマ題目7】 マルチガスセンサ素子の高感度化

【研究代表者】 申 ウソク（電子セラミックプロセス研究グループ）

【研究担当者】 申 ウソク、伊豆 典哉、伊藤 敏雄、赤松 貴文、加藤 且也、中村 仁美、加藤 一実、木村 辰雄、増田 佳丈（常勤職員9名）

【研究内容】

呼吸分析等の非侵襲な生体情報計測において新しいシステムの要であるセンサデバイスの開発としてマルチガスセンサ素子の高感度化を進める。熱電式マイクロデバイスを用いた、呼吸中の水素、一酸化炭素、メタン濃度を1チップで迅速かつ選択的に計測できるマルチガスセンサ及び、呼吸中のアルデヒドやアルコールを、酵素を用いて検出する新しいセンサの高感度化技術を進めた。

熱電式センサの技術については、センサ素子の燃焼触媒集積化の高度化が不可欠であり、①粒子分散状態がガス燃焼性能を向上させる、②触媒塗膜の形状制御を含むマイクロデバイスのデザインを改良し、ppm レベルのガスを迅速に測定するセンシング技術を確立することを目標にした。バイオセンサについては、支持体電極の材質と微細構造が酵素反応に与える影響について検討することを目標にした。

平成25年度は、熱電式センサについては触媒配置及びプロセスを変更し4つのメンブレンのマルチセンサデバ

イスを試作した。電圧信号のドリフト、環境ノイズを抑制し、3つの触媒を同時に加熱しながら、水素、CO、メタンの10~1,000ppm の範囲で応答特性及び選択性を確認した。センサ1個の単独動作より比較的に選択性が悪化すること、CO 触媒の選択性と経時劣化の新たな課題を確認した。4つ目の素子のオフセット電圧の制御及びその電圧変化を活かして流速センサとしての動作を確認した。

バイオセンサでは、ホルムアルデヒド検出用のホルムアルデヒド脱水素酵素を TiO₂基板上に固定したセンサを開発し、酸化チタン薄膜の微細構造と膜厚についての検討を行った。希薄溶液を用い低温合成した凸状結晶からなる酸化チタン膜上に酵素を堆積したセンサ膜でいずれも高い酵素活性を示し、その相対活性度は、H24年度作製した酸化チタンナノ粒子堆積膜と比較して、2倍程度上昇出来た。また酸化チタン膜上の酵素の構造、ならびに薄膜と酵素の結合状態の解析を進める。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 デバイス集積化用触媒、ガスセンサ、熱電、ホルムアルデヒド脱水素酵素、酸化チタン、溶液析出法、ナノ結晶

【テーマ題目8】 高速・高効率加熱技術に於ける CFRTP の動態観察

【研究代表者】 堀田 裕司

（無機複合プラスチック研究グループ）

【研究担当者】 堀田 裕司、今井 祐介、島本 太介

（常勤職員3名）

【研究内容】

次世代の輸送機器（航空機、自動車、鉄道等）、発電用風車、建材において、軽量性・強度に優れる炭素繊維強化プラスチックが注目されている。炭素繊維強化プラスチックは炭素繊維と樹脂からなる複合材料であるが、現在の製造工程では一般的に熱硬化性樹脂が用いられるために成形時間が長く、大量生産品への対応が困難なこと等の問題がある。そのため、炭素繊維強化プラスチックの開発に於いては、マトリックス樹脂を現状の熱硬化性樹脂から熱可塑性樹脂へ転換することが求められている。特に生産性と品質保証が大きな課題である自動車分野では、熱可塑性 CFRP (CFRTP) の高速成形及び品質確保のための基礎的データの蓄積と技術開発が重要とされている。本年度は、「局所的な高速・高効率加熱による高速成形法」と期待されるマイクロ波 (MW) を CFRTP の成形技術に適応するための基礎的データの取得を目的に研究を行った。マイクロ波 (MW) は CFRTP 中の炭素繊維を加熱することにより、内部から複合材を軟化させることができるため、高速且つ高効率な新規な成形法として期待できる。一方、炭素繊維の急激な発熱によって樹脂が過熱され、劣化が生じることが懸念される。MW 加熱技術を CFRTP の成形に適用するにあたっては、CFRTP 中の熱伝播の把握及び均一な熱分布、加熱温度

の制御、並びにマトリックス樹脂挙動の把握が重要である。これらの課題を研究することで、最終的にはCFRTPの高速成形に必要なマトリックス樹脂の特性を材料側からの視点で提言できる。そのため、「MW照射に於けるCFRTP中の熱伝播と熱分布、加熱温度の相関」、「炭素繊維とマトリック界面の樹脂挙動」、「熱伝導性樹脂をマトリックスとした場合のCFRTPに於けるMW加熱の研究と高速成形の可能性」について研究を実施した。1本の炭素繊維を熱可塑性樹脂に挟み込んだシート状のモデル試料を作製し、長作動サーモビューアを用いてマイクロ波照射に於ける熱伝搬と熱分布を熱画像により確認した。MW照射によって加熱された炭素繊維の熱は、繊維からマトリックスへ伝搬・分布することが分かった。また、マトリックスの熱伝導率を向上させることで、繊維とマトリックス界面の熱劣化を抑制し且つ熱伝導が良好になることを見出した。さらに、長作動顕微鏡を用いて、3本の炭素繊維を挟み込んだ熱可塑性樹脂に於ける樹脂挙動をin-situで観察した。MW照射したときのマトリックス樹脂の挙動の経時変化の様子は、MW照射直後から炭素繊維周辺のマトリックスが変形し初め、炭素繊維に沿ってマトリックスは溶融した。MW照射時間が長くなると、熱伝導率の低いマトリックス樹脂（ポリプロピレン：0.15W/m・K）では、MW照射によって加熱された炭素繊維から樹脂に熱が伝わりにくいために繊維/樹脂界面で熱が籠もり、局所的にマトリックスが劣化する様子が本実験で捉えられた。一方、マトリックスの熱伝導率を0.3W/m・Kに調整した試料では、炭素繊維周辺のマトリックスの溶解ならびに劣化が抑えられる様子が観察された。MW照射によって加熱された炭素繊維からマトリックスへ熱が良好に伝わると考えられる。これらの結果から、マイクロ波プロセスを用いたCFRTPの製造に於いては、マトリックスの熱伝導率の調整が重要であることを見出した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 複合材料、CFRTP、熱可塑性樹脂、マイクロ波、劣化抑制

【テーマ題目9】 新たな加工技術、劣化評価技術を包含した機器設計のための基本システムツール開発

【研究代表者】 増井 慶次郎

(システム機能設計研究グループ)

【研究担当者】 増井 慶次郎、鈴木 隆之、西村 良弘、笹本 明、原田 祥久、中住 昭吾、村松 真由、加納 誠介、平澤 誠一、藤澤 悟、Ryalov Oleg、松崎 邦男、花田 幸太郎、中野 禅、加藤 正仁、大花 頼継、鈴木 健、是永 敦、間野 大樹、三宅 晃司、日比 裕子、中野 美紀、近藤 伸亮、往岸 達也、

澤田 有弘、高本 仁志、芦田 極、栗田 恒雄（常勤職員28名）

【研究内容】

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補構造材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発することを目的とする。

本年度は、デザイン・ブレイン・マッピングツール（DBM）を二つの事例に適用し有効性を検証した。一つは複雑で大規模な宇宙機器の開発事例への適用であり、もう一つは、昨年度から加工方法等について検討してきた電磁鋼板を用いた製品レベルでの適用事例として電気自動車を取り上げた。以下、それぞれの成果について概説する。

宇宙機器開発におけるDBMの役割について検討した結果、DBMが設計上流の意思決定過程の表現・分析に有効であることが確認できた。特にDBMで表現される因子間関係（DBMモデル）と、様々な計算や実験モデル（検証モデル）を関連付け因子間関係の経時的発展過程を分析することが効果的であった。これを支援するため、開発データから、自然言語解析技術を用いて分析・可視化する手法を開発し、併せてDBMソフトウェアの改良を行った。

もう一つの事例として実施した電磁鋼板利用製品については、素材（電磁鋼板）から加工法、部品、製品に至るまでの設計因子を統合することができた。具体的には、前年度開発した、加工試験・シミュレーションの結果から得られる数値データの関係性を計算機上で統合（モデル化）・解析するツールを拡張した。電磁鋼板を用いる製品レベル事例として、電気自動車の設計因子間関係の解析を行った。このために、トータルデザイン（1DCAE）ツールに国際的に採用されているモデリカ言語で記述された製品全体を、設計因子間関係に関して可視化・解析し、シミュレーションを用いてその定量的な振る舞いを予測し、因子群を分類する手法を開発した。

さらに電磁鋼板については、昨年度に引き続き、モータの主構成材料である電磁鋼板の加工・応力により生じる劣化損傷の電磁特性評価を行った。磁区の評価が可能であるカー効果顕微鏡を用いて加工・応力負荷後の磁区の変化を測定した。加工・応力により、加工点近傍では磁区構造が乱雑な様相を示し、磁区は細分化されることがわかった。また、巨視的な磁気特性を測定可能なB-Hアナライザを用いて磁気特性を測定した結果、引張応力の負荷により試験片全体のB-H特性は顕著に変化し、透磁率の低下、ヒステリシス損の増加が確認された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 上流設計、概念設計、設計支援ツール、非破壊損傷評価、寿命・余寿命予測、電磁鋼板

【テーマ題目10】ものづくり支援技術の普及

【研究代表者】澤田 浩之（製造情報研究グループ）

【研究担当者】澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、
岡根 利光、今村 聡、碓井 雄一、
伊藤 哲、山内 真、梶野 智史、
岩本 和世（常勤職員10名、他6名）

【研究内容】

製造業の後継者の育成や高付加価値・低環境負荷な製造を可能にするために研究開発してきた、ものづくり現場の技能技術を解明・可視化し、それらの情報を利活用する技術を、「ものづくり支援ツール」として企業の現場で使いやすく、導入しやすい形にまとめてその普及を進める。また、地方公共団体や工業会等との連携を強化するとともに、技術移転先ソフトウェアベンダー相互の情報交換を推進することによりものづくり支援ツールの商用利用を促進し、従来の産総研を中心とした普及体制から、外部機関を中心とした自立的な普及体制へ漸進的に移行する。今年度は、加工技術データベース、技能継承ツール加工テンプレート、ソフトウェア開発ツール **MZ Platform** のそれぞれについて以下の活動を行った。

加工技術データベースのユーザー登録自動化システムの稼働を開始し、ユーザー登録作業を、週1回程度の点検作業のみに省力化した。今年度新規に登録されたユーザーは1127名である。ユーザーに対するアンケートを実施し、アンケート結果をまとめるとともに、最近利用がなく連絡のとれなかったユーザーの ID ロック作業を実施した。また、溶接データベース上に純銅 MIG 溶接の作業標準を新規公開した。

加工テンプレートに関しては、鋳造テンプレート14件、熱処理テンプレート2件、鍛造テンプレート3件の申し込みがあった。

MZ Platform では、Web セッション管理および画面遷移に関わる課題を解決し、6月リリースの Ver.3.0 より、Web アプリケーション開発機能を正式版として公開した。

ものづくり支援ツールの普及のため、産総研地域センターや公設研等との協力により2件の普及セミナーを実施したほか、出張講習会を3件、技術相談対応を160件、技術研修生の受入を4件行った。また、外部機関を中心とした普及体制整備の一環として、地域のソフトウェア協同組合の活動に対する助言や指導を行った。さらに、ツール利用者相互の情報交換や意見交換を推進するための Web ページを作成し、試験運用を開始した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】可視化技術、加工技術、情報技術、技能継承

【テーマ題目11】新素材エンジニアリングの先行研究

【研究代表者】加藤 一実

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】加藤 一実、安井 久一、木村 辰雄、
増田 佳丈、三村 憲一
（常勤職員5名）

【研究内容】

ナノクリスタルに代表されるナノ構造を有した新素材の部材化への道筋を明らかにすることにより、電子セラミックデバイスや各種素材産業における技術革新を狙い、国際競争力強化を図る。ナノ構造新素材は、従来の素材に比べ、合成過程や微細構造形成過程が明確に理解されていない。サイズや形状などの性状が合成環境に大きく影響を受けるため、大量合成が困難とされている。ナノ構造新素材の成長過程を正確に把握するためには、合成系全体への影響を極力抑えたリアルタイムサンプリング技術が必要であるが、これまではサイエンス優先の基礎研究フェーズの報告例に限られていた。本先行研究では、将来の大量合成技術への展開を見据え、水熱合成中におけるナノクリスタル形成過程を理解するため、高圧反応容器から直接サンプリングすることにより、擬似的にその場観察を実施し、構造形成過程に関する知見を獲得、蓄積することを目的とした。また、ナノ構造新素材の品質を保つために有用な先端その場計測・解析技術や、ナノ構造新素材に適した革新的な量産化技術についても調査した。さらに、潜在的にポテンシャルを有している新素材群を対象として、その部材化を図るために、新素材エンジニアリングの要素課題についても検討した。

チタン酸バリウム単結晶ナノキューブの水熱反応容器内の温度ならびに温度分布の時間変化を測定したところ、設定温度までの温度上昇に想定以上に時間を要することが分かった。反応過程でサンプリングした生成物の形態や形状をサンプリングして高分解能 TEM で観察したところ、生成物の表面にはテラスとステップが存在し、ステップの高さはチタン酸バリウムのユニットセルのサイズとほぼ一致していることが明らかになった。また、出発溶液の組成と反応時間を調節することにより、均一で形状分布の小さなキューブ状単結晶を再現性よく合成することが可能であることも確かめた。この疑似的なその場観察の結果により、平衡状態の観察結果から考察した単結晶ナノキューブの形成過程が整合していることが示唆された。さらに、出発溶液の金属イオン原料濃度を調節することにより、ナノキューブのサイズを段階的に増大することが可能であることも確かめた。ここで得られた知見は、今後、チタン酸バリウム単結晶ナノキューブの合成スケールの拡大を図る際のプロセス指針として重要であり、特に、サイズ制御の達成はナノ構造新素材の部材化のためのマイルストーンとしても重要な意味があると考察した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノクリスタル、単結晶ナノキューブ、新素材、その場解析、形状制御、サイズ制御、量産化

〔テーマ題目12〕 生体加工技術

〔研究代表者〕 栗田 恒雄（マイクロ加工システム研究グループ）

〔研究担当者〕 栗田 恒雄、徳永 仁史、小倉 一郎
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

医療技術の進歩が望まれる反面、医師の負担は適応領域の拡大、技術の多様化などから高くなる傾向がある。医療機器・器具において、内視鏡、エコーなど計測器は進化している一方、手術器具は単純・汎用なものが使用され、医師技術に依存している。本研究では、国内に蓄積している加工（製造）技術、ロボット技術などを生体組織に応用することで、これまで医師による手作業で行われた施術の部分的な高能率化、自動化を図る研究開発を行う。

生体組織加工技術、同技術を応用した医療用デバイスを開発することで、患者の身体的、経済的負担の軽減や、医師の負担軽減による医療ミス軽減、さらなる医療技術発展へのフィードバックなどに貢献することができる。また、医療用デバイス産業の発展、医療行為の合理化に伴う医療保険費の削減などにより、内需活性、外貨獲得、税金の効率的活用にも貢献できる。

本研究では、国内製造業が持つものづくり技術を生体へ応用できる環境構築のため、生体組織加工技術を体系化するための調査、検証研究を行う。応用先は先ず、患者への負担軽減が期待できる、医師への負担が大きいと考えられる、内視鏡手術など低侵襲治療技術でニーズ調査、具体的治療デバイスの開発を検討する。さらに生体組織加工技術の有効性を示し、医療技術全般に展開する。

本年度は、生体組織を被削物として捉えることで、当社の高い工業材料（金属、樹脂等）を対象とした従来の微細加工技術を応用、高度化し、新しい採取原理の生検鉗子を検討した。このドリル型生検鉗子は従来の生検鉗子と比較して、深部まで採取することができる、大体積採取することができる、硬化部を採取することができるなどの特徴を持つ。

また、検体部位、必要検査方法に応じて低侵襲と大採取体積及び採取確実性を最適化した生検ドリル形状設計簡易化を目指し、新しい工具形状である生検ドリルを用いた生体組織という柔軟物加工を取り扱うことができるシミュレーションソフトウェアを新規に検討した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 生検、鉗子、工具、機械加工、内視鏡手術

〔テーマ題目13〕 軟磁性材料の加工ひずみ制御による磁気特性改善の検討

〔研究代表者〕 佐藤 直子
（難加工材成形研究グループ）

〔研究担当者〕 佐藤 直子、加藤 正仁、松崎 邦男

（常勤職員3名）

〔研究内容〕

モータ効率向上が求められる中で、電磁鋼板においては磁気特性の損失の抑制が課題となっている。磁気特性の損失は、打抜き加工工程で生じるひずみに起因することが知られており、そこで、当研究グループでは電磁鋼板の加工技術の開発を行っている。加工の影響を把握するためには、加工による歪と磁気特性の損失の関係を評価する必要がある。本研究では、局所的なひずみと、ひずみに起因して変化する磁区構造の評価方法の探索を目的とした。

用いた試料は Fe-3%Si であり、所定の組成に秤量した純鉄とシリコンをアーク溶解で溶製してボタンインゴットを作製し、30%の厚さまで冷間圧延した。その後、窒素雰囲気中で1時間熱処理を行い、さらに厚さ0.35mmまで圧延を施した。X線回折により、相の同定を行い BCC 相単相であることを確認した。

研磨によるひずみが存在する場合、観察される磁区やひずみに影響を及ぼすことから、研磨条件を把握するため、耐水研磨紙#400から0.05 μm のコロイダルシリカの研磨状態までの磁区を Kerr 効果顕微鏡で観察し、評価した。その結果、0.3 μm のアルミナまでの研磨状態では、表面の研磨ひずみが大きく磁区が観察できなかった。その後、0.05 μm のアルミナで研磨し、その研磨時間を長くすると、徐々に大きな磁区構造から細かい構造までが観察された。さらに、コロイダルシリカで化学的に研磨ひずみのある表面を除去することによって、最適の研磨条件を得ることができた。

また、化学研磨では短時間での試料準備が期待できるため、弗酸による化学研磨を検討した結果、耐水研磨紙#1,000まで研磨した後に、弗酸と過酸化水素水を5:95の割合で混合した溶液を観察面に塗布し、炭酸水素ナトリウム飽和水溶液と純水で洗浄し、乾燥することで、機械研磨においてコロイダルシリカで長時間研磨した状態と同様の結果が得られた。

ひずみと磁区を同一視野で観察するため、各測定装置の両方に対応する試料サイズに調整し、試料表面を化学研磨した。ひずみを捉えるため、電子線後方散乱回折（EBSD: Electron Back Scattering Diffraction）により、観察面に対応する組織の結晶方位を0.3 μm ステップで捉え、各測定点の方位差からひずみを評価した。この結果、加工端に平行してひずみがバンド状に分布していることを捉えることができた。また、同一視野を Kerr 効果顕微鏡で磁区観察した。加工端部であるため研磨ダレや埋込樹脂との間に隙間があり、明瞭な観察はできなかったが、EBSD でひずみのある領域には細かく複雑な磁区が存在することが観察できた。

本研究において、同一視野で磁区とひずみを評価できることを確認したが、今後磁区の構造とひずみの対応を定性的に評価すること、および加工法の違いによる加工

端部のひずみと磁区構造の関係を検討し、ひずみを定量化することを試みることで、磁気特性の損失との相関関係を明らかにする。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 電磁鋼板、加工ひずみ、磁区観察

〔テーマ題目14〕 医療用部材に向けた二酸化チタン被覆多孔質チタン合金の開発

〔研究代表者〕 増田 佳丈（テーラードリキッド集積研究グループ）

〔研究担当者〕 増田 佳丈、清水 透、松崎 邦男、加藤 一実（常勤職員4名）

〔研究内容〕

生体埋め込み型の医療用部材として、チタン合金やチタン金属などが用いられている。手術による埋め込み後において、チタン合金表面に骨や細胞などが迅速に形成されることが強く求められているが、生体組織の形成には、チタン合金の構造、合金表面の各種特性が、大きな影響を及ぼしている。本提案では、骨や細胞などの迅速形成を可能とする埋め込み型医療用部材への応用を目指し、①チタン合金の多孔質化ならびに②合金表面への二酸化チタン被覆技術の開発を行った。

①チタン合金の多孔質化に対し、酸化を防ぎながら多孔質チタン合金を焼結するための技術を開発し、チタン合金多孔質体を合成した。合成は、1, 150℃にて2時間焼結することにより行った。球状の粒子形状を保ったまま、粒子間の接合部分のみを変形させて結合し、ネッキングを形成させている。これにより、粒子の連結した多孔質構造体を形成した。粒子表面の電子顕微鏡観察からも、酸化を防ぎながら多孔質チタン合金を焼結することに成功したことが示された。

さらに、②合金表面の二酸化チタン被覆に対し、微細な空隙構造を有する多孔質チタン合金表面への二酸化チタン被覆を実現する技術を開発し、二酸化チタン被覆多孔質チタン合金を合成した。チタン合金の腐食を抑制し、球状の粒子形状を保ったまま、多孔質チタン合金表面への均一な二酸化チタン被覆を実現した。粒子間のネッキング部分の微細な凹部領域も、二酸化チタンにより均一に被覆されている。二酸化チタン層により、平滑なチタン合金表面に数十 nm の微細な凹凸構造を付与することにも成功している。

開発した二酸化チタン被覆多孔質チタン合金について、生体埋め込み型の医療用部材としての評価を行った。連携先の岡山大学にて、体液を模した疑似体液中に、開発した二酸化チタン被覆多孔質チタン合金を、36.5℃、pH7.4の条件下で浸漬した。浸漬後の走査型電子顕微鏡観察からは、アパタイトの形成は確認されなかったが、アパタイト形成に関する一連の検討により、孔径サイズのより大きな二酸化チタン被覆多孔質チタン合金への改良指針を得ることができた。

本研究において、目的とした、酸化を防ぎながら多孔質チタン合金を焼結するための技術開発および、合金表面への二酸化チタン被覆技術の開発に成功した。医療用部材としての要求特性に合わせて、二酸化チタン被覆多孔質チタン合金の合成と改良を行っていくための技術を確立することができた。今後、これらの成果をさらに展開して、生体埋め込み型の医療用部材としての評価および、要求特性に合わせた二酸化チタン被覆多孔質チタン合金の改良を行う。具体的には、第一段階として、生体外の疑似体液中におけるアパタイト形成性能の向上を目指し、孔径サイズのより大きな二酸化チタン被覆多孔質チタン合金への改良を行う。さらに、第二段階として、岡山大学でのマウスへの埋め込み実験へ向けた連携を進展させる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノクリスタル、二酸化チタン、多孔質チタン合金

〔テーマ題目15〕 永久磁石による磁気軸受の開発

〔研究代表者〕 是永 敦

（トライボロジー研究グループ）

〔研究担当者〕 是永 敦、大花 継頼、鈴木 健、間野 大樹（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本課題は、永久磁石のみで構成された磁気軸受を実現することにより省エネルギーに資する技術を開発することを目的とする。磁気軸受は転がり軸受や滑り軸受に比べて摩擦力を限りなくゼロに近づけることができるが、従来の磁気軸受では電磁石と永久磁石を併用し、電力供給が必要であった。また、永久磁石のみでは、「電場・磁場において静止物体を安定に浮上させることは不可能」というアンショウの定理が存在し、実現不可能と言われているが、磁気ポテンシャルの谷を複数列作ることにより、相対する磁石のポテンシャルの山を落とし込むことによって、アンショウの定理と矛盾することなしに、安定浮上させることが可能になることを基本原理として、磁気軸受の設計を行った。

まず、基本原理を確認するため、磁石単体で着磁の工夫によって安定浮上するかを確認した。凹型と凸型の磁石を組み合わせ、凹型の上側および凸型の下側をN極、凹型の下側および凸型の上側をS極に着磁して組み合わせた場合、凸型が傾き浮上しなかった。凹型および凸型の内周側をN極に、凹型および凸型の外周側をS極に着磁して組み合わせた場合も、凸型が傾き浮上しなかった。このことから、磁場ポテンシャルの谷と山を複数配置する必要を確認した。そこで、小さな磁石を分散配置することで磁場ポテンシャルの谷と山を複数もつ磁気軸受を設計製作した。軸受は、加工の制約から、正面合わせアンギュラタイプとした。この結果、安定浮上はしなかったが、磁場ポテンシャルの谷と山の組み合わせによる浮

上原理は確認できた。安定浮上しなかった理由として、磁力線が予想と異なり、磁場の山の幅が小さく、ポテンシャルの谷の幅が大きかったため着地してしまう部分が生じたこと、ラジアル方向の負荷容量が小さかったこと、が明らかになった。この軸受を安定浮上させるためには、ラジアル荷重用の磁石を増やしアングュラ接触角を小さくすること、磁場ポテンシャルの谷幅を小さくするように分散配置すること、が必要である。またコギングトルクを小さくするために、回転方向の磁石ピッチも小さくする必要があることが判った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、磁気軸受、永久磁石、磁場ポテンシャル

【テーマ題目16】めっき法を用いたチタン-鉄異材溶接技術の開発

【研究代表者】 瀬渡 直樹 (集積加工研究グループ)

【研究担当者】 瀬渡 直樹、廣瀬 伸吾
(常勤職員2名)

【研究内容】

鉄(鋼)は安価で丈夫な材料であり、チタンは軽くて丈夫で腐食に対しても強い材料である。そのため、これら材料を接合できれば、高い腐食性を持つ橋梁等に利用できる。しかし、鉄とチタンを直接溶接した場合、溶接部に金属間化合物ができて継手が破断するため、鉄-チタンの異材溶接は難しい溶接とされている。しかし、鉄に対してもチタンに対しても合金を容易に作れて脆い組織を作らない材料があれば、それを鉄とチタンの間に中間層として挟んで溶接すれば、この困難な異材溶接が可能になると考えられる。そこで本開発では、中間層を使った異材溶接を研究する。しかし、溶接の大半は専門装置が充実した大工場での溶接ばかりではなく、限られた方法と治具の中で行う現場の溶接や小工場での溶接も少なくない。したがって本研究では、そのような制限の多い現場でも対応しやすい粉末敷設やめっきのような汎用的/容易な手法で金属間化合物の生成を抑制する中間層を作製し、母材と同等程度の継手になる溶接方法を研究した。

中間層として、コバルトのめっきを表面に施したチタン薄板(1mm厚)と鉄薄板(1mm厚)を蝶々型に密接させて密接部を溶接したところ、強い継手の溶接が得られた。また、チタン薄板(1mm厚)と鉄薄板(1mm厚)を同様に蝶々型に密接させ、その密接した谷間にコバルト合金の粉末を敷設し、そこを溶接した場合も強い継手の溶接が得られた。なお、この粉末敷設による溶接では、同じ溶接条件でも粉末の敷き具合等によって成功したり失敗したりするなど、再現性に難があった。

このように溶接部にコバルトを中間層として挟むことで溶接できる可能性が確認されたので、チタン厚板(3mm厚)と鉄厚板(3mm厚)を突合せ継手状に密着させ、その密着面に薄板(1mm厚)の溶接に成功した

時と同程度の中間層の厚さで施し、突合せ部を溶接したところ、溶接部は金属間化合物の生成で破断し、破断面は金属間化合物の生成で割れた痕跡があった。これらの検討より、次の点が確認された。

- ・めっきや粉末敷設という簡単な方法で異材溶接可能であった。
- ・中間層の大きさや形状が溶接継手の形状等によって異なり、OKの領域が非常にシビアな問題点がある。
- ・溶接金属部が大きく発生する溶接では、相応に大きな中間層を作らなければ中間層が相場と同様に金属間化合物を生成して破断する。
- ・粉末敷設方法は簡便であるが、横向きや上向きのような溶接姿勢では粉末が流れ落ちて溶接できないという短所がある。
- ・パイプ円周の溶接のような全周囲の溶接が必要な場合は、粉末敷設のような簡単な方式で中間層を作るのではなく、コールドスプレーやAD法のような「強固に中間層材料を厚くコーティングできる」方法で中間層を張り付けておく必要がある。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 異材溶接、チタン、鉄、中間層、金属間化合物

【テーマ題目17】ターゲット分子を認識する無機結晶界面の形成

【研究代表者】 永田 夫久江

(生体機構プロセス研究グループ)

【研究担当者】 永田 夫久江、加藤 且也、斎藤 隆雄、寺岡 啓、稲垣 雅彦、中村 仁美
(常勤職員6名)

【研究内容】

アパタイトによるタンパク質の分離精製能や選択的認識を精緻なものとするため、アパタイト結晶界面を自由にコントロールする技術の確立を目指す研究を実施した。アパタイトは各結晶面に現れる理論上の原子配置から、a面は正の電荷を帯びるため酸性タンパク質が吸着し、c面は負の電荷を帯びるため塩基性タンパク質を吸着する、という結晶面特異的相互作用型の吸着機構が支持されている。しかしながら、この結晶面特異的相互作用に基づいたタンパク質の選択的吸着はこれまで明確に示されていない。本研究ではアパタイトの結晶性に着目し、結晶性の向上によりタンパク質に対する選択的吸着を有するアパタイト結晶界面を形成することを目的とした。選択的認識をするためには化学量論組成に近いアパタイト粒子が必要であると考え、水熱法を用いてアパタイト粒子を合成した。水熱処理温度を変化させることにより、結晶性の異なるアパタイト粒子を得た。タンパク質吸着特性評価には、酸性タンパク質(BSA)、塩基性タンパク質(Lysozyme)、中性タンパク質(Myoglobin)の3種類を用いた。

タンパク質吸着の結果は、アパタイト合成温度の上昇に伴い酸性タンパク質、塩基性タンパク質の吸着量が増大し、中性タンパク質は吸着量が減少する、という明確な傾向が見られた。本課題で合成したアパタイトのCa/P、アスペクト比、結晶性、ゼータ電位などアパタイト粒子の特性とタンパク質吸着の結果から、アパタイト粒子の結晶性の向上がより本質的にタンパク質吸着に影響することを明らかにした。さらに、本課題で合成したアパタイトでは、中性タンパク質の吸着量が合成温度の上昇にともない減少し吸着量を0にすることができ、選択的吸着に関する重要な知見を得た。

本研究では、結晶面特異的相互作用型の吸着を支配するためには、アパタイトの結晶界面を理論通りに自在にコントロールする技術が重要であることを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 アパタイト、タンパク質、吸着

〔テーマ題目18〕 モデル表面を用いた添加剤効果の検証

〔研究代表者〕 中野 美紀

(表面機能デザイン研究グループ)

〔研究担当者〕 中野 美紀、三宅 晃司、是永 敦、
間野 大樹 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

潤滑油の添加剤が摩擦特性に与えるファクターとして、添加剤構成分子と表面の吸着、表面の構成元素、構成元素の比率、表面物質のドメインサイズなどが考えられる。添加剤の効果を引き出すためには、どのようなファクターが影響するか、またそのファクターを基に表面の最適化が必要である。しかし、工業的に使用されている材料の表面は非常に複雑な構造である。したがって、ファクターの効果の検証のためには、規定されたモデル表面を用いて検証を行い、その後、工業的に使用する表面へフィードバックしていくことが必要である。本研究では、添加剤の効果の検証を行う目的で規定されたモデル表面を使用し、添加剤が摩擦特性に与える影響を検証する。

今年度は、異種金属をナノスケールで配列したナノストライプ構造をモデル表面として、添加剤の効果について検討を行うため、ナノストライプ構造を基油であるポリアルファオレフィン (PAO) と、PAO に添加剤として酸性リン酸エステル (APE) を加えた潤滑油を用いて摩擦特性評価を行った。本実験では、多層膜の組合せとして、金とクロム (Au-Cr) を用いた。比較として、クロムと金をそれぞれ平滑なシリコン表面に成膜した基板を用いた。PAO および PAO+APE 下で摩擦試験を行った後、光学顕微鏡による表面の摩耗痕の観察およびX線光電子分光装置 (XPS) による表面の化学分析を行った。

ナノストライプ表面で摩擦試験を行った結果、基油である PAO のみで潤滑した場合よりも、添加剤として酸性リン酸エステルを加えた場合の方が、低い摩擦係数を示し、APE の添加による摩擦係数の低減効果が観察さ

れた。光学顕微鏡による摩耗痕の観察結果より、APE の添加による摩耗量の減少が観察された。以上より、添加剤による摩擦係数及び摩耗の低減効果が示された。

次に、摩擦試験による添加剤と表面の化学反応を検証するため、摩擦試験後の表面を有機溶剤で洗浄後、摩耗痕近傍の XPS 分析を行った。APE を添加した金平滑面では、ホスフェートが生成しているのに対して、クロム平滑面では、ポリホスフェートが生成していることがわかった。以上の結果より、添加剤による摩擦・摩耗の低減効果が金、クロムいずれの表面でも観察されたが、表面の生成物が異なることがわかった。今後は、金属の組成比を変えることにより、これらの生成物が摩擦特性に与える影響を検証していく予定である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 摩擦特性、添加剤、潤滑油、金、クロム

〔テーマ題目19〕 硬脆材料の極微小加工に関する原子シミュレーション

〔研究代表者〕 西村 憲治

(表面機能デザイン研究グループ)

〔研究担当者〕 西村 憲治、三宅 晃司、芦田 極、
栗田 恒雄 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

硬脆材料の加工においては、脆性破壊が生じるため加工面でのマイクロクラックの発生による表面品質、加工精度の低下や加工時の負荷荷重の増大による加工コストの増加が問題となる。これらの問題を解決する新しい加工技術として、レーザーアシスト加工等の延性モード加工が提案されている。レーザーアシスト加工は、レーザーを用いて被削材を局所的に高温に加熱して脆性延性遷移を生じさせ、延性破壊が起こる条件下で加工を行う方法である。

本研究では、SiC (炭化ケイ素) 単結晶について分子動力学法によるナノインデンテーション・シミュレーションを行い、高温加熱による延性モード加工の可能性を調べた。分子動力学法は原子の運動を追跡するシミュレーション手法であり、原子の熱振動を扱うことができるので、温度の影響を調べるのに適している。インデンターの形状は球状で、押込みを行った表面は SiC の (100) 面である。

シミュレーションによって得られた荷重変位曲線より、弾性応答および塑性変形過程のいずれにおいても温度による影響が見られた。1,200K の場合、300K の場合と比較して、弾性限における荷重および変位が小さくなっており、高温による材料の軟化、すなわち脆性延性遷移が確認できた。さらに、弾性限以降の荷重変位曲線も下方に遷移し、そのずれ幅は弾性曲線よりも大きかった。これは塑性変形に対する変形抵抗が低下したことを示しており、延性モード加工の実現可能性を示唆する結果と考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 分子動力学法、SiC、延性モード加工、脆性延性遷移、硬さ

〔テーマ題目20〕 アルミニウム系材料の腐食および摩擦・摩耗特性に対するエタノール燃料中の水分量の影響に関する研究

〔研究代表者〕 日比 裕子

(表面機能デザイン研究グループ)

〔研究担当者〕 日比 裕子、中野 美紀

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

CO₂排出量の削減のため、エタノール燃料が導入されつつあるが、エタノールは吸湿性が高いため周囲の水分を取り込んで含水エタノールとなりやすい。自動車の軽量化のため種々の部品に使用されているアルミニウムはエタノールによるドライコロージョンと水による腐食を受ける材料である。本研究ではエタノール中の含水量がアルミニウムの腐食および摩擦・摩耗特性に与える影響を明らかにすることを目的とした。

アルミニウムの摩擦試験では、エタノール中と水中では摩擦・摩耗特性に違いがあった。摩擦面観察の結果、アルミニウムの腐食生成物が摩耗機構に影響を与えることが示唆された。また、種々の含水量のエタノール中でのアルミニウムの腐食試験から、アルミニウムの溶出に及ぼす含水量の影響に関する知見を得た。エタノール中の含水量がアルミニウム摩擦面での腐食生成物の生成に与える影響の評価を開始した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 アルミニウム、エタノール、腐食

〔テーマ題目21〕 溶融射出ミルによる機能性コンポジット材料の製造技術に関する研究

〔研究代表者〕 今井 祐介

(無機複合プラスチック研究グループ)

〔研究担当者〕 今井 祐介、堀田 裕司

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

ポリマーマトリックスに機能性セラミックス粉末をフィラーとして分散したコンポジット材料は、さまざまな分野で活用されており、その効率的な製造方法についての研究が求められている。本研究では、従来にない分散方式を用いるコンポジット材料製造装置として、溶融射出ミル(Melt Injection Mill; MIM)の開発を行った。本装置は、これまで当グループで特徴的な成果を挙げてきた湿式ジェットミルによる無機フィラーのハンドリング技術を活かし、高温の溶融ポリマーを媒体とするように拡張したものと考えられる。

本研究では、ポリプロピレンを媒体ポリマーとし、無機フィラーの種類・濃度等の異なる試料について、MIM

による複合化処理を試みた。処理温度・処理圧力・処理回数等の諸条件が、フィラーの分散状態および得られるコンポジット材料の特性に与える影響を調べた。同時に、装置各部位の耐久性や動作性能を確認し、装置の改善につなげることを目指した。

データロガーを導入し、装置の様々な部位での温度および圧力の記録を行った。吐出速度から、見かけのずり速度を見積もったところ、最大で約10⁷[1/秒]に達し、レイノルズ数は約23,000となり、高粘度の溶融ポリマー流体であるにもかかわらず、乱流が生じていることが示唆された。フィラーの解砕・分散は、このような急峻な流れによって促進されると考えられる。処理試料の破断面を走査型電子顕微鏡で観察し、MIM処理により粗大凝集粒子の解砕が進んでいることを確認した。

装置構造については、試料導入部から逆止弁部の構造を改善することにより、バネ式逆止弁が良好に動作することを確認した。これにより、連続的に試料を処理することを可能とすることができた。また、本装置において、ポリプロピレン等の汎用プラスチックだけでなく、より高温での処理を必要とするPETのようなエンジニアリングプラスチックをマトリックス樹脂として検討することも可能であることを確認することができた。

研究の過程で、装置の安定的、ならびに、効率的な運転を行うために、いくつかの課題があることを確認することができた。これらの点について、これまでに把握している課題を含め、引き続き装置の改良を継続する。

今後は、様々な組成でMIMによる複合化処理を行い、各種処理条件がフィラーの分散状態および得られるコンポジット材料の特性に与える影響を調べる。また、最適な分散ユニットの流路構造について、探索・設計を行う。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 コンポジット材料、フィラー、分散

〔テーマ題目22〕 マイクロサイズ粒径のγ-Al₂O₃分散体の応用先の探索に向けた研究

〔研究代表者〕 伊藤 敏雄(電子セラミックプロセス研究グループ)

〔研究担当者〕 伊藤 敏雄、申 ウソク、伊豆 典哉、赤松 貴文(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究では、開発したγ-Al₂O₃粒子の機能性材料としての応用を検討する。ガスセンサについて、応答へ影響を及ぼす不純物成分の影響低減に向け、センサ材料の上層でのカバーレイヤーとしての応用を検討する。γ-Al₂O₃粒子を担体に用いた触媒調製と活性評価を行い既成品と比べて優れた点を探ると共に、触媒ペースト化の検討による焼成後のメソ孔の評価を検討する。

ガスセンサのカバーレイヤーとしては酸素センサに影響を及ぼす可燃性ガスの影響の低減に向けた評価を実施した。開発したγ-Al₂O₃粒子をカバーレイヤーとし、

更に触媒を担持させたセンサ厚膜を作製した。粒径の大きい γ アルミナ粒子を用いることで、粒子の凝集が無いペーストから膜厚が均一な厚膜の作製が可能となり、カバーレイヤーは下層のセンサ膜へのガス透過性と、センサ膜・触媒層間の電氣的絶縁の両立を検討した。触媒応用の研究では、Pd/Al₂O₃触媒上でのCO酸化反応に対し、担体の細孔構造と表面積による燃焼活性及び燃焼熱としての検知特性（活性熱変換特性）への影響を評価した。優れた熱伝導性と触媒活性の両立させて、細孔が少ない非多孔質担体に活性種を高分散に担持させる触媒材料設計の指針が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 アルミナ、 γ アルミナ、ガスセンサ、触媒担体

【テーマ題目23】 光化学修飾法による表面ナノコーティング技術の高度化に関する研究

【研究代表者】 中村 挙子（フレキシブル化学コーティング研究グループ）

【研究担当者】 中村 挙子、土屋 哲男（常勤職員2名）

【研究内容】

光化学修飾法を用いた各種ポリマー材料における基材劣化を回避できる温和で簡便な官能基表面改質技術を確立することを目的とし、フッ素・硫黄官能基化フレキシブル材料作製技術の開発、撥水性・金属固定・化学接合技術等への適用を目指し、特に医療用材料適用に向けた生体適合性の発現、大面積および各種形状基材処理の実現を目標とした。

紫外光照射による化学修飾法を用いることにより、各種ポリマー材料表面における官能基表面改質技術を確立した。本手法は温和で簡便な表面改質技術であり、種類によっては耐熱性、耐光性、耐薬品性に劣るなどの性質から、適用可能な既存表面改質技術が限定されるポリマー材料の基材劣化を回避することが可能である。以下に各種官能基化フレキシブル材料作製技術開発の検討結果について報告する。

① フッ素官能基化フレキシブル材料作製技術の開発

パーフルオロアゾオクタン（PF₇O）の光化学反応を利用することにより、フッ素官能基化ポリマー材料の作製に成功した。本手法は基材毎に最適プロセス（ウェットもしくはドライプロセス）を選択することにより、板・ペレット・粉末等の各種形状ポリマー材料に対して適用が可能であり、さらに100×100mm サイズまで試料作製面積を拡大した。フッ素官能基化ポリマー材料については、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）に匹敵する撥水性（接触角104-113°）、タンパク吸着量抑制による生体適合性発現を示した。また、透過度測定により基材ポリマーへの光照射による影響がないことを明らかとした。

② 硫黄官能基化フレキシブル材料作製技術の開発

単体硫黄の光化学反応を利用することにより、硫黄官能基化ポリマー材料の作製に成功した。本手法は官能基化原料塗布プロセスを利用することにより、無溶媒でポリマー材料を表面改質することができる。硫黄官能基化ポリマー材料については、硫黄-金属親和性を利用した金属ナノ粒子固定、金属膜との化学接合への適用が可能であることも明らかとした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ポリマー材料、光化学修飾、フッ素官能基、硫黄官能基

【テーマ題目24】 低炭素含有量シロキサンを活用によるアルミナーアルミニウムメタライズ形成技術の開発

【研究代表者】 北 憲一郎（セラミック機構部材プロセス研究グループ）

【研究担当者】 北 憲一郎、近藤 直樹（常勤職員2名）

【研究内容】

省電力・省エネルギー化は世界的に重要な課題であり、その取組の1つとして、パワーデバイスを初めとした、大電圧・大電流に耐えうる、耐久性と熱伝導性（放熱性）に優れた回路用基板の開発が進んでいる。導電性・熱伝導性・コストのバランスを考慮すると、アルミナとアルミニウムの組み合わせが最善と考え、本研究ではアルミナとアルミニウムによるメタライズ形成技術を開発することを目的としている。成果は次の通りである。

アルミナとアルミニウムのメタライズは、アルミニウム表面の強固な酸化膜により、ハロゲン性フラックスによる還元やアルミナ表面への活性金属のろう付け等を用いた多段のプロセスが必要であったが、シロキサン系ポリマーをアルミナとアルミニウムの間に塗布・加熱してアルミノシリケート層を形成するプロセスを利用することにより、上記メタライズの1プロセス化が可能である。

上記プロセスを用いたアルミナーアルミニウムメタライズが可能な温度範囲の調査を目的とし、アルミニウムとシロキサンの混合試料を用いて評価を行った。結果、本メタライズ技術が適用可能な温度は600℃以上である事が示唆された。

また、形成されたアルミノシリケート層を分析した結果、この層はアモルファスならびに結晶化したアルミノシリケートの混合層であることが示唆された。加えて、層内には直径1 μ m未満の炭化物系粒子（炭化アルミニウム、アルミ炭化ケイ素等）が存在していることが判明した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 メタライズ、アルミニウム、シロキサン、放熱、パワーデバイス、配線

【テーマ題目25】 マイクロ SOFC モジュールにおける非

破壊検査手法の確立

〔研究代表者〕 鷺見 裕史（機能集積モジュール化研究グループ）

〔研究担当者〕 鷺見 裕史、山口 十志明、日向 秀樹、藤代 芳伸（常勤職員4名）

〔研究内容〕

現在、ポータブル電源向けのマイクロ SOFC や電気化学物質変換デバイスとして期待される電気化学セラミックリアクターの新素材・製造技術開発を行っている。電気化学モジュール1セルあたりの入出力は1V、1A程度であり、大容量化を実現するためには複数の異種材料から構成される数十～数百セルを集積する技術が必要になる。しかし、量産化・低コスト製造プロセスで99%を超える歩留まりを実現することは困難であり、不良品を確実に除外できる非破壊検査技術の実用化が望まれている。本研究では、マイクロ SOFC モジュール内の微小な欠陥を簡便かつ非破壊で検出できる新たな先進製造分野でのサイズ技術として、共振法による内部摩擦測定やX線による内部応力測定等の検査技術の適用可能性について検討した。今回は、燃料極基板と薄膜電解質の共焼結温度を変えることによって擬似的にマイクロクラックを導入したサンプルを用意した。共振法によって測定されたヤング率、内部摩擦は焼成温度によって変化した。薄膜電解質の有無による差異は小さかった。これは、燃料極基板が多孔質であるため、薄膜電解質内のマイクロクラックよりも基板の気孔率の方が、ヤング率や内部摩擦に大きく影響してしまっただけである。一方、X線応力測定では、薄膜電解質のみの情報を得ることができ、欠陥のないサンプルの内部応力は有限要素法で求めた計算値と同等であった。電解質内にマイクロクラックを導入したサンプルでは内部応力の緩和が実験的に確認されたことから、X線応力測定は欠陥の検出に有効であることを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 燃料電池、セラミックス、非破壊検査

〔テーマ題目26〕 新規機能性材料開発に向けた完全大気非暴露合成評価一環システムの構築

〔研究代表者〕 間宮 幹人

（結晶制御プロセス研究グループ）

〔研究担当者〕 間宮 幹人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

試料調整から合成、評価まで一貫して大気非暴露環境で行う実験環境の整備及びノウハウの構築を行った。特に潮解性を示す材料系で大気非暴露での物性評価を行い、特性改善への効果を実証した。大気非暴露環境で行う実験装置として、既存のグループボックスに横型管状炉を接続した一体型実験装置を開発し、1,000℃以下の温度範囲において大気非暴露実験が可能になった。

開発した装置を用いてナトリウム2次電池用新規電極

材 Na_2CuO_2 での、大気非暴露環境が電池性能に与える効果を実証した。

合成した Na_2CuO_2 を大気中と大気非暴露で安定性について評価を行った結果、大気非暴露では非晶質の存在が見られるが、大気中では結晶化が進み安定相である NaCuO_2 が顕著となっていた。また、大気中と大気非暴露の試料でナトリウム2次電池を作製し、充放電特性を比較した結果、大気中で作製した試料は2サイクル時の放電容量が136.6mAh/gであったが、サイクルがすすむにつれて劣化し30サイクル時には75.21mAh/gとなった。一方、大気非暴露で作製した試料ではサイクル劣化はほとんど見られず、2サイクル時では158.39mAh/g、30サイクル時では158.02mAh/gを示した。ナトリウム銅酸化物での可逆的にNaが挿入脱離している試料は報告がなく、劣化を抑制する大気非暴露の効果が大きいことが明らかになった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 大気非暴露、新規材料、ポストリチウム電池、ナトリウム銅酸化物

〔テーマ題目27〕 ナノ領域で安定な多形の合成プロセスの開発および相安定評価

〔研究代表者〕 杵鞭 義明

（特異反応場プロセス研究グループ）

〔研究担当者〕 杵鞭 義明、安岡 正喜、砥綿 篤哉、鈴木 一行（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究は、物質の相安定に与える表面エネルギーの寄与に着目し、ナノサイズ化することにより安定化される結晶構造についての調査を行った。

物質の相安定は各相のエンタルピーとエントロピーにより決定される。このエンタルピー項には表面エネルギーの寄与があり、ナノサイズ領域では相安定の重要な因子となる。

具体的な例として、酸化アルミニウム (Al_2O_3) の相安定を実験的に検証した。 Al_2O_3 には、サファイアとして知られるコランダムアルミナ (α 相) と触媒で広く利用されるスピネルアルミナ (γ 相) が存在する。 γ 相は1,100℃程度の加熱により α 相へ相転移することが良く知られている。この相転移は一方向で、可逆性が実験的に観察されることはなかったため、 γ 相は準安定相と見なされていた。

α 相と γ 相のエンタルピーは、表面エネルギーを考慮しなければ、 α 相が低いエネルギーを有する安定相である。しかし結晶がナノサイズになると、表面エネルギーの寄与が無視できなくなり、 γ 相が安定となる。一般的な相図の作成には、加熱に伴う相転移を観察するが、この際、結晶成長により表面エネルギーの寄与が変化していくため、可逆性が確認できない理由となっていた。また α 相のナノ粒子合成も困難であった。

相転移の可逆性を確認するため、我々は市販の α 相原料粉末を出発原料として、機械的な粉砕法によりナノ粒子を調整した。(XRD 結晶子径: 8nm、BET 比表面積: $220\text{m}^2/\text{g}$ 、TEM 観察粒径: 10nm 程度) さらに、熱処理中の結晶成長を抑制するために SiO_2 をナノ粒子にバリア層としてコーティングした。この α 相 nano 粒子を空气中で熱処理をすると、 150°C 以上で γ 相へ相転移することが確認され、 γ - α 相転移は可逆であることが明らかになった。比較試料の SiO_2 コートをしない α 相 nano 粒子においても、熱処理による結晶サイズの増大は観察されるものの、 γ 相への相転移が起こり、その可逆性は確かであることがわかった。

我々は、さらに、このようなエネルギーの関係により、未発見の結晶がナノ領域に存在するかどうか、計算により検証した。 Cr_2O_3 はコランダム構造 (α 相) であるが、予想されるナノ相 (スピネル γ 相を仮定) の存在は知られていない。密度汎関数法による計算の結果、 γ Cr_2O_3 相は、格子定数が 8.239 \AA と推定された。これは、 γ Al_2O_3 の 1.045 倍の格子定数であり、 α Cr_2O_3 と α Al_2O_3 との格子定数比 1.04 に一致するものであった。また γ 相は α 相に対して高いエネルギー値を示し、一方、表面エネルギーは γ 相の方が低いことから、 Cr_2O_3 においてもナノ相が存在することが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 相転移、表面エネルギー、多形、ナノ粒子

【テーマ題目28】 CFRP ダメージ評価法の開発に向けた熱弾性応力測定および熱伝導逆解析に関する研究

【研究代表者】 村松 眞由

(機能・構造予測検証研究グループ)

【研究担当者】 村松 眞由、中住 昭吾、原田 祥久、鈴木 隆之 (常勤職員4名)

【研究内容】

比強度、比剛性に優れた炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は様々な構造物へと適用されつつあり、そのダメージ評価法の開発が急務となってきた。赤外線サーモグラフィーは種々の材料の非破壊検査法として用いられているが、本研究ではさらに CFRP の熱弾性応力測定及び熱伝導逆解析を実施し、CFRP のダメージ評価への適用を試みた。

まず、CFRP 試験片の加工端部に対する熱弾性応力測定では、高空間分解能を得るため、クローズアップレンズを使用し低荷重で引張疲れ試験を行った。その結果、加工 CFRP 試験片では熱損傷部に低応力領域が発現することが明らかとなった。また、CFRP 試験片に凹状の損傷を付与し、引張疲れ試験および曲げ疲れ試験による赤外線応力測定を行った。引張疲れ試験では特異な応力場は見られないのに対し、曲げ疲れ試験では特異応力場

が発現し、曲げ方向荷重負荷の場合にのみ針状損傷の検出が可能となることが明らかとなった。

さらに、平成25年度に構築した層間伝達マトリクス法、有限差分法に基づく逆解析コードを非線形最適化法、有限要素法へと変更し、複雑き裂にも適用できるようにした。損傷の深さおよび幅を変数とした2変数問題解析の結果、PAN 系およびピッチ系 CFRP でともに精度よく真値へ収束した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 CFRP、赤外線サーモグラフィー、逆解析

【テーマ題目29】 Fundamental mechanisms of metal cutting; Surface quality control

【研究代表者】 Oleg Ryabov (加工基礎研究グループ)

【研究担当者】 Oleg Ryabov、碓井 雄一、三宅 晃司 (常勤職員3名)

【研究内容】

研究の目標は、切削加工中に諸物理量を同時測定して加工状態を把握することであるが、その基礎資料とするために切削温度の違いが切削生成面にどのように現れるかを調べた。

小径工具による切削加工では、切削速度が小さいため刃先温度が高くなるので構成刃先ができやすく、仕上げ面が悪くなる可能性がある。高速切削や高温材料の切削で刃先が再結晶温度以上になると構成刃先ができなないので、面粗さの改善が期待される一方で、塑性流動増加などの悪影響も予想される。そこで材料を再結晶温度近くに加熱して切削を行い、仕上げ面の状態を観察した。

対象とする材料をアルミニウム合金 A7075P-T651 (引張り強さ 582MPa 伸び 15.9%) とし、 $\phi 1\text{mm}$ のエンドミル (OSG F-MG-EDL-3: 2枚刃 TiAlN コーティング ねじれ 30°) による加工を行った。材料を加熱したアルミニウムブロックの間に挟んで、 $100\sim 250^\circ\text{C}$ に加熱した状態で切削を行った。切削条件は $S10,000\text{rpm}$ $F0.02\text{mm/round}$ $d0.03\text{mm}$ である。加工点の正確な温度測定は行えなかったが、加工熱が加わるので材料温度が 250°C のときには再結晶温度約 300°C を超えると思われる。

切削加工面を光学顕微鏡、レーザ顕微鏡、触針式あらさ計で観察した結果、次のような特徴が明らかになった。

up-cut の場合

- ・切りくずが加工面に埋め込まれている。工具切刃に溶着した切りくずが、工具食いつき時に仕上げ面に圧接された結果である。材料温度が高くなるほど、埋め込まれる切りくずの量が多くなり、切りくずサイズも大きくなっている。

down-cut の場合

- ・up-cutのような切りくずの埋め込みは起きなくて、比較的良好な仕上げ面になる。
- ・常温ではびびりが発生したが、100℃以上に加熱したものではびびりが無かった。
- ・材料温度100℃～200℃では、生成面に大きな違いが見られなかった。材料温度250℃もほぼ同等の面となったが、一部分に構成刃先が仕上げ面に残されるといった現象が起こった。
- ・加工面の断面形状には、工具回転に対応した周期性が見られない部分が多い。回転ごとに構成刃先の成長程度が異なっていて、切り込み深さが変化していると解釈できる。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 切削、温度、構成刃先、仕上げ面

【テーマ題目30】 複合ナノ粒子気相合成プロセス並びに
応用技術開発

【研究代表者】 平澤 誠一（加工基礎研究グループ）

【研究担当者】 平澤 誠一、古賀 健司（ナノシステム研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

金属と半導体、或は、異種半導体同志が原子レベルで接合すると、界面近傍で両者のフェルミ準位が等しくなるよう半導体のバンドベンディングが生じる。このような構造をナノスケールに実現した複合ナノ粒子では、特異な電子密度状態、高活性な三相界面に起因した電気化学的特性が期待できる。本研究では、希ガス中でのレーザーアブレーションとその後のナノ粒子酸化反応をコントロールすることにより、極めて簡便な手法で、様々な材料系、様々な形状の複合ナノ粒子を作製するプロセスを確立するとともに、粒子の電気化学的物性の探索を進めることを目標としている。

具体的には、貴金属と卑金属からなる合金材料を希ガス中でレーザーアブレーションすることにより生成した合金ナノ粒子を、気流搬送中に加熱雰囲気化で酸素と混合し、卑金属成分を酸化させ相分離させることにより、貴金属と卑金属酸化物からなる複合ナノ粒子を作製するプロセスを開発した。得られた複合ナノ粒子に含有される貴金属・卑金属の組成比はターゲット材料の組成を保存しており、ターゲットのコントロールにより、様々なボリューム比の複合ナノ粒子を作製することが可能であった。レーザーアブレーション法の特長として、材料選択の多様性が挙げられるが、今回開発したプロセスにより、数多くの材料系の組み合わせについて複合ナノ粒子の作製に成功した。特に、岩塩構造を安定構造にもつ金属酸化物については、酸化雰囲気下での温度履歴により様々な成長形態が発現することを見出し、酸化プロセスのパラメータにより、形状までも制御した複合ナノ粒子を作製できることを明らかとした。

粒子の物性探索としては、ガスセンサ特性評価を端緒

として、予備的試験を行った。できるだけ少ない量の粒子で電気的なコンタクトがとれるよう、ガラス上にリソグラフィで作製された数ミクロンギャップの楕円電極を選定した結果、数秒程度の堆積時間で、評価に十分な架橋が得られることが明らかとなった。但し、粒子の種類にもよるが、電気抵抗値やガス応答の安定性に問題がみられており、信頼性のあるデータ取得は今後の課題である。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、複合化、レーザーアブレーション、触媒

⑤【サステナブルマテリアル研究部門】

(Materials Research Institute for Sustainable Development)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：中村 守

副研究部門長：田澤 真人、小林 慶三

主幹研究員：田尻 耕治

所在地：中部センター

人 員：54名（54名）

経 費：505,871千円（415,119千円）

概 要：

サステナブルマテリアル研究部門は、材料、素材及び部材に関わる研究開発によって、産業・社会の持続可能な発展の実現に貢献することを目指す。特に、産業上重要でありながら、将来の供給に不安があるレアメタル資源対策のための技術開発、及びエネルギー資源の節約と、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出量の抑制による地球環境への負荷低減のための、材料及び部材に関わる研究開発に取り組んでいる。具体的には、可採埋蔵量が少ない上に、極少数の国への埋蔵資源の偏在が著しいため、我が国の産業にとって重要でありながら、将来の安定供給に不安があるいくつかのレアメタル元素について、代替材料技術及び消費量削減技術の研究開発を推進した。また、将来のエネルギー不足への対応及び地球温暖化の防止を目的とする研究においては、エネルギー消費削減に資する材料と部材に関わる研究開発として、自動車等の輸送機器用超軽量材料としてのマグネシウム合金を中心とした軽量金属素材に関わる研究開発と、住宅・オフィスにおける冷暖房のためのエネルギー消費の削減を目指した窓、壁等の建築材料及び部材に関わる研究開発を重点課題として実施した。

平成25年度は、各重点課題において力を入れたテーマは、以下の通り。

- ① レアメタルの研究については、偏在が著しいジスプロシウムを添加する Nd-Fe-B 希土類磁石の代替

材料として、ジスプロシウムを使用しない Sm-Fe-N 焼結磁石材料の開発を行い、微細結晶化プロセスの開発により、高い保磁力を示す粉末を作製する技術を開発した。また、低温で高い CO 酸化特性を示す水賦活処理白金—鉄担持アルミナ触媒について構造の解明を行った。白金族触媒からの白金族資源の回収について、Li と Na の混合複合酸化物を利用する低環境負荷リサイクル技術を開発した。さらに、コバルト代替材料技術については、WC-Co を代替する WC-FeAl に含まれる酸素量の抑制により、靱性と強度を大幅に向上させ得ることを示した。また、WC-FeAl を工具として利用するために必要な長尺部材の製造プロセスの開発を行った。

② 軽量金属素材についての研究では、相対的に優れた強度を有するマグネシウム合金 (AZ61:Mg-Al-Zn 合金) を対象として、優れた室温張出し成形性 (エリクセン値: 8.0) と高強度 (291MPa) を両立するプロセス条件を明らかにした。また、マグネシウム合金の連続鋳造ビレットから複雑形状部材 (ヒートシンク) を鍛造で製造するプロセス技術の開発を検討し、最終的な鍛造過程の前に、予め結晶を微細 (10 ミクロン以下) に調整することで、複雑形状の創成が可能なることを示した。また、軽量金属の低コスト振動鋳造プロセスの可能性について検討し、振動印加条件と結晶粒の関係等を調べた。

③ 省エネルギー住宅・オフィス用材料技術についての研究では、ガスクロミック調光ミラーシートの実用化に向けた研究開発を進展させた。また、サーモクロミック材料の性能を向上させると共に、液晶を用いた新規熱応答型光制御素子の製作に成功した。

木質サッシの開発については、形状付与及び形状安定性の向上を目指した研究を進めた。省エネルギー効果の評価については、環境調和実験棟において、開発部材の実使用環境での省エネルギー効果の実証試験を継続した。

外部資金:

独立行政法人科学技術振興機構 平成24年度研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
「高耐久性・高意匠性を両立する木質成形体の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 平成24年度研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
「高温耐酸化性を有するレアメタルフリー工具用材料の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (チーム型研究 (CREST))
研究領域「プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製」

「光神経電子集積回路開発と機能解析・応用」

財団法人石川県産業創出支援機構 平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「航空機中空複雑形状鋳物用、砂型差圧鋳造技術の開発」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団 平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「同時複数組蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) FS 探索タイプ
「希塩酸を用いる白金の低環境負荷型溶解プロセスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 平成25年度研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
「高融点材料の摩擦攪拌接合を実現するサーメット製ツール材料の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 平成25年度研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
「光透過性を可変できる保育器応用に資する調光デバイスの開発」

公益財団法人北九州産業学術推進機構 平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金鋳造薄板による革新的電極素材の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成21年度産業技術研究助成事業
「高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化膜の膜の膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発」

独立行政法人日本学術振興会 H24基盤研究 (C)
「異周速圧延法によるチタン板材の集合組織制御と高性能化」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「VO₂マイクロフレック創製と熱応答型表面熱伝達制御素子の開発」

独立行政法人日本学術振興会 H23基盤研究 (A) (一般)
「ナノ空隙の吸着サイト改質とマイクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科研費(基盤研究(C)(一般))

「インプラント治療におけるiPS細胞を用いた再生骨の長期安全性に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成23年度先導的産業技術創出事業

「木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金(研究活動スタート支援)

「第一原理計算を利用したCNT/金属異相界面の破壊メカニズムの解明」

公益財団法人天田財団 塑性加工研究助成

「Ti(C,N)-Ni系サーメットの高靱性化に関する研究開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究(C)(研究分担者)

「有機複合体材料への3次元微細構造形成に基づく感温型デバイスの光制御機能開発」

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究分担者)

「生物規範階層ダイナミクス」(分担者1)

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究(研究分担者)

「生物規範階層ダイナミクス」(分担者2)

発 表：誌上発表139件、口頭発表216件、その他58件

凝固プロセス研究グループ

(Solidification Processing Group)

研究グループ長：多田 周二

(中部センター)

概 要：

所属部門の重点課題である軽量金属材料技術ならびにレアメタル対策技術を中心に、産業・社会の持続可能な発展に資する新しい鑄造プロセスの開発に取り組んだ。平成25年度は、磁場を必要としない振動鑄造プロセスとして、溶解するつぼの外周部に配置したコイルに電流を反転させながら印加できる装置を試作し、これを用いることによって鑄造組織の微細化が可能であることを確認した。セミソリッド成形技術では、業界からのニーズが高いADC12アルミニウム合金に対してセミソリッドによる成形条件を精査し、耐圧部品の

成形に成功した。さらに、凍結鑄型に関する研究では、青銅合金鑄物におけるピスマスの使用量の低減技術に目途が付き、民間企業による事業化という形で技術移転を行った。同時に、鑄造品からの中子の除去作業にかかる作業負荷の軽減を目的として凍結中子の適用に関する検討も進め、複雑な中空形状を有するアルミニウム合金鑄物を対象として凍結鑄型による鑄造技術の高度化に向けた技術開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

環境応答機能薄膜研究グループ

(Energy Control Thin Film Group)

研究グループ長：吉村 和記

(中部センター)

概 要：

多層薄膜を利用した省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、調光ミラーガラス、サーモクロミックガラス、液晶を用いた新規調光ガラス、全反射を用いた新規調光ガラスの研究を行った。調光ミラーガラスの研究においては、マグネシウム・イットリウム合金薄膜と新しいガスクロミック方式を用いる調光ミラーシートを実用化するための研究を企業と共同で行い、省エネルギー窓としての実用化に向けて大きく前進した。サーモクロミックガラスについては、温度変化にともなう反射率変化のヒステリシスを小さくする技術を確立した。液晶を用いた新規調光ガラスの研究では、液晶の相転移を用いた熱応答型光制御素子の作製に成功した。また、全反射を用いた新規調光ガラスの研究では、調光シートとして大量生産する方法を企業と共同で開発し、厚さ0.1mmの調光シートの作製に成功した。

研究テーマ：テーマ題目3

木質材料組織制御研究グループ

(Advanced Wood-based Material Technology Group)

研究グループ長：金山 公三

(中部センター)

概 要：

樹木は、人工的なエネルギーを使用すること無しに太陽エネルギーによる光合成で成長するので、大気中の二酸化炭素固定による「地球温暖化対策」と、再生産による「資源枯渇対策」として有望な材料と位置づけられる。そして、公共建築物への国産木材利用を促進する法律も施行された。このような背景に基づき、木材の有効利用の大幅拡大が期待されているが、それを実現するためには、①強度向上技術、②形状付与加工技術、③寸法安定性向上技術、④耐久性向上技術並びに評価・保証技術などが必要である。

そこで平成25年度は、②を中心テーマとして、その

遂行に際して①③④も考慮して取り組んだ。木材の細胞間層を選択的に軟化させて、隣り合う細胞同士のせん断滑りを生じさせることによって、材料を複雑3次元形状へ変形加工する「流動成形」の検討を進めた。特に、素材の微細構造制御によって変形抵抗の顕著な低減の可能性を見出した。

研究テーマ：テーマ題目3

セラミックス応用部材研究グループ

(Applied Technology with Traditional Ceramics Group)

研究グループ長：杉山 豊彦

(中部センター)

概要：

窯業、陶磁器に関して蓄積した研究手法やノウハウを活用して、省エネルギーに役立つ建築部材の技術開発を行う。外壁・内壁・屋外などに用いられるセラミックス建材として、保水性、調湿性、透水性、断熱性、防音性などの機能を付与した部材を開発する。同時に廃棄物のリサイクルのための技術開発を行う。また、釉薬関連、データベース構築などの基礎研究およびセラミックス製造技術等を活かした応用研究を行う。平成25年度は、保水性セラミックスについて耐凍害性の向上の研究を継続し、開発品の実証試験を行って従来品に比べて凍害発生が大幅に減少することを確認した。また調湿建材用に開発し環境調和型建材実験棟に施工した調湿塗り壁材の性能評価を継続して行うと共に、コストダウン等の可能性を検討するため、構成元素の異なる建材用新規調湿材料の研究を開始した。その他の研究として環境適合型顔料、粉体への特性付与と評価技術および標準化、日射反射釉薬の開発、粘土系部材への機能付与、開発部材の応用研究などを行った。

研究テーマ：テーマ題目3

相制御材料研究グループ

(Phase Engineering for Advanced Materials Group)

研究グループ長：尾崎 公洋

(中部センター)

概要：

これまでのレアメタルに依存した機能性の向上を見直し、レアメタル資源への依存度を低減した材料開発を実現するため、材料合成過程における非平衡状態を積極的に活用した代替材料および省使用化技術を開発した。特に、磁性材料、熱電材料、硬質材料を中心に研究を進めた。

ハイブリッド自動車の駆動用モータに利用される磁石に含まれる重希土類元素である Dy を使用しない磁石の開発を続けた。そしてその一番の候補である Sm-Fe-N 磁石粉末に対して、微細結晶化プロセスの開

発により、高保磁力粉末の開発に成功した。

廃エネルギーの有効利用のためには、熱を電気に変換できる熱電変換材料が有効である。これまでに開発された熱電変換材料に含まれる希少金属である Bi、Te、Sb を用いない Fe₂VAl 熱電モジュールを開発し、モジュール化に際して重要な技術である高速焼結プロセスの開発を行った。

また、精密加工を実現するために使用される硬質な金型材料などに利用される W や Co の使用量を削減することを目的として、FeAl 金属間化合物や Ni を結合相とした新しい硬質材料の開発を行った。その結果、WC-FeAl を通電焼結金型として利用できることを明らかにし、実用化への道筋を付けることができた。

研究テーマ：テーマ題目1

融合部材構造制御研究グループ

(Advanced Integrated Materials Research Group)

研究グループ長：松本 章宏

(中部センター)

概要：

結晶性や組織の制御・融合化によるレアメタル代替材料の創製と射出成形や高エネルギービームを用いた部材化に至る技術開発を行っている。

コバルト代替硬質材料 WC-FeAl に関して、プロセス中に取り込まれる酸素量を制御することにより、破壊靱性と抗折力を大幅に改善できることを明らかにした。また、焼結時の雰囲気制御することにより、結合相中に形成しやすい脆化相を抑制できることを見出した。タングステン代替硬質材料として開発している高靱性サーメットに関して、特定元素添加により靱性が改善される要因について種々検討し、考えられる高靱化メカニズムを提案した。

開発している硬質材料の工具や金型への応用を促進するため、開発材料を用いた工具による切削等のシミュレーションを行い、市販超硬合金工具との結果を比較検討し、今後の課題を整理した。

硬質膜を形成するために、PBII とスパッタを併用した新たな手法を提案して基礎的検討を行い、その可能性と課題について整理した。

研究テーマ：テーマ題目1

物質変換材料研究グループ

(Catalytic Nanomaterials Group)

研究グループ長：多井 豊

(中部センター)

概要：

環境浄化やクリーンエネルギー開発分野におけるレアメタルの代替・少量化や、当該分野に関連する資源採取に資する研究を推進した。

環境浄化材料関連においては、三元触媒の軽希土類

有効利用にむけて、セリア-ジルコニア触媒の酸素放出過程における速度解析を行った。この結果、クリオゲル触媒は従来法触媒に比べて、表面酸素、バルク酸素共に酸素放出速度が高いことを突き止めた。高活性・高耐久性触媒の創出を目指し、薄膜技術を応用したドライプロセスを取り入れた触媒調製法を検討した。平成25年度は、触媒金属原子の担体へ打ち込み効果を明らかにするため、イオン源で生成する金属イオンのエネルギー分析する手法を開発した。低温で高いCO酸化活性を発現する、水賦活処理白金-鉄担持アルミナ触媒について、担体となる鉄担持アルミナの詳細な構造解析を行った。この結果、酸化鉄はアルミナ表面に単分子状で存在すると推測された。

クリーンエネルギー開発関連分野においては、ニッケルを含むアルミナゾルを均一にゲル化するプロセス技術を開発した。本方法で調製した触媒では微細なニッケル粒子がアルミナ上に高分散され、天然ガス改質反応を行ったところ、従来法で作製された触媒に比べて、反応活性、選択性共に優れていることを見いだした。また、バイオマス由来の原料からの低環境負荷型水素製造プロセスを利用してアンモニアをone-pot合成するプロセスについて予備的な実験を行い、実際にアンモニアが生成することを確認出来た。

研究テーマ：テーマ題目1

高耐久性材料研究グループ (Durable Materials Group)

研究グループ長：穂積 篤

(中部センター)

概要：

当グループは、レアメタル・ベースメタル(含主要軽金属)の代替材料および使用量削減技術、当該材料使用製品の長寿命化、二酸化炭素削減のための輸送機器軽量化、建材等構造部材への機能性表面創成技術の開発を目指し、1) ウェットプロセスを用いた高機能表面/薄膜の創製、2) ドライプロセスを用いた高機能、高耐久性材料の創製、3) 材料の機械的特性評価技術の開発およびその標準化等に取り組んでいる。平成25年度、1) では、親水性ポリアクリル/ポリメタクリル誘導体を原料に用いてポリマーブラシを各種基板上に作製する手法の確立を目指し研究を実施した。得られたブラシ表面は水中で高いはっ油性を示し、水中での油の前進/後退接触角が150°以上を示し、その差である接触角ヒステリシスが小さいため(<10°)、低い角度度(<5°)で滑落していくことが明らかとなった。2) では、耐食・耐摩耗性ならびに はっ水性あるいははっ油性等の表面特性の高機能化を図り、MAX相をベースとする多元系化合物セラミックス皮膜の形成技術を開発している。平成25年度は、レアメタル使用製品であるステンレス鋼(SUS316)基材に、多元ス

パッタリングによるTi-Si-C三元系化合物セラミックスのコーティングを実施し、はっ水性に及ぼす成膜温度の影響を検討した結果、皮膜構造の成膜温度依存性ならびに微小水滴に対する静的接触角の成膜温度依存性が共に明らかとなり、はっ水性と皮膜構造との関連性を確認した。また、同三元系セラミックス薄膜の合成における窒素添加の影響を検討した結果、一定の窒素ドーパ量のときに高温はっ油性を発現する薄膜を作製できること、および油滴の転落角は温度上昇とともに小さくなる傾向があることを見出した。

3) では、機械的特性評価技術に関する研究を行い、当グループが考案した顕微方式の計装化インデンテーション評価装置を検証する方法を確立した。これにより、圧子接触面の撮像画像の大きさや画像解析により数値化された接触面積を検証することが可能となり、各種機械的特性を解析する上で極めて重要な接触面積値のトレーサビリティを実現した。材料の劣化の度合いを定量評価する技術を開発した。動疲労の振幅応力を系統的に変化させる手法で高分子材料のモデル劣化材を作成し、顕微インデントにより計測される負荷過程の接触面積と荷重との関係からモデル劣化材の弾塑性特性を弾性成分と塑性成分に分離評価した。これらは劣化評価のパラメータであるばかりでなく、劣化の素過程や劣化機構の解明において有用であることがわかった。

研究テーマ：テーマ題目1、2

金属系構造材料設計研究グループ (Group for structural metals design)

研究グループ長：千野 靖正

(中部センター)

概要：

軽量金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、マグネシウム合金の鍛造プロセス及び圧延プロセスに関する研究を実施した。具体的な研究内容は以下の通りである。

マグネシウム合金の鍛造プロセスの開発では、汎用マグネシウム合金(Mg-3mass%Al-1mass%Zn合金:AZ31合金)の連続鍛造ビレットから複雑形状部材(ヒートシンク)を鍛造成形するためのプロセス技術の開発を検討した。その結果、鍛造前の素材の組織を予め10μm以下に微細化(結晶粒微細化処理)することで、200°C以下の低温でも複雑構造部材を鍛造成形できることを見出した。

マグネシウム合金の圧延プロセスの開発では、AZ31合金の室温成形性を改善するために開発した手法を、高強度Mg合金(Mg-6mass%Al-1mass%Zn合金:AZ61合金)に適用することを検討し、優れた引張り強度(291MPa)と室温成形性(エリクセン値8.0)が発現するプロセス条件を導出した。また、優れた冷

間圧延性を示す希薄合金 (Mg-0.2wt%Ce 合金) を対象として室温成形性を改善することを検討し、エリクセン値8.0の成形性が発現するプロセス条件を導出した。

研究テーマ：テーマ題目2

〔テーマ題目1〕レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発

〔研究代表者〕中村 守 (研究部門長)

〔研究担当者〕中村 守、小林 慶三、尾崎 公洋、西尾 敏幸、楠森 毅、三上 祐史、中山 博行、高木 健太、岡田 周祐、松本 章宏、加藤 清隆、中尾 節男、下島 康嗣、細川 裕之、古嶋 亮一、多井 豊、尾崎 利彦、三木 健、大橋 文彦、富田 衷子、山口 渡、粕谷 亮、多田 周二、田村 卓也、(尾村 直紀)、穂積 篤、浦田 千尋、園田 勉、宮島 達也 (常勤職員29名)

〔研究内容〕

部材における機能の高性能化・小型化により省資源・省エネルギーを実現しながら、機能性部材を構成するレアメタルへの依存度を抑制した新しいコンセプトの部材開発に向けた基盤的な研究を行う。特に資源が希少でその偏在性が高く、我が国産業の今後の発展に不可欠なレアメタル資源に着目し、その使用量の低減を目指した材料開発・プロセス開発を行う。開発対象材料としては高性能永久磁石、硬質な耐摩耗性部材 (工具や金型)、熱を電気や力に変えるエネルギー変換部材の開発を行う。また、環境負荷低減を目指して、環境触媒における白金族などの省使用化技術の開発や、鉛の削減技術の開発とそれに伴うレアメタル資源の有効利用技術の開発なども実施する。具体的には、資源的に豊富なチタンと軽元素 (B、C、O、N 等) を主たる構成要素としながら、非平衡相からの微細結晶創製技術等を利用して新規な機能性材料を開発し、希少金属の代替化を進めるための技術基盤を構築する。今後のグリーンイノベーションに不可欠な高性能磁石に対しては、重希土類元素フリーとした新しい焼結磁石の開発を図る。鉛については環境規制を考慮しながら、鉛フリー化を進め、代替材料となるビスマスの使用量を低減する技術開発を行う。触媒に関しては、白金族の使用量を削減するため、分散技術や構造制御、担持用の多孔質セラミックスの特性向上等を行う。

平成25年度の進捗状況は下記の通りである。

耐摩耗材料の開発では、開発してきた WC-FeAl 超硬合金について、これまでのプロセスではドリルやエンドミルなどの工具の先端部分しか開発材料を提供することができなかったが、無垢の工具材料に対する産業界からの要求を受け、長尺化技術を開発した。従来の技術では通電加圧焼結により緻密な焼結体を作製していたが、粉

末原料を調整したのちに成形用のバインダーを添加して押出し成形することに成功した。成形条件を適正化することでこれまでにない長尺の成形体を作製することができた。また、得られた成形体は真空焼結によって緻密な焼結体とすることができた。本技術開発により、WC-FeAl 工具素材の量産性とうろく付け部の強度低下などの問題を解決することができるものと考えられる。さらに、硬質粒子として炭化チタンを主成分としたサーメットの機械的特性の改善を試みた。遷移金属の調整を行うことで機械的特性の改善が行えることを明らかにした。さらに、結合金属相を FeAl にした新たな硬質材料の設計、試作を行い、高温での耐酸化性に優れる材料を見出すことができた。これらの硬質材料は、高温用途の金型や加工工具としての応用が期待される。

白金族の使用量低減に向けた研究開発では、白金と酸化鉄との界面を効率的に形成する技術を利用して高温で白金のシンタリングを抑制する手法を検討した。この結果、800°C耐久後に炭化水素酸化活性の高い触媒を調製することができた。白金族代替触媒の研究では、新たに、複合酸化物の結晶性を制御する手法を開発し、この技術を基に担体の結晶性が異なる複合酸化物担持酸化銅触媒を調製することに成功した。白金回収技術については、開発した Li 添加焼による白金回収技術において、使用する Li 量の削減を目指して Na と Li の混合複合酸化物の利用を検討した。この結果、用いる Li 量を大幅に削減しても、Li 塩とほぼ同様のプロセスで白金回収が可能であることを明らかにした。

我が国で開発された Nd-Fe-B 系高性能磁石の高温特性を改善するために添加される重希土類元素 (ジスプロシウム) は安定確保が難しく、新たな高性能磁石の開発が求められている。これまでに難焼結性の Sm-Fe-N 磁石粉末を開発したプロセス技術で等方性バルク焼結体にするには成功しているが、さらに性能を高めるため、異方化焼結体の研究を進めている。異方化焼結を実現させるための課題が粉末表面の酸化層であることを明らかにした。

近年ますますエネルギーの有効利用が求められる中、廃棄されている熱エネルギーを電気として再利用するため、レアメタルの使用量を低減した低温域での熱電変換材料の開発ならびにモジュール化技術について検討した。これまでに開発してきた鉄をベースとした Fe₂VAl ホイスラー合金で構成された熱電モジュールの変換効率を評価するとともに、微小空間での熱電変換を可能とするモジュールを試作した。急冷凝固技術を応用して目的組成の金属粒子を作製することで熱電ボールを作製し、通電焼結技術を応用した接合技術で積層構造にして微小モジュールを作製する技術を確立した。粒子の積層構造にすることで熱だまりが作られ、微小部においても温度差を得ることに成功した。

青銅合金鋳物における鉛代替材料として消費量が増加

しているビスマスの使用量低減技術について、凍結鋳型を用いた鋳造プロセスの基盤技術を確立し、鋳物の薄肉化、高強度化等を実現することでビスマス使用量の低減につながった。開発した技術は、民間企業と連携しながら改良され、凍結鋳型を用いた青銅合金鋳物の製造技術として事業化につながった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 タングステン、耐摩耗材料、工具、超硬合金、重希土類、高性能磁石、低温焼結、高圧焼結、青銅合金、凍結鋳造、鉛代替材料、熱電材料、モジュール、白金触媒、排ガス浄化、白金回収

【テーマ題目2】 軽量合金による輸送機器の軽量化材料技術の開発

【研究代表者】 中村 守 (研究部門長)

【研究担当者】 中村 守、小林 慶三、多田 周二、田村 卓也、(尾村 直紀)、李 明軍、村上 雄一朗、千野 靖正、斎藤 尚文、鈴木 一孝、(渡津 章)、黄 新シヨウ、湯浅 元仁、穂積 篤、園田 勉、宮島 達也、浦田 千尋 (常勤職員17名)

【研究内容】

自動車が消費する全エネルギー（生産、使用、廃棄に要するエネルギー）の90%が走行時に消費されるガソリン等の石油燃料に由来することから輸送機器の軽量化に着目し、マグネシウム等の軽量金属を輸送機器の構造部材等へ応用するために必要な要素技術の開発を行う。

平成25年度までの進捗状況は以下の通りである。

アルミニウム合金やマグネシウム合金における鋳造組織の微細化技術として開発を進めてきた電磁振動プロセスは、組織の微細化に極めて有効である一方、強力な磁場を必要とするため設備コストや大型化に問題がある。そこで、磁場を必要としない振動鋳造プロセスについて検討した。溶解するつぼの外周部に配置したコイルに電流を反転させながら印加することで、溶湯を振動・攪拌できることを確認した。市販のアルミニウム合金を用いて振動を与えながら凝固させた鋳物の組織と電流の反転周期との関係を調べた結果、実験条件範囲では反転周期が長くなるに従って組織の微細化が進むことを確認した。本技術は連続鋳造に应用することが可能であると考えられる。良好な連鋳ビレットを鋳造するために、温度および鋳造速度の制御条件についてさらなる検討を進めている。

マグネシウム合金鍛造技術開発では、汎用マグネシウム合金 (Mg-3mass%Al-1mass%Zn 合金:AZ31合金) の連続鋳造ビレットから複雑形状部材 (ヒートシンク) を鍛造成形するためのプロセス技術の開発を検討した。その結果、鍛造前の素材の組織を予め10 μ m 以下に微細化

(結晶粒微細化処理) することで、200 $^{\circ}$ C以下の低温でも複雑構造部材を鍛造成形できることを見出した。

マグネシウム合金圧延技術開発では、AZ31合金の室温成形性を改善するために開発した手法を、高強度 Mg 合金 (AZ61合金) に適応することを検討し、優れた強度 (291MPa) と室温成形性 (エリクセン値8.0) が発現するプロセス条件を導出した。また、優れた冷間圧延性を示す希薄合金 (Mg-0.2wt%Ce 合金) を対象として室温成形性を改善することを検討し、エリクセン値8.0の成形性が発現するプロセス条件を見出した。

さらに、マグネシウムに耐食性を付与するための表面処理技術について、高温・高圧水蒸気を利用した蒸気養生法による耐食性皮膜の形成を検討した。温度や蒸気圧および保持時間等の処理条件を調整することにより、AZ31合金基材に膜厚80 μ m 程度の耐食性皮膜を密着性良好にて形成できることを見出した。また、180時間の複合サイクル試験後も皮膜表面に腐食が発生しないことを確認した。300時間以上耐久可能な高性能耐食性皮膜の形成技術確立に向け、処理条件の最適化等さらなる検討を行っているところである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 軽量合金、マグネシウム、アルミニウム、組織微細化、晶出物微細化、加工性、塑性加工、表面処理、耐食性

【テーマ題目3】 省資源型環境改善建築部材の開発

【研究代表者】 中村 守 (研究部門長)

【研究担当者】 中村 守、田澤 真人、吉村 和記、田嶋 一樹、岡田 昌久、山田 保誠、垣内田 洋、金山 公三、重松 一典、三木 恒久、関 雅子、田尻 耕治、前田 雅喜、堀内 達郎、犬飼 恵一、渡辺 栄次、西澤 かおり、杉山 豊彦、大橋 優喜、長江 肇、楠本 慶二、川上 省二、佐野 三郎、高尾 泰正、穂積 篤、浦田 千尋 (常勤職員26名)

【研究内容】

民生部門におけるエネルギー消費や二酸化炭素排出量は依然として増大しており対策が求められている。このうち室温制御に必要な冷暖房負荷を低減するため、住環境の快適性を維持しつつ、窓、壁等、建物外皮を通過する熱流を制御する機能や室内環境を調整する機能等によって省エネルギー化を可能とする建築部材の開発を目的とした材料研究を行う。

具体的には、①省エネルギー型窓ガラスの研究、②木質サッシの研究、③調湿材料の研究、④保水セラミックス部材の研究、⑤省エネルギー効果の評価を行う。

平成25年度の進捗状況は下記の通りである。

①省エネルギー型窓ガラスの研究においては、調光ミラーシートの実用化に向けた開発を進展させた。また、

サーモクロミック材料の性能を向上させると共に、液晶を用いた新規な熱応答型光制御素子の作製に成功した。②木質サッシの研究においては、形状付与及び形状安定性の向上を目指した研究を進めた。③調湿材料の研究においては、ハスクレイをベースとした塗り壁材を施工した部屋内の環境測定を継続した。④保水セラミックス部材の研究においては、開発した保水性材料の耐凍害性などの実証試験を継続し、実用に近い性能を得た。⑤省エネルギー効果の評価については、環境調和型建材実験棟において、開発中の上記各種建築部材の実使用環境での省エネルギー効果の実証試験を継続した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 調光窓材料、木質窓サッシ、調湿材料、保水性材料

⑥【ナノシステム研究部門】

(Nanosystem Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究ユニット長：山口 智彦

副研究部門長：浅井 美博、池上 敬一

首席研究員：片浦 弘道

総括研究主幹：川西 祐二、水谷 亘、長嶋 雲兵、古屋 武

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、
つくば中央第5、つくば東

人員：94名 (94名)

経費：1,267,267千円 (670,607千円)

概要：

1. ユニットのミッション

ナノメートルサイズの新物質創製からデバイス実現までの道筋は、階層的なシステムの形成過程として捉え直すことができる。当ユニットでは、原子・分子技術からナノ材料を複合・統合化した高度なシステム・デバイスの開発までを段階的に推進するとともに、多才な研究者群の協働のもとで国際規模の融合領域研究・開発を展開し、私たちの未来社会に貢献する。

また、2011年3月11日の東日本大震災および福島原子力発電所の事故とその後をふまえ、研究者として何ができるかを真摯に考え、日本産業の復興と安全・安心な社会の再興にむけて全面的に取り組む。

○産総研のミッションとの関係

アウトカムとしてのグリーン・イノベーションならびにライフ・イノベーションを目指し、部門内の垂直統合的な研究を推進する。また、その実現に不可欠な「テクノロジーブリッジ」の概念を確立して国内外に貢献する。すなわち、構造・機能・プロセス

等を予測し評価するための理論・計算科学的シミュレーション、高度なナノ計測技術、およびナノ安全・ナノリスク、等の研究を重視するとともに、分野や産総研内のみならず国内外との協働によって、基礎から応用、製品化までを視野に入れた研究開発を行う。これはまさしく産総研における本格研究としての「第2種基礎研究」に他ならない。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

① 中期目標・計画を達成するための方策

産総研第3期中期計画において、本ユニットが実施する研究開発は、以下の大分類、大項目、中項目に位置づけられている。

大分類：グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：I-4 グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

中項目：(1) レベルで機能発現する材料・多機能部材
(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用

大項目：I-5 産業の環境負荷低減技術の開発

中項目：(1) 製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷の推進

大項目：I-6 持続発展可能社会に向けたエネルギー・安全性・環境評価技術開発

中項目：(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

大分類：ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：II-1 先進的・総合的な創薬・医療技術の開発

中項目：(1) 細胞操作・生体材料技術の応用による医療支援技術

これらの課題を推進するにあたり、

(1) 「グリーンシステム」(環境・エネルギー)、
(2) 「ITシステム」(情報通信・エレクトロニクス)、
(3) 「ソフトシステム」(ライフ・バイオ、ソフトマテリアル)

(4) 「テクノロジーブリッジ」(理論・シミュレーション、ナノ計測、ナノ安全・リスクなど)

の4つを主要研究項目とする。「テクノロジーブリッジ」は出口に向けた(1)～(3)の研究開発を前線に近いところで橋渡しする役割を担う。

具体的には、以下の5つの課題をユニットの重点課題と位置付け、中期目標の達成に向けて研究開発を推進する。

(1) 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

(2) ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

(3) 高付加価値ナノ粒子の合成と製造プロセスへの応用に関する研究

(4) 炭素系ナノエレクトロニクス材料の開発と革新的デバイス構築に関する研究

(5) ナノバイオ材料評価・操作技術とナノ材料リスク評価・管理技術の開発

一方、これらの研究開発成果を産総研内や外部の企業や研究組織と結び付ける仕組みとしてユニット独自の3つの組織（後述）を設け、オープンイノベーションを推進する。

② 平成25年度の重点化方針

産総研の第3期開始と同時に発足した研究ユニットとして、上記の5つのユニット重点課題の着実な進展を目指す。一昨年度から開始している福島県における放射性セシウム（Cs）の除染に関しては、引き続きユニットをあげて全面的に取り組む。安全・安心な社会構築に向けた超高感度カメラ（ハイビジョン暗視カラーカメラやガンマ線カメラ：Invisible Vision）の開発、および環境中に広くかつ薄く存在するエネルギーや稀少金属を効率的に回収する未利用熱エネルギー／マテリアル・ハーベスティングに関する研究を推進する。また、機能創発に至る自己組織化技術（プロセス技術の一つ）に積極的に取り組むとともに、未来技術としての「やわらかいロボット」の実現に向けた要素材料・技術の研究開発にもチャレンジする。さらに、技術研究組合や個別の企業連携の活動を継続するとともに、産学連携のイノベーションハブとしての活動にも注力する。

必要に応じ、ナノテクノロジー・材料・製造分野のナノ材料、先進プロセスでの連携、環境・エネルギー分野との触媒、太陽電池、燃料電池や環境センサーなどの共同研究、情報通信・エレクトロニクス分野との光電子機能デバイス応用技術における連携、ライフサイエンス分野および計測・計量標準分野とのセンサー技術の連携などを積極的に行う。

さらに、今まで培ってきた国際連携、特に、MOU等の国際協定を締結している韓国電子通信研究所（ETRI：韓国）、国立ナノテクノロジー研究所（NINT：カナダ）、Indian Institute of Technology (IIT) Bombay、NANOTEC（タイ）や華東理工大学（中国）との国際連携に努めるとともに、IMEC（ベルギー）、ドレスデン工科大学やマックスプランク研究所（独）、CNRS（仏）、NIST（米）、ブルックヘブン国立研究所（米）などとの国際共同研究を進める。

一方、研究員にはエフォート率の20%以上を以下のユニット重要業務に充てることを義務付ける。その際、当ユニットの優位性が発揮できる「理論・計算シミュレーション／計測／実験」の協働となるチーム構成とそのチームへの参画は個人評価においても高く評価される。

(1) 福島原発の放射能汚染に伴うセシウム（Cs）の

回収

(2) Invisible Vision

(3) エネルギー／マテリアル・ハーベスティング（未利用熱等）

(4) 自己組織化技術の深化とやわらかいロボットにつながる部材等の開発

(5) 技術研究組合への協力

(6) 未来技術の探索と検証：次世代スーパーコンピュータの検討と設計において、産学官の中核的活動を目指す。また、ナノ材料・プロセスおよび計測技術の高度化に向け、積極的な情報収集と産学連携による素子の試作（見える化）を行う。

外部資金：

経済産業省

「日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 水素化増感触媒の耐久性に関する研究」

「日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究」

「日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究」

「工業標準化推進事業委託費 戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：「樹脂—金属 異種材料複合体の特性評価試験方法」の国際標準化）」

「ニプロ社製自動培養装置及び平面自動培養装置によるiPS細胞の培養評価」

文部科学省

「電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム」

独立行政法人科学技術振興機構

「グラファイト複合構造体の基礎物性解明」

「スライド型ナノアクチュエータの開発に向けた基盤技術の確立」

「特異的溶解性・電荷輸送を示すリチウムイオン液体の計算化学的解析（旧：イオン液体電解質の特異性を実証する計算化学的研究）」

「太陽電池用有機半導体の一気通貫合成を目指した高温高圧マイクロリアクターの開発」

「光応答型 CNT 分散液を用いた塗布型透明導電膜作製及び微細加工技術の開発」

「ホウ素中性子捕捉療法におけるサブミクロンホウ素薬剤粒子の中性子照射による細胞殺傷効果の検証」

「高密度着性エッチングレス無電解めっきプロセスの高度化に関する研究」

「高機能神経内視鏡用リトラクターの開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）

「化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲ

ルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発」

独立行政法人物質・材料研究機構

「平面波基底法 (QMAS) などを基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発」

公益財団法人ふくい産業支援センター

「CNT 複合めっきによる次世代ソーワイヤの実用化」

公益財団法人群馬県産業支援機構

「超高速・低温フレームを特徴とする衝撃焼結被覆技術を用いた、熔融相を持たない昇華性材料、窒化アルミニウム (AlN) 溶射皮膜形成技術の開発」

国立大学法人東京大学

「計算科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進 (高性能汎用計算機高度利用事業「HPCI 戦略プログラム」分野2 新物質・エネルギー創成 (平成24年度))」

財団法人木原記念横浜生命科学振興財団

「3次元細胞培養システムによる再生医療等に用いるヒト軟骨デバイスの開発」

公益財団法人東電記念財団

「導電性高分子をフレキシブル電極とする電場駆動型・超薄膜ペーパーアクチュエータの創製」

文部科学省 (科学研究費補助金)

「液中レーザー溶融法における間接発生プラズマのゆらぎ変調の試み」

「低環境負荷化学プロセスのための金属 - 有機ナノチューブハイブリッド触媒の創製と応用」

「有機ナノチューブの基礎特性評価と高機能化」

「空間的拘束下でフラストレートした液晶の秩序形成とダイナミクス」

「潰瘍性大腸炎治療を指向したカーボンナノチューブによる経口投与薬物送達」

「色素分子組織化ナノチューブの光捕集アンテナ機能を利用した光触媒システムの構築」

「社会的インプリケーションによる生物規範工学体系化」

「キラルプレストレス酸触媒による制御システムの理論的検討」

「高移動度を示す有機トランジスタ中のキャリアの電子状態とダイナミクス」

「構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発」

「コロイド結晶の応力変形」

「生体膜における不均一構造のダイナミクス」

「生物多様性を規範とする革新的材料技術」

「生物毒素に対する分子認識素子の創製と効果的な除染法の開発」

「第一原理分子動力学法による構造サンプリングと非平衡ダイナミクス」

「第一原理有効模型と関連科学のフロンティア」

「単分子素子の機構解明を先導する機能性 π 電子系の創製」

「知能分子ロボット実現に向けた化学反応回路の設計と構築」

「ナノ構造形成・新機能発現における電子論ダイナミクス」

「量子多成分系分子理論システムの構築およびプロトニクス・ボジトロニクスへの展開」

「水素結合型有機誘電物質における強誘電性光制御の理論」

「分子アーキテクニクス：単一分子の組織化と新機能創成」

「乱流摩擦抵抗低減のためのポリマー溶出界面の研究開発」

「生物規範界面デザイン」

「高分子粗視化シミュレーションによるソフトアクチュエータ材料の物性とダイナミクス」

「ナノ接合での熱電変換と局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション」

「高度歯科医療のための液相レーザープラズマ技術の開発」

「微小錐台におけるエバネッセント光の結合効果による自然放射光の指向性制御」

「蛍光体ナノ結晶の合成と EL デバイスへの応用」

「気-液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜」

「錯体分子超構造膜の構築と量子効果発現」

「新規炭化ホウ素ナノワイヤの熱電物性計測及び伝導機構解明による廃熱発電素子の開発」

「タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤」

「in situ 非線形分光による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究」

「光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究」

「in situ XAFS と XRD 同時測定による無機発光材料の活性点構造の解明」

「グラフェン・ナノ構造の電気伝導」

「第一原理計算によるスピン軌道相互作用系の電界効果の研究」

「高強度・高じん性を有する微粒子/液晶複合ゲルの創製」

「自励駆動する筋繊維を模倣したナノファイバーゲルアクチュエータの創製」

「高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程

の厳密評価用マイクロデバイス開発」

「第一原理計算に基づくシリコンナノシートの有機分子修飾による機能化」

「タンパク質コロナと生体分子の相互作用の解明」

「有機材料とナノ構造体材料における熱電効果の理論研究」

「時間に依存する電圧下での第一原理伝導計算」

「Studies on the thermoelectric properties on PEDOT : PSS」

「完全制御カーボンナノチューブの物性と応用」

「単一分子と組織化分子ネットワークの非線型伝導理論」

発表：誌上発表262件、口頭発表632件、その他71件

非平衡材料シミュレーショングループ

(Nonequilibrium Materials Simulation Group)

研究グループ長：宮崎 剛英

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、産業上重要な材料の非平衡状態に関係するシミュレーション技術の開発と適用を行っている。(1) 第一原理量子伝導理論による、材料の熱電物性の計算方法を開発し、有機金属錯体分子材料の新規な熱物性を予測した。酸化還元抵抗変化型メモリ材料について第一原理伝導計算により、メモリセル材料探索をおこなった。(2) 量子計算と古典分子力場を組み合わせた複合シミュレーション手法を基礎に、ウィルスキャプシドタンパク質の糖鎖抗原認識機構を調べた。今年度は特に、アミノ酸変異がルイス b 糖鎖の分子認識に与える影響を詳細に解析した。(3) 第一原理分子動力学計算コード FEMTECK を用いた高効率超並列計算を京コンピュータ上で実行し、リチウム電池や燃料電池の電解質中における高速イオン拡散機構の解明を進めた。また、ベリー位相に基づいて有効電荷や電気伝導率を計算するアルゴリズムを実装した。(4) 電子デバイスの絶縁膜や太陽電池の透明電極の材料として注目されているアモルファス金属酸化物の構造を第一原理計算によって解析し、金属の種類や、金属と酸素の比率によらない共通の原子配列があることを予測した。

研究テーマ：テーマ題目 6

相関材料シミュレーショングループ

(Correlated Materials Simulation Group)

研究グループ長：石橋 章司

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、しばしば電子相関がその特異物性発現の鍵を握っている磁性材料・超伝導材料・強誘電体/圧電材料などの構成物質を主たる対象として、第一

原理電子状態計算を軸に、必要な手法・プログラムの開発・整備を行いながら、研究を進めている。現在は、高性能永久磁石材料研究に、特に注力している。平成25年度の具体的な研究活動を以下に挙げる。第一原理計算により希土類磁石 $\text{NdFe}_{11}\text{TiN}$ の磁気物性値における窒化の影響を明らかにした他、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ において、スピン・軌道磁気モーメントの評価、粒界のモデリングなどに着手した。各種水素結合型強誘電体の自発分極を第一原理計算で予測し、実際に合成した物質の性能改善の指針とした。制限 RPA による第一原理有効モデルの導出法を改良し、自己エネルギーを差し引いたバンド構造を出発点とした自己無撞着な方法を開発した。これを鉄系超伝導体関連物質 FeSe および FeTe に適用して反強磁性の安定性を議論した。

研究テーマ：テーマ題目 6

電気化学界面シミュレーショングループ

(Electrochemical Interface Simulation Group)

研究グループ長：中西 毅

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、持続可能な社会の達成に不可欠な、スマートなエネルギー材料の研究開発を加速するために、シミュレーション技術の開発、シミュレーションによる高効率で高寿命なエネルギー材料の開発を目指している。そのために、分子動力学法による自由エネルギー計算の高効率化・高精度化、水素吸蔵機構の理論的解明とモデルの構築を行ってきた。本年度の成果として、白金-水界面、シリコン-有機溶媒界面および酸化リチウムイオン液体界面における水や溶媒の分解反応やリチウムイオンの脱溶媒和を伴うイオン伝導の解析を行い、実験から得ることが難しい微視的な電気化学反応機構を解明した。また、有効遮蔽媒質法において従来必要だった非物理的な真空領域の排除を可能とする方法 (smooth-ESM 法) を開発し、より実験環境に近い電気化学系のモデリングを可能にした。また、東京電力福島第一原子力発電所の事故以降、プリアンブルー・ナノ粒子を用いた除染技術開発に協力し、放射性セシウム除去率の時間変化を予測評価するプログラムを開発した。これにより除染技術が向上し、さらにはバイオマス除染のプラント設計への発展などが期待される。

研究テーマ：テーマ題目 6

ナノ炭素材料シミュレーショングループ

(Nanocarbon Materials Simulation Group)

研究グループ長：宮本 良之

(つくば中央第2)

概要：

当グループは、ナノ炭素材料の平衡・非平衡状態で

の挙動を知ることで、低エネルギー消費を特徴とするデバイス開発とそれにより情報・エレクトロニクス産業へ役立てることをミッションとしている。本年度は、FMO法による分子軌道計算コードで高効率な超並列計算を「京」コンピュータで達成した。このコードにて高分子の電子状態と、各原子への力場とその微分項を高精度・高速に計算することを可能にし、高分子の反応予測と設計を可能とした。また、時間依存密度汎関数理論を利用した数値計算で、ダイヤモンド表面からの電子放出効率が表面の化学修飾により左右される機構を明らかにした。更に、ナノ炭素材料デバイス応用に重要となる高誘電率材料の誘電率計算手法を開発し、実験値を精度よく予測できることを確認し材料設計の指針を得た。

研究テーマ：テーマ題目 6

ソフトマターモデリンググループ (Soft Matter Modeling Group)

研究グループ長：米谷 慎

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、理論・シミュレーションを先導的な手段として用いた新規ナノ材料・デバイス・プロセス創成研究を進めている。題目1「ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発」に関連し、ソフトマテリアルを用いた新規デバイスとして着目されているソフトアクチュエーターを目指した自励振動ゲル材料について、その構造変化としての膨潤・収縮過程のダイナミクスと、その過程における応力変化について散逸粒子動力学シミュレーションにより解析した。特に応力については、溶媒・高分子間の相互作用をゆっくり変化させることで、大きな応力が生み出されることが明らかとなり、膨潤・収縮過程ができる限り平衡な過程として進むような材料設計が重要であるとの提案を行った。

研究テーマ：テーマ題目 1

ナノ理論グループ (Nanoscale Theory Group)

研究グループ長：関 和彦

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスの実現を目指した研究を行った。有機薄膜太陽電池の光電変換効率は近年飛躍的に向上したが、どこまで向上できるのかという指針がなかった。当グループでは無機半導体に対する理論を拡張することにより、有機太陽電池について光電変換効率の理論的な限界を算出した。有機半導体の輸送特性は、分子の種

類、分子配置に大きく依存する。有機半導体輸送層に用いられる典型的な芳香族分子に対して、最近開発された結晶構造予想法を適用し、手法の有効性を検討した。有機自己組織化膜の形成は、分子の微視的な挙動に大きく影響される。粗視化分子動力学法により、界面上に自己組織化膜が形成されていく過程のダイナミクスを解析し、基板界面への表面吸着・表面拡散プロセスにおける分子の微視的な挙動を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 6

ソフトデバイスグループ (Soft Devices Group)

研究グループ長：井上 貴仁

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機分子や生体由来材料が持つやわらかな構造特性と自己組織化や省エネ型液体プロセスを活用した人や環境との親和性の良い「やわらかい」デバイスの開発に取り組んでいる。具体的には、液晶性有機半導体材料、省エネ型・高耐久性表示素子、高機能バイオメディカル素子、外部刺激に応答する構造制御高分子、マイクロ波加熱を利用する高効率・省エネプロセス等の研究・開発を進めている。本年度は、高い電荷移動度を示す液晶性有機半導体材料の開発、粒子配列及び配向制御を利用したコロイドデバイスの開発、レーザーを利用したリン酸カルシウム球状粒子合成技術の開発、ならびにリン酸カルシウム薄膜形成技術の高度化、刺激応答高分子における延伸履歴の可視化・クロミズム温度範囲の拡大、マイクロ波加熱を利用する高効率・省エネプロセス等の研究・開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 7

ソフトメカニクスグループ (Soft Mechanics Group)

研究グループ長：大園 拓哉

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高分子化合物や生体由来の材料が持つしなやかな構造特性や特異性、可塑性、興奮性および広義の自己組織化能を基盤とするソフトマテリアルの研究開発を行う。より具体的にはゲル、高分子、液晶、コロイド等のソフトマテリアルの微小空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えたソフトメカニクス材料を、バイオミメティクスと自己組織化を意識し統合的な開発を行う。その中でも、アクチュエーターなどの機能性ゲルの開発、ゲル内バイオミネラル化の解明とその応用、固/液界面における物理化学的現象の解明と化学センサー等のデバイスへの応用、金属ナノロッ

ドの作製と動的機能創出の研究・開発に対して、化合物の設計・選択から、基礎物性評価、階層組織体構成、機能発現までを、物理・化学の両視点から統合的に行うことで取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1

フィジカルナノプロセスグループ (Physical Nano-Process Group)

研究グループ長：川口 建二

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、新規な物理的プロセスを利用して従来法では得られない、ナノ粒子、球状微粒子、ハイブリッド微粒子などの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、大気圧マイクロプラズマ法、液中レーザー溶融法、気相中熱酸化法など、いずれも新規な物理的手法を用いて開発に取り組んでいる。このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体は、触媒特性や光学特性などの無機材料機能発現のみならず、中性子捕捉療法などの医療応用への展開も含めて実用特性を検討している。また、安全科学研究部門や外部研究組織と連携して、ナノ材料の安全評価技術の開発のための、試験用ナノ粒子安定分散液の調整技術の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目8

ナノ炭素材料研究グループ (Carbon Nanomaterials Research Group)

研究グループ長：田中 丈士

(つくば中央第4)

概要：

当グループでは、カーボンナノチューブ (CNT) を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、ゲルを用いた単層 CNT の分離の大型化や分離原理に関する知見を得るための研究を中心に行った。単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、分離時の pH や溶質濃度により分離 CNT の純度と収率の制御が可能となり、スループットを向上した。分離純度95%、収率80%の中期計画目標を達成した。その分離原理に関し、CNT 表面の界面活性剤の密度変化がゲルへの吸着力に影響する事を見出した。有機溶媒による効率的濃縮法を開発した。温度制御による高純度単一構造半導体型単層 CNT の分離法を確立した。ドーピングにより得た p 型・n 型薄膜単層 CNT トランジスタを組合せ、CMOS 型論理回路の動作を実証した。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目8

グリーンテクノロジー研究グループ (Green Technology Research Group)

研究グループ長：川本 徹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、(1)環境中における放射性セシウムに関する除染技術開発、(2)放射性廃液用再利用可能なセシウム吸着材の開発、(3)電気化学的に色制御可能なエレクトロクロミック材料を使用したディスプレイ開発、を行った。これらの研究で用いたプルシアンブルー型錯体は、その結晶中に内部空孔を持ち、そこに陽イオンを出入りさせることが可能である。セシウムをそこに吸着させる技術を用いたのが(1)であり、(2)、(3)については、電気化学的に吸着及び放出できる再利用可能な吸着材、繰り返し色変化が可能なディスプレイ等を開発している。昨年度に引き続き、特にプルシアンブルーを利用して環境中のセシウムの吸着技術の開発において顕著な結果が得られた。植物系放射性セシウム汚染物を焼却した後、その灰を除染する実証試験プラントを構築、福島県において実証試験を行った。結果として、適切に管理された条件下で焼却処理することにより、汚染物の重量を50分の1~100分の1に低減し、焼却灰に水を混ぜ、水に溶け出した放射性セシウムを独自開発の吸着剤でほぼ完全に回収できることがわかった。

研究テーマ：テーマ題目2

スマートマテリアルグループ (Smart Materials Group)

研究グループ長：木原 秀元

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、次世代材料として期待されている自己修復材料、光機能性材料、有機相変化材料等の実現を目指して、化学反応や分子間相互作用の利用による情報の感知、変換、保存、再生を行う新しい分子組織体の構築を目的として研究開発を行っている。併せて、そのために必要な新しい分子組織体の探索と分子組織体と光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っている。ナノテクノロジーの発展系としての次世代省エネ技術、環境分野、および情報技術分野においては、分子間相互作用を高度利用した機能性分子組織体に対する期待が大きい。すなわち、分子組織体の構造を精密に制御することで、新たな機能を発現することが可能と考えられる。また、分子組織体は自発的な構築が可能でエネルギー的に経済的であり、得られたものはしなやかで刺激に対して劇的に応答する特徴がある。さらに、刺激によって生じる組織構造が変化した複数の状態を速度論的に安定化できる可能性がある。グループの研究スタンスの特徴

は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目1

ナノシステム計測グループ

(Nanosystem Characterization Group)

研究グループ長：久保 利隆

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高度な計測技術を用いテクノロジーブリッジとして実用化研究推進に貢献している。産総研ミッションに対する対応、技術研究組合や先端機器共用化への協力、喫緊の解決課題に対して、原理解明や計測手法の高度化を通じて研究推進をサポートした。本年度の代表的な成果を以下に示す。SFG分光を用い、有機EL素子が劣化する時の状態変化の追跡や、撥水・撥油性表面における界面分子挙動に関する知見を得た。電子顕微鏡を用い、高分子接着界面解析や有機太陽電池の相分離構造や結晶構造の三次元情報を得た。吸引プラズマ加工装置の性能評価・信頼性向上に努め、同装置の国内外への普及展開の支援を行った。XAFSを用いた新規構造解析手法の開発や反応条件下での触媒構造変化に関する知見を得た。塗布可能な無機遮光・遮熱膜の創製実現に向け、膜作製の再現性や性能評価を重点的に行い、新しい膜調製技術法を導入した。マイクロ波に対する物質の評価技術向上に努め、産業に直結するマイクロ波技術の開発を行った。走査プローブ顕微鏡を用い低次元材料の生成機構に関する知見を得た。このように基礎研究から実用化開発まで、また分野融合的に活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

ナノ光電子応用研究グループ

(Nano Optoelectronics Research Group)

研究グループ長：時崎 高志

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、光や電子の閉じ込め構造の最適設計と精密作製技術を基に、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子(革新的光デバイス)と不可視光景の可視化技術(インビジブルビジョン)を中心として、新規ナノ量子構造とこれらに必要なナノ評価技術を開発している。成果を以下に挙げる。革新的光デバイスでは、リッジ構造AlGaInP赤色LEDの電流拡散層を厚くすることで、エバネッセント光の結合効果を高く維持したまま発光効率を上げることに成功した。インビジブルビジョンでは、赤外線カラー暗視カメラの高感度化と赤外線照射機の高性能化を進め、距離25~30m先の被写体のカラー暗視撮影に成功した。新規

ナノ量子構造では、窒化物半導体の超平坦ヘテロ界面形成に基づく高品質共鳴トンネル素子を作製し、サブバンド間遷移を用いた超高速双安定動作に成功した。ナノ評価技術では、走査型電子顕微鏡に新機能を持つ独自ナノマニピュレータを付加してナノ材料(層状半導体など)の物性計測を行い、その有効性を示した。一方、近接場光評価技術では、デュアルプローブ計測の結果と計算予想との一致を示すとともに、近接場透過スペクトル測定用白色光源を開発した。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノ構造アクティブデバイスグループ

(Nanostructured Active Devices Group)

研究グループ長：石田 敬雄

(つくば東)

概要：

当グループでは、ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を行う。具体的には錯体分子、導電性高分子、ナノワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、熱電素子などのデバイスの開発とデバイス評価技術の確立を目指している。本年度はまず導電性高分子を用いた熱電素子において0.3を超える熱電性能指数が水分の影響で達成されることを見出した。金属錯体分子膜に関しては錯形成法を変えることでルテニウム錯体分子膜の電子移動能向上に成功した。また、ナノギャップ電極に関しては、約1ナノメートルのギャップ幅を自己整合的に制御しながら数百マイクロメートル以上に亘って並列形成できる技術を確立した。

研究テーマ：テーマ題目4

ナノケミカルプロセスグループ

(Nano Chemical Process Group)

研究グループ長：依田 智

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機、無機、複合系など幅広いナノ粒子・ナノ材料を産業技術へ応用していくためのオンデマンド・連続製造プロセス、および関連する技術の研究開発を目的としている。ナノ粒子・ナノ構造を作り出し、それらを階層的に構築して、デバイス、材料、製品へと結びつけるプロセスの技術は、新機能、高機能の創出、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減などに寄与する。連続的な製造では、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路、マイクロミキサーなどのプロセス技術を組

み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応したプロセスを構築することが可能となる。当グループでは各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など必要な基盤技術の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

スマートセンシンググループ (Smart Sensing Group)

研究グループ長：横山 憲二

(つくば東)

概要：

当グループでは、ナノテクノロジーとバイオテクノロジーを融合させた革新的スマートセンシングに関する研究開発を行っている。ヘルスケア産業、安全安心な社会の実現に貢献するバイオセンサー、バイオチップ、生化学分析システムの実用化研究を重点的に行っているが、センシングに必要な高性能新規酵素、糖鎖などの生体関連材料に関する基礎研究も行っている。具体的には、①民間企業との共同研究としての血糖値センサー、乳酸センサーの製品化に関する研究を行っており、特に血糖値センサーで用いる酵素について、好熱性糸状菌からフラビン型グルコース脱水素酵素を発見した。②民間企業との共同研究として、健康マーカー測定法および食品・産業用バイオセンサーの開発を行った。③ナノバイオ技術に関する統合的研究の中で、細胞を分別する際のマーカーとなるタンパク質、代謝産物等をハイスループットで高感度に解析できる分離、検出法の開発を行った。④負電荷を有する5糖誘導体のチップ固定化時においてブロッキングを検討し、擬陽性を抑制する技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目7

形態機能ナノシステムグループ (Morphofunctional Nanosystem Group)

研究グループ長：増田 光俊

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、的確に設計された有機分子が自発的に集合し極微細構造を形成する現象（自己集合と呼ぶ）で生み出されるチューブ状ナノ構造材料（有機ナノチューブ）について、医療・ナノバイオ分野、食品・健康分野、環境・農業分野等での用途開発に取り組んでいる。有機ナノチューブは内部に均質な中空ナノ空間、両端に開口部を有するため、種々のゲスト化合物を包み込んで保護し、必要に応じてこれを放出するナノカプセルとしての利用が期待されている。そこでこれら材料開発の基盤となる形態・サイズ制御技術、内包するナノ空間の科学の確立、用途に応じた合目的な

表面修飾や複合化技術、ゲスト放出制御技術、大量製造技術等の開発を行っている。本年度は、ホウ酸基を有する芳香族化合物からなる新規有機ナノチューブを開発した。そして湿度に応答してチューブ形状をらせん形状やシート形状に変化させ、内包したゲストを放出する外部刺激への応答機能をもつナノカプセルの開発に成功した。本成果は、化粧品やトイレタリー分野、医療分野への応用に向けて有用なものである。

研究テーマ：テーマ題目1

[テーマ題目1] ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

[研究代表者] 山口 智彦 (研究部門長)

[研究担当者] 山口 智彦、池上 敬一、水谷 亘、大園 拓哉、吉田 勝、秋山 陽久、木原 秀元、長沢 順一、松澤 洋子、山本 貴広、谷田部 哲夫、土原 健治、杉山 順一、有村 隆志、岩坪 隆、岸 良一、川西 祐司、西村 聡、原 雄介、奥本 肇、宮前 孝行、下位 幸弘、米谷 慎、福田 順一、森田 裕史、武仲 能子、長畑 律子、増田 光俊、青柳 将、亀田 直弘、小木曾 真樹、丁 武孝、南川 博之、堀内 伸 (常勤職員34名 他)

[研究内容]

光に応答してバルクの相構造（固体と液体）を制御可能な新材料に関しては、化学構造を変化させることにより、従来ものとは比べ桁近く引張強度を向上させることができた。光応答性 CNT 分散剤に関しては、現像不要かつ水エッチングが可能な CNT のパターンニングに成功した。光応答性材料のアモルファス相発現メカニズムを解明するために計算シミュレーションを行ったところ、光二量体の拡散速度が深く関わっていることが示唆された。また、液晶基盤ゲルではシリカ微粒子を用いることにより、従来よりも約二桁大きい弾性率を達成した。

ソフトアクチュエータ部材として、温和な条件下での自励振動ゲルの駆動に成功し、また、高分子ゲル素材の高導電性化と物性・構造評価を行った。バイオミネラリゼーション法により、新たに炭カル型およびシリカ型の強度可調軟骨部材を得た。ソフト微細構造界面上の液晶を用いたキラルガス検出法を開発した。異方性媒体のコロイド・界面電気現象等の解明に基づき電気光学効果の発現を見出した。異方性ナノ粒子の長軸長決定機構を解明した。フルカラーデバイス化の検討に向け、青・赤色発光性の新たな重水素標識発光材料の合成に成功した。

新規導入した STEM-EDX による有機薄膜太陽電池の薄膜断面構造の解析、電子ナノプローブによる高速元素マッピングにより、従来困難であった有機層内部の相分離構造の可視化と組成分布定量化に成功した。また2色可

変 SFG を用い、有機薄膜太陽電池の加熱による膜構造の分子レベルの変化を明らかにした。薄膜内でドナー性導電性高分子とアクセプター性フラーレン誘導体がナノレベルで接合することにより高い変換効率が生み出されるが、本技術によりその構造評価や実用化デバイス開発の加速に繋がる成果が得られた。

ソフトアクチュエータ材料を目指した自励振動ゲルについて、その構造変化としての膨潤・収縮過程のダイナミクスと、その過程における応力変化について散逸粒子動力学シミュレーションにより解析した。特に応力については、溶媒・高分子間の相互作用をゆっくり変化させることで、大きな応力が生み出されることが明らかとなり、膨潤・収縮過程ができる限り平衡な過程として進むような材料設計が重要であるとの提案を行った。

有機ナノチューブを複合化したソフトマテリアルの開発に資する技術として、水および含水有機溶媒などの幅広い溶媒中で、同チューブが一次元に配向したネマティック液晶を形成出来ることを見いだした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光応答性材料、カーボンナノチューブ、液晶、ゲル、アクチュエータ、自励振動、導電ゲル、バイオミネラリゼーション、コロイド、電気光学効果、表示デバイス、重水素、有機電界発光、有機薄膜太陽電池、STEM-EDX、SFG、動力学シミュレーション、有機ナノチューブ

【テーマ題目2】 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【研究代表者】 川本 徹（グリーンテクノロジー研究グループ）

【研究担当者】 菅原 孝一、村上 純一、佐々木 毅、川本 徹、田中 寿、久保 利隆、小平 哲也、阪東 恭子、宮脇 淳、陶 究、伯田 幸也、依田 智、竹林 良浩、古屋 武、川口 建二、古賀 健司、清水 禎樹、Pyatenko Alexander、高橋 顕、石川 善恵、中村 真紀、南 公隆（常勤職員22名 他）

【研究内容】

プルシアンブルー型錯体ナノ粒子内FeをCuに置換し、Cs吸着容量を14倍向上させた。使用後の吸着剤管理法として、加熱酸化による発熱リスク低減を実現した。焼却灰除染は、ミゼットプラントレベルでの実証試験を実施し、実用化への道筋をつけた。また、環境水除染用途として、ため池からの放射性物質拡散防止の実証、及び浄水場での放射性セシウムの評価、除去技術も確立した。さらに同一材料を用い、1000回を越えるサイクル耐性を持つ茶/黄色変化素子も開発できた。

インク化したプルシアンブルー型錯体ナノ粒子を用いて、選択的Cs分離回収を電気的にかつ繰り返しておこなうことのできるシステムの構築を目指した。その特長は従来の電析による膜形成に比べて、容易に多孔質かつより厚膜を電極上に作ることができ、金属イオンの電氣的吸着/脱離をおこなう目的に適している点にある。我々はこの吸着電極を用いて、吸着液からセシウムを回収し、脱離液側にセシウムを移動させることに成功した。多くの共存イオンが存在する強酸性液からCsを選択的かつ繰り返して吸着脱離できることを示すことができた。また繰り返して耐久性についても基材の材料・構造を検討することで1000回以上の耐久性を確認することができた。

マイクロミキサーと高圧溶媒を用い、有機EL化合物の円板状ナノ粒子を連続的に合成する技術を開発し、デバイス化に必要な平滑な薄膜の作製に目途をつけた。また、難燃性と通常の発泡体よりも高い断熱性を持つ、複数の発泡ポリマーシリカナノコンポジットの作製に成功した。

粒径選択的な合成技術によって合成効率を向上し、複数の微粒子原料混合溶液から複合酸化物サブマイクロメートル粒子を合成する液中レーザー溶融法を開発した。また、気相中熱酸化法によって、可視光光触媒等の応用に重要なNiOナノ粒子の構造制御技術を開発した。このような技術的アプローチにより調製した新規ナノ構造体は、触媒特性や光学特性などの無機材料機能発現のみならず、中性子捕捉療法などの医療応用への展開も含めた実用化可能性を有している。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、プルシアンブルー、セシウム、吸着、除染、色変化素子、マイクロミキサー、有機EL、ナノコンポジット、レーザー溶融、光触媒、高温高圧水

【テーマ題目3】 ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【研究代表者】 池上 敬一（副研究部門長）

【研究担当者】 時崎 高志、石田 敬雄、重藤 知夫、永宗 靖、清水 哲夫、王 学論、内藤 泰久、向田 雅一、永瀬 成範、桐原 和夫、衛 慶碩、板谷 太郎（常勤職員12名 他）

【研究内容】

光や電子の閉じ込め構造の最適設計と精密作製技術を基に、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子（革新的光デバイス）と不可視光景の可視化技術（インビジブルビジョン）を中心として、新規ナノ量子構造とこれらに必要なナノ評価技術を開発している。AlGaInP系赤色LEDについて、ウェハー熱融着接合プロセスを確立し、数ミクロンと厚い電流拡散層を有する構造においても高いエバネッセント光結合効果を得た。これより通

常の平坦表面デバイスより3.8倍高い光取出し効率(絶対値で推定70%)を得た。また、GaN系LEDでもリッジ構造LEDを試作し、微小円錐台型LEDにおいて2.2倍高い光取出し効率を達成した。インビジブルビジョンでは、赤外線カラー暗視カメラの高感度化と赤外線照射機の高性能化を進め、距離25~30m先の被写体のカラー暗視撮影に成功した。新規ナノ量子構造では、窒化物半導体の超平坦ヘテロ界面形成に基づく高品質共鳴トンネル素子を作製し、サブバンド間遷移を用いた超高速双安定動作に成功した。ナノ評価技術では、走査型電子顕微鏡に新機能を持つ独自ナノマニピュレータを付加してナノ材料(層状半導体など)の物性計測を行い、その有効性を示した。一方、近接場光評価技術では、デュアルプローブ計測の結果と計算予想との一致を示すとともに、近接場透過スペクトル測定用白色光源を開発した。

ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を実施した。具体的には錯体分子、導電性高分子、ナノワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリ、熱電素子などのデバイスの開発とデバイス評価技術の確立を目指した。導電性高分子を用いた熱電素子において0.3を超える熱電性能指数が水分の影響で達成されることを見出した。金属錯体分子膜に関しては錯形成法を変えることでルテニウム錯体分子膜の電子移動能向上に成功した。ナノギャップ電極によるメモリ動作に関しては、高集積化に向けて原子層堆積装置による3nm間隔の縦型ギャップ構造作製法を確立(歩留まり95%以上)した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 LED、可視化、エバネッセント光、光取出し、インビジブルビジョン、暗視、共鳴トンネル素子、走査型電子顕微鏡、近接場光、メモリ、熱電素子、導電性高分子、ルテニウム錯体、ナノギャップ

【テーマ題目4】 ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【研究代表者】 片浦 弘道 (首席研究員)

【研究担当者】 片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤 (常勤職員4名 他)

【研究内容】

単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、ゲルを用いたSWCNTの分離の大型化や分離原理に関する知見を得るための研究を中心に行った。SWCNTの金属型と半導体型の大量分離技術開発において、分離時のpHや溶質濃度により分離CNTの純度と収率の制御が可能となり、スループットを向上した。分離純度95%、取

率80%の中期計画目標を達成した。その分離原理に関し、CNT表面の界面活性剤の密度変化がゲルへの吸着力に影響する事を見出した。分子内包ドープングにより得たp型・n型薄膜SWCNTトランジスタを組合せ、CMOS型論理回路の動作を実証した。

SWCNTは、単原子厚のグラフェンシートを丸めて筒状にした構造をとるが、巻き方に任意性があるため、実際の試料では様々な構造の混合物になっている。そこで、独自開発のゲルクロマトグラフィー法を用いて、SWCNTの大量構造分離装置を作製し、SWCNTの原子配列のわずかな違いも選り分ける、精密構造分離の大規模化を目指した。炭素原子の配列が同一のSWCNTを大量に分離精製することにより、これまで不可能だったSWCNT単結晶を作製し、未知であった3種のC-C結合長をはじめとする、SWCNTの精密構造パラメータおよび物性を明らかにする事を目的としている。本年度は、単一の構造を持ったSWCNTを大量に分離するための高速クロマトグラフィー装置の設計・導入を行った。本装置を用いて、新たな溶出法の検討を行ったところ、少量の試料から極めて効率良く、数種類の単一の構造に近いSWCNT分散液を得る事に成功した。一方、SWCNTの単結晶を作製するには、分離で用いた分散剤を除去する必要がある。これまで、分散剤の残留については定量的な計測が成されていなかったが、試料に含まれる有機物の分解を検出する事により定量的に計測することに成功した。この計測法を利用し、分散剤の残留を大幅に減らす手法の開発に成功した。また、高濃度でSWCNTを溶かす有機溶媒の検討を行い、有望な有機溶媒を見いだした。以上により、分離装置の整備と構造を分離精製されたSWCNTの単結晶育成に必要な基盤技術の整備がほぼ整った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、界面活性剤、ゲル、分離、薄膜トランジスタ、論理回路、構造分離、クロマトグラフィー

【テーマ題目5】 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【研究代表者】 浅井 美博 (副研究部門長)

【研究担当者】 浅井 美博、長嶋 雲兵、大谷 実、石橋 章司、宮本 良之、米谷 慎、西尾 憲吾、橋本 保、伏木 誠、宮崎 剛英、織田 望、三宅 隆、小川 浩、折田 秀夫、崔 隆基、手塚 明則、森下 徹也、石田 豊和、内丸 忠文、都築 誠二、三浦 俊明、土田 英二、Fedorov Dmitri、中村 恒夫、福田 順一、森田 裕史、下位 幸弘、関 和彦、針谷 喜久雄、中西 毅 (常勤職員30名 他)

【研究内容】

第一原理計算により希土類磁石 $\text{NdFe}_{11}\text{TiN}$ の磁気物性値における窒化の影響を明らかにした他、 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ において、スピン・軌道磁気モーメントの評価、粒界のモデリングなどに着手した。各種水素結合型強誘電体の自発分極を第一原理計算で予測し、実際に合成した物質の性能改善の指針とした。制限 RPA による第一原理有効モデルの導出において、自己エネルギーを差し引いたバンド構造から出発する改良法を開発し、鉄系超伝導体 FeSe における反強磁性の不安定性と関連物質 FeTe の反強磁性の安定性を説明した。

白金-水界面、シリコン-有機溶媒界面および酸化リチウム-イオン液体界面における水や溶媒の分解反応やリチウムイオンの脱溶媒和を伴うイオン伝導の解析を行い、実験から得ることが難しい微視的な電気化学反応機構を解明した。また、有効遮蔽媒質法において従来必要だった非物理的な真空領域の排除を可能とする方法 (smooth-ESM 法) を開発し、より実験環境に近い電気化学系のモデリングを可能にした。

中性分子間の弱いハロゲン結合と異なり、アニオンとのハロゲン結合では極めて強い引力の働くことを明らかにした。新たなプロリノール系有機分子触媒の設計指針確立に向け、触媒反応の不斉識別機構を解明した。抵抗変化型メモリ用材料のアモルファス金属酸化物には金属の種類や金属と酸素の比率によらず共通の原子配列があることを予測した。ナノ接合の熱電変換性能を予測する第一原理シミュレータを開発し有機金属錯体分子に適用した。酵素 ODCase の反応機構を詳細に解析し、基質歪みが酵素活性に与える影響を定量的に見積もった。

次世代スパコン向けに二段階超並列法 (GDDI) を QM/MM コードに実装し、高効率自由エネルギー平均力場計算による溶液中 H_2O_2 ダイナミクス計算の高精度化を実証した。また、東北大・NEC との共同研究による時間依存コード加速を達成し、分子の光化学反応メカニズムの検証に応用した。エネルギー技術研究部門と連携し、ダイヤモンド電界放出デバイスの性能を決める因子の一つが、ダイヤモンド表面への化学修飾によって引き起こされる電子のポテンシャル変調であることを見出し、ダイヤモンドデバイス向け材料設計指針を得た。

無機太陽電池に対する理論を拡張することにより、従来指針が無かった有機薄膜太陽電池の光電変換効率の理論的な限界を求めることに成功した。また、有機半導体分子の構造について理論計算予測の検討を行い、ルブレンの3つの結晶多形を再現した。周期的構造を持つ有限の厚さの誘電体の光学応答計算の定式化を行うことで、薄いブルー相液晶セルが示す秩序構造の光学的性質の解析を行い、秩序構造の対称性と透過/反射光のプロファイルとの関係等を明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、希土類磁石、強誘電体、

超伝導体、界面、リチウム、イオン伝導、電気化学反応、ハロゲン結合、有機分子触媒、抵抗変化型メモリ、熱電変換、酵素、二段階超並列法、時間依存コード加速、ダイヤモンド、電界放出、有機太陽電池、ルブレン、ブルー相液晶、

【テーマ題目6】 幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発

【研究代表者】 井上 貴仁 (ソフトデバイスグループ)

【研究担当者】 井上 貴仁、植村 壽公、大矢根 綾子、横山 憲二、平塚 淳典、鶴沢 浩隆、中村 真紀 (常勤職員7名 他1名)

【研究内容】

再生医療などをターゲットとし、オンチップ細胞操作・分離技術、幹細胞への量子ドットの高効率導入技術、リン酸カルシウムナノコンポジット層を利用した遺伝子やサイトカインの担持・徐放化技術など、幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発を目的としている。要素技術としては、マイクロ流路のチップ上で電場による細胞操作やチップ作製などの基本技術、リン酸カルシウム過飽和溶液場を利用したナノコンポジットの製造・精密構造制御技術、三次元細胞培養技術、バイオマーカー解析ツールの開発である。これら要素技術を基にした特許出願などを行っているが、実用化にいたるためには、安全性評価技術や臨床研究が必要であり、民間企業、大学医学部等と共同で研究を進めている。

チップスケールでの細胞の操作・選別に関しては、幹細胞や骨・軟骨細胞を対象として流路および電極の設計変更など操作・分離技術の改良とシリンジポンプによる回収方法を確立した。リン酸カルシウムナノコンポジット層に関しては、遺伝子導入用足場材としての応用を検討し、ナノコンポジット層を強固に基材上に固定するための条件を明らかにした。また、ヒト間葉系幹細胞とガン細胞の相互作用に関して基礎・臨床両面から最近関心が高まっているが、その研究を進めるため、ヒト間葉系幹細胞とヒト乳がん細胞 NDA-MB-231の共培養系、および生体内に近い3次元スフェロイド中でも観察できるように、量子ドットによるマルチカラーイメージングの改良と高度化を行った。さらに、細胞を分別する際のマーカーとなる細胞特異的なタンパク質を高感度に分離、検出する方法の開発を行った。また培地中グルコース濃度について、簡便迅速に測定できるバイオセンサーチップ開発を行った。

【分野名】 ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 再生医療、幹細胞、ナノコンポジット、マイクロ流路、量子ドット、界面動電現象、バイオセンシング、バイオマーカー、

遺伝子導入

〔テーマ題目7〕先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法の開発

〔研究代表者〕 佐々木 毅（ナノシステム研究部門付）

〔研究担当者〕 佐々木 毅、片浦 弘道、阿部 修治、藤田 克英、川口 建二、古賀 健司、清水 禎樹、長沢 順一、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤
（常勤職員11名、他2名）

〔研究内容〕

先端技術産業の基盤となるナノ材料の環境影響を早期に評価し管理指針を示すことで、ナノ材料の社会受容と安全な応用開発を促進することを目指し、ナノ材料リスク情報の収集と分析を行うとともに、予備的リスク評価に必要な試料調製、特性評価、有害性評価の手法を開拓することを目的としている。リスク管理の方法論の構築に向けた文献調査を継続して行い、特に今年度は、海外の最新レビューを中心に付加的な文献調査を行い、リスク管理のためのカテゴリー分けの指針を得た。

単層カーボンナノチューブ（SWCNT）の実用化を目前に控え、その毒性について正確な情報を得ることが急務となっている。特に、長さが10ミクロンを越えるような長尺のSWCNTは、形状がアスベストと類似していることから、その形状由来の毒性が懸念されている。本年度は、これまでに動物実験に提供した長尺および短尺のカーボンナノチューブ試料について直径分布、長さ分布、濃度等について詳細なキャラクタリゼーションを進めた。今後、長期の動物試験によりSWCNTの毒性と長さの関係が明確化される事が期待されている。

工業用ナノ材料の有害性を調べる気管内注入試験に使用する分散液の調製法に関する研究を推進しており、今年度については、これまでに動物実験に提供した二酸化チタン粒子分散液中のナノ粒子について、その比表面積の測定や電子顕微鏡による1次粒子のサイズ分布計測など、カテゴリー分けに必要な物理化学特性の評価を行った。酸化ニッケル、シリカ粒子についても、これまで二酸化チタンナノ粒子で用いた分散手法をもとに、それぞれのナノ粒子に応じた分散手順の最適化を進めて安定な分散溶液を作製するとともに、分散液およびその中に含まれているナノ粒子のキャラクタリゼーションを進めた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リスク評価、アスベスト、カーボンナノチューブ、分散、ナノ粒子

5) 計測・計量標準分野

(Metrology and Measurement Science)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General
Research Planning Office)

研究統括：三木 幸信

副研究統括：八瀬 清志

概要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

計測・計量標準分野研究企画室

(Research Planning Office of Metrology and
Measurement Science)

所在地：つくば中央第2

人員：5名（4名）

概要：

当室は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、計測・計量標準分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第3期中期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに分野内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成25年度は主に下記6つの計画の下、業務を行った。

- 1) 研究戦略、予算編成等に係る方針の企画及び立案並びに総合調整
- 2) 分野プロジェクトの企画、立案及び総合調整
- 3) 分野間連携推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整
- 4) 関係団体等との調整
- 5) 研究統括及び副研究統括が行う業務の支援
- 6) 研究分野における研究の推進に関する諸業務の遂行

1)については、研究分野における研究の推進に係る研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。

2)については、研究分野におけるプロジェクトの企

画、立案及び総合調整に関する業務を行った。さらに、シーズ発掘、各種連携や融合などへの発展を促進した。また、分野の成果の発信の支援として、重点課題報告会や各種講演会及び展示会などの企画と運営を行った。

3)については、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行った。

4)については、研究分野における経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務を行った。他独法、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。また、「計量・計測システム分野技術戦略マップ2013」の作成のため、関係する工業会等との意見交換を多数行った。

5)については、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援に関する業務を行った。

6)については、研究分野における研究の推進に関する諸業務を行った。委員会等の事務局、各種発注等の取りまとめなど、分野運営・研究推進に係る諸業務を遂行した。研究ユニットと情報交換を行い、研究ユニットの円滑な運営を支援した。また、ユニット幹部とともに、企業幹部を訪問し、共同研究の推進に努めた。

機構図（2014/3/31現在）

[計測・計量標準分野研究企画室]

研究企画室長 小島 時彦 他

②【生産計測技術研究センター】

(Measurement Solution Research Center)

(存続期間：2007. 8. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：坂本 満

副研究センター長：野中 秀彦

所在地：九州センター

人員：27名（27名）

経費：375,527千円(298,534千円)

概要：

計測技術は、製品開発、生産、市場化、使用、リユース/リサイクル及び廃棄の各局面で利用され、それぞれの評価の基盤となっている。中でも生産局面における計測は、わが国ものづくり産業の競争力の維持・強化に重要な役割を果たしており、その高機能化・高効率化・迅速化などが常に求められている。当研究センターは、産業や社会の広い意味での「生産現場」で発生する多様な計測課題に対して、産総研内外の様々な技術を高度化・統合し、その成果を計測ソリューションとしてオンタイムで提供することにより、我が国

の基幹産業を支える高度な製造産業の競争力の維持・強化と、産業や社会の安全・安心の実現に貢献することを目指している。

これを実現するために、当研究センターでは、生産現場の計測課題を熟知した企業の専門家（マイスターと呼び、マイスターを活用するシステムをマイスター制度と呼ぶ）と連携した課題解決の取り組み（タスクフォース）を推進するとともに、業界や社会に共通的な課題に対してはコンソーシアム型の取り組みを行う。また、これらの課題解決事例を蓄積し、適時情報発信していく。

本研究センターで実施する研究開発は、第2種の基礎研究を中核として第1種の基礎研究を含みつつ製品化研究へ展開される本格研究であり、具体的な課題解決に向けて以下の3項目を主題として取り組む。

① 生産現場計測技術の開発

高品質のものづくりと生産の高効率化に直結する製品検査技術およびプロセス管理技術では、非接触、非破壊、高スループット、可視化などの共通的な諸要件に加え、各製造現場に対応した計測技術の開発が求められている。そこで、これらの現場ニーズに柔軟に対応できる光学的手法を主体に用いて、半導体微小欠陥検査技術など、新規なインライン計測技術の開発に取り組み、検査装置化を進める。

また、とくに半導体デバイスメーカーの生産ラインでは生産効率や品質を低下させる共通課題として、プラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電の発生がある。これらを解決するために、生産ラインの課題を再現できるプラズマエッチング装置をオープンインベーションスペースに設置し、実環境下での計測技術の開発と同時にデバイスメーカー、装置メーカー、素材・周辺機器メーカー等と共同でプラズマ耐性材料や電源技術等の開発に取り組む。このような活動を通して生産ラインの課題を解決する有効なソリューションの実用化研究を進める。

② 測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

内燃機関等の燃焼圧計測や上述のプラズマ異常放電の検知など、過酷環境下での圧力振動計測技術を開発するために、耐熱性圧電体薄膜を用いた新しい広帯域圧力・振動センサに関する研究を行う。このために、実際にセンサを試作し、実証（模擬）試験等により問題を明らかにし、その解決に取り組む。さらに、センサの性能を向上させるために、高性能な圧電特性を示す複合窒化物・酸化物の材料探索や、薄膜のナノレベルでの構造制御技術などにも取り組む。

また、応力発光技術を基盤とした先進計測システムを開発するため、アドバンスト・センシングを中心に、現象の基礎研究からその応用のまで一連の研

究を行う。「応力発光技術」とは、圧縮、引張り等の機械的外力により発光する応力発光体を中心とする一連の技術であり、現象の機構解明、材料開発から製造技術、デバイス化技術、システム化技術、そして各種現場計測を始め、環境・エネルギーなどへの利用技術へと大きな広がりを有している。応力発光体の大きな特長は、微粒子一つ一つがセンサとして機能することにより、マイクロからマクロまで、空間的なダイナミックレンジにほぼ制約を受けない点にあり、この特性を活かした各種応力計測システムや異常検出システムの研究開発に力を入れる。

③ 微量・迅速・精密化学計測技術の開発

マイクロ空間化学技術等を用いた微量・迅速・精密化学計測技術を開発し、バイオ・化学・素材関連産業分野におけるソリューションの提供を目指す。具体的には、以下の研究を実施する。

- 1) ナノ粒子高速開発システムの構築：ソリューション提供のためのナノ粒子高速開発システムの構築を目的とし、用途に応じた分析・計測・解析技術等の検討・開発を行う。
 - 2) 食品加工業の生産現場でのオンサイト計測技術開発：マイクロ流体チップなどを用いて食品成分・遺伝子・各種薬品、あるいは細胞診断を行うデバイスの開発を行う。また、計測に加え、被測定物を測定可能な状態にするための前処理デバイス、ならびに両者を組み合わせたオンサイト計測デバイスを開発し、プロセス制御への応用を図る。
- 当センターの平成25年度の研究開発計画は、以下の通りである。

①-1) シリコンウエハ検査装置については、企業と共同でクリーンルーム等の生産現場で実用機としての最終調整をおこない、量産化ラインへの組み込みを達成する。さらに、検査装置の製品化や関連分野への技術普及に着手する。また、外観検査技術については、新たな展開として自動車エンジン部材の欠陥検査等、関連の外観検査技術の開発に着手する。

①-2) 装置部品メーカーとの共同研究により、量産用エッチング装置のウエハ静電吸着ステージに内蔵した複数の音響センサの感度を補正する実装技術、音響センサからの信号を大気側に引き出す光ファイバーを使用する光給電方式による配線技術の研究開発を行い、試作品を作成する。また、材料メーカーとの共同研究により、高いプラズマ耐性と導電性を有するセラミックスやコーティング材の耐性評価を行い、最適化と実用化試験を行う。

②-1) 半導体デバイスの製造現場で実際に使用されているボンディング装置にセンサを設置し、ボンディング不良品発生の検知可能性を調べる。また、鋼板製造工程などの製造現場の直近で、設備の可動部の摩擦摩耗状態を振動センサによりモニタリング可能

か検証する。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法、第一原理計算などを用いて、高い耐環境性を示す、新しい複合化合物圧電体薄膜の探索を行う。

②-2) 赤外イメージング可能な近赤外応力発光センサの開発と高効率化を試み、オンサイト生体計測の可能性を検討する。さらに可視応力発光体の用途の拡大を目指した、レアアースフリーの応力発光体の探索と発光機構解明に着手する。異常検出システムと応力記録システムの高度化をさらに進め、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行い、微小ひずみの検出感度向上、高圧容器の健全性診断への展開を図る。

③ ナノ材料に関してはベンチャーを介し複数のソリューション提供を試み、一件以上を完結させる。卵細胞分別チップならびにマイクロ流路を用いた精子のオンサイト分離技術に関しては、設計した流路構造を持つデバイスによる分別技術の最適化を進めると共に、各々県畜産試験場と連携して現場へのソリューション提供を進める。食品加工業のオンサイト計測技術開発に関しては、CdSe/ZnS/TiO₂/PEG に食中毒要因菌が産生する毒素蛋白質に対する抗体が結合可能かどうかを検討する。さらに蛍光性ナノ粒子用の免疫クロマトグラフィーの最適化用部材の選定を行う。

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構

復興促進プログラム 「石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用」

研究成果展開事業 「解凍精液から元気な精子だけをオンサイトで簡便に得るための技術開発」

研究成果展開事業 「ソリューションプラズマ法の低電力化と直接燃料型燃料電池用合金ナノ粒子触媒の調製」

研究成果展開事業 「光電界センサを用いた静電気計測技術の開発」

研究成果展開事業 「強磁性体ステージを有する超高密度ヘリコンプラズマエッチング源の開発」

研究成果展開事業 「安全・安心な社会構築のための微小エネルギー応答型応力発光体の開発」

研究成果展開事業 「安全管理を目指した高圧環境下における応力分布測定法の実現」

「ソリューションプラズマ法で合成した金ナノ粒子を用いる金ナノ薄膜形成技術の開発とその応用」

「石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

「電子回路基板の多品種変量生産を実現する常圧過熱水蒸気を用いた高熱効率・均一リフロー装置の開発」

平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業「同時複数組成蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (助成金)

「製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型 静電気計測技術の開発」

文部科学省 (科学研究費補助金)

「高圧環境下における応力分布測定センサの開発」

「格子・電荷・光結合系の設計と制御によるフォトニクス機能の進化」

「マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術」

「独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定」

「コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製」

「高空間分解能静電気分布モニタリング計測システムの開発」

「有機応力発光センサの創出」

「超音波画像テクスチャを用いた筋疲労の評価」

環境省 (環境総合総合推進費補助金)

「ホスト分子による希少金属オンサイト分離のためのマイクロリアクターシステムの構築」

発表：誌上発表68件、口頭発表132件、その他38件

光計測ソリューションチーム

(Optical Measurement Solution Team)

研究チーム長：野中 一洋

(九州センター)

概要：

本研究チームでは、マイスター型連携研究を中心に、半導体・エレクトロニクスをはじめ、自動車、太陽電池、化学・素材等の様々な生産現場から抽出した製品検査、プロセス管理に関わる計測課題に取り組んでいる。光学的・電磁気的手法を用いて、非破壊・高スループット・可視化など、インライン化の共通要件に柔軟に対応できる新規計測技術を開発し、検査装置化を進める。さらに、開発装置や評価方法は標準化していき、産業界へ普及させる。

地域連携活動として、産総研各地域センターや大学、公設研等と連携して、生産計測技術に関する情報発信と企業ニーズの収集・分析、具体的な共同開発 PJ 化などに取り組み、全国的なネットワーク形成を進める。この内、九州地域によりフォーカスした取り組みとして、計測・診断システム研究協議会および地域産技連での各種研究会活動などを推進する。

研究テーマ：テーマ題目 1

プラズマ計測チーム

(Plasma Diagnostics Team)

研究チーム長：上杉 文彦

(九州センター)

概要：

LSI、FPDなどの生産ラインではプラズマプロセスが多用されている。しかしながら、特にプラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電が量産安定性を阻害し、製造品質を低下させている。そこで、量産対応のプラズマエッチング装置を用いて生産ラインと同じエッチング条件を実現させた環境下でこれらの課題を再現させ、現象の基礎的な理解を進めている。さらに、得られた知見に基づくソリューションの提供を行うために、高プラズマ耐性材料、センサ内蔵ウエハステージ、プラズマ計測機器の共同開発を進めている。また、センサネットワーク社会の到来に対応するため、ミニマル3DICファブ開発の一翼を担い、3DIC製造に不可欠なSi貫通孔形成用のプラズマエッチング装置の開発を進めている。

また、九州地域の畜産業を支援することを目的として、肥育牛の肉質評価技術について研究している。現在、超音波エコー画像を利用する方法と、生体電気インピーダンスを利用する方法を検討している。前者に関しては、近い将来の製品化に向けてライセンス契約の交渉を始めている。後者については、基礎的な評価アルゴリズムを検討し、妥当性を確認している。

研究テーマ：テーマ題目2

応力発光技術チーム

(Advanced Integrated Sensing Team)

研究チーム長：徐 超男

(九州センター)

概要：

圧光計測・診断の基盤技術として、応力発光体の高効率化、プロセッシング、塗料化、薄膜化、ハイブリッド化、デバイス化などの基盤的研究の推進と共に、応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化を行い、応力発光技術の普及、利用拡大を図る。具体的に以下の技術を行う。

高効率化を目指した短波長応力発光体の開発については、発光波長は青色、さらに紫外領域まで発光する応力発光体を開発し、発光効率の向上を実現する。また、短波長応力発光体の光エネルギーを化学的に利用するシステムの構築を検討し、応力履歴の記録システムを創出するとともに、光触媒とのハイブリッド化などによる利用拡大を図る。

圧光計測のデバイス化を目指して、オールセラミックス応力発光薄膜の合成技術、数十nmの応力発光微粒子の製造技術、応力発光体超微粒子の表面処理技術、有機・無機ハイブリッド化技術、コーティング技術を

検討し、新規な圧光デバイスを開発する。

応力発光の計測技術については、2次元画像解析、リモート光検出技術、応力発光の定量法を開発し、応力発光計測システム技術の構築を行う。さらに実環境フィールドへの展開の中で、応力モニタリング安全管理ネットワークシステム、および製品設計を支援するための設計支援モデリングシステムの実現を目指す。

応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化については、応力発光体の発光挙動並びに発光機構の解明と平行して、種々の応力印加形式に対する発光強度の関係をデータベース化すると共に、単一応力発光粒子への極めて微小な負荷応力と発光強度との関係を定量的に把握することができる微小応力計測法の開発を行う。これらの結果を元にして、応力発光材料の規格化と応力発光計測の標準化を進め、新規な自立応答型応力計測技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目3

プロセス計測チーム

(Process Measurement Team)

研究チーム長：秋山 守人

(九州センター)

概要：

複合窒化物圧電体薄膜を検知材料に使用した、高温用アコースティックエミッション(AE)センサおよび燃焼圧センサの試作を行い、それぞれのセンサの基本性能を明らかにし、実証(模擬)試験などを通して、実用化に向けた材料選択、構造設計および課題抽出を行う。また、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などを用いた断面や分極分布状態観察などを行い、複合窒化物薄膜の高圧電化メカニズムの解明を行う。更に、二元同時スパッタリング法や化学溶液法によって、高い圧電性を示す複合窒化物・酸化物などの材料探索、ナノレベルでの構造制御技術の研究なども同時に行っていく。

研究テーマ：テーマ題目4

計測基盤技術チーム

(Basic Measurement Solution Technology Team)

研究チーム長：菖蒲 一久

(九州センター)

概要：

本研究チームでは、主に化学・材料系産業における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、化学熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築を行い、それによって化学熱力学に関する国内の知的基盤を整備することを目指している。更に本研究では、複数の産業支援型共同研究開発に、本解析技術を適用することで、このような知的基盤の利用技術の開発と体系化を行うことも目的とし

ている。

平成25年度は、産業支援型共同研究として、サポイン制度による課題2件、及び、民間からの資金提供による共同研究課題2件に対して新規の熱力学データベース開発と、それを利用した解析研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目5

生化学分析ソリューションチーム

(Biochemical Analysis Solutions Team)

研究チーム長：宮崎真佐也

(九州センター)

概要：

本チームでは、マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化（微量）、集積化などによるその場計測や化学反応自体の加速による効率的な計測（迅速）、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析（精密）・計測などを行う。

研究テーマ：テーマ題目6

[テーマ題目1] 光学的手法を主体とした製品検査・プロセス管理に関する計測技術の開発

[研究代表者] 野中 一洋（研究チーム長）

[研究担当者] 野中 一洋、古賀 淑哲、寺崎 正（兼務）、菊永 和也、坂田 義太郎、坂井 一文、李 雪峰、劉 臨生、蒲原 敏浩、手島 寅浩、檜枝 龍美、山下 博史、江頭 正浩、大久保 玲子（常勤職員5名、他9名）

[研究内容]

アジア新興国など、海外との競争激化や生産の海外シフトが進んでいる中、我が国製造業の国際競争力を維持・強化させるには、高品質・高信頼なものづくり共に、生産性の向上が喫緊の課題となっている。

本重点研究課題では、生産現場に常駐するマイスターと緊密に連携し、種々の現場に共通な非接触、非破壊、可視化、および高スループット等の検査ニーズに対応するために、光学的・電磁気的手法を用いた計測技術の研究開発に取り組む。生産現場への早期の適用を目指して、新規計測技術の確立とインラインプロトタイプ検査装置の開発を進める。さらに、人間の感覚に頼った官能検査については、検査の自動化・客観化と共に、検査法の標準化に取り組む。

平成25年度の進捗状況：

① マイスター型連携研究課題

マイスター企業2社から提案された課題について、装置実用化、検査法の標準化・規格化に取り組んだ。

半導体生産計測課題の内、化学的機械的研磨

(CMP) 処理後のシリコンウエハ表層欠陥検査装置については、LSI 量産メーカーと連携して量産ラインへの導入のために、ウエハ製品の測定再現率の向上に取り組んだ。産総研原理機で目標の再現率をほぼ達成し、この成果を量産プロトタイプ機に移植した。本開発技術の水平展開として、国内大手検査機器メーカーとの共同で製品プロトタイプ機の開発に取り組み、高機能ガラス基板及び次世代半導体等の評価に着手した。

プリント基板生産計測課題の内、金めっき光沢ムラ検査については、金めっき部位の微細化（サブ mm サイズ）と種々の不良モードに対応できるように、検査装置の光学系および画像処理系の改良を行った。本検査法の標準化については、関連の学会の中に官能検査自動化研究会を新たに設立し、WG としての活動を通じて業界規格化への提案を実施し、並行して国際標準化（IEC）提案の準備を進めた。さらに、電気銅めっき浴中の1価銅濃度分析については、新たに開発したインジェクション法を用いて、一価銅の呈色反応の反応初期過程のより精密な分析を行い、企業と共同で高精度3次元めっきプロセスへの応用に取り組んだ。

静電気の可視化計測のため、広域（柔らかい材料）および狭域（堅い材料）にそれぞれ対応する集束超音波および多点電界計測を用いた静電気分布計測技術を開発した。また、プラスチック成形品の搬送工程において試作センサを用いた静電気の検出に成功した。

② 地域連携課題

産総研コンソーシアム計測診断システム研究協議会インスペクション技術研究会を九州センターオープンデーに併せて開催し、新たな検査技術などの情報発信を行った。地域企業との連携としては、サポイン事業及びものづくり補助金事業にそれぞれ提案・採択され、具体的な共同開発に取り組んだ。

[分野名] 標準・計測分野

[キーワード] マイスター、計測技術、生産現場、CMP、微小欠陥、外観検査、標準化・規格化、めっき、静電気、可視化

[テーマ題目2] プラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発

[研究代表者] 上杉 文彦（プラズマ計測チーム）

[研究担当者] 上杉 文彦、福田 修、笠嶋 悠司、本村 大成、鍋岡 奈津子（常勤職員4名、他1名）

[研究内容]

LSI の生産ではコストを抑えつつ品質を高めることが求められている。中でも車載用 LSI は不良個数ゼロという高品質が求められる。不良発生の大きな要因は、装置内壁部材の化学的腐食や内壁に付着した反応生成物の剥離によるパーティクル発生、および内壁の帯電に起因する異常放電であり、プラズマエッチング工程において

多く発生する。これらの課題を解決するために、オープンバージョンスペースに設置した量産用プラズマエッチング装置を用いて、装置内壁部材の開発を材料メーカーとの共同で、異常放電検出機能を有するウエハステージの開発を装置部品メーカーと共同で、また量産用プラズマ処理装置向けインピーダンス計測機器を計測器メーカーと共同で、材料、部品、計測の観点から多面的に取り組んだ。

装置内壁用部材の開発では、材料メーカーと共同でレアメタルを使用しない導電性高プラズマ耐性材料の開発を行った。標準的に使用されている酸化アルミニウム (Al_2O_3) よりもプラズマ損耗量の小さな酸化イットリウム (Y_2O_3) と同等の耐性を有し抵抗率が通常の $10^{14} \Omega \text{ cm}$ に比べて $10^7 \Omega \text{ cm}$ ほどの小さな材料である。大手デバイスメーカーにサンプル出荷を行い、その生産ラインで有効性が確認され最終評価に進んだ。採用される見通しである。

プラズマエッチング用の異常放電検出機能を有するウエハステージの開発では、装置部品メーカーと共同で進めた。ウエハやその近傍での微小な放電エネルギー $50 \mu\text{J}$ の異常放電を検出するのに有効な、アルミナイトライド (AIN) からなる音響センサをウエハステージに内蔵するウエハステージの開発を進めた。製品化するために、音響センサを直接ステージに成膜する実装技術の有効性を実証した。生産ラインへの適用に向けて動き出した。

量産用プラズマ処理装置に容易に取り付けることができるインピーダンス計測機器の開発では、高周波通信分野で培われてきた電磁波計測技術を用いてプラズマインピーダンス計測機器の開発を行った。量産用プラズマエッチング装置に装着し、装置異常によるインピーダンス変化を高感度で検出できることを実証した。大学や企業での使用実績がでた。

センサネットワーク社会が到来すると言われている。状況をモニターするためのセンサと通信用のデバイスからなる3DICが必要になると予測される。さらにこの3DICは多品種になり、生産する上では多品種少量生産が必要になると考えられる。この生産に適したミニマル3DICファブ開発の一翼を担い、3DIC製造に不可欠なSi貫通孔形成用のプラズマエッチング装置の開発を進めている。これまでに小型高密度プラズマ源の開発を行い、ハーフインチのSiウエハでエッチング可能なことを実証した。今後、ミニマル規格の筐体に収まるエッチング装置の開発を進めていく。

また、地域連携拠点として、九州地域における重要な産業の1つである畜産業を支援することを目的に、肥育段階にある生牛の肉質を評価する技術について、研究を行った。肉質の評価基準はリブローズ部位における脂肪交雑値 (BMS: Beef Marbling Standard) とし、脂肪の量や分布に応じた12段階に分類することを目標とした。通常、畜産農家では30ヶ月程度の期間を要して牛を飼育

し、出荷するが、屠殺されるまで脂肪交雑値を知ることができない。出荷額は脂肪交雑値を大きく反映するため、すなわち、農家は出荷額の見込みが立たない状況で30ヶ月の飼育をすることになる。もし肥育期間中に、脂肪交雑値を知ることができれば、飼育方法や出荷時期、出荷先の調節など、経営計画に資する有益な情報となることは間違いない。

肥育中に脂肪交雑値を評価するための方法として2つのアプローチを検討している。1つは、超音波エコー画像を利用する方法である。この方法は非侵襲的にリブローズ芯部分をイメージングし観察することができる。2つ目は生体電気インピーダンスを計測し、脂肪交雑値を推定する方法である。この方法は計測値にリブローズ周囲の脂肪交雑の影響を受けるものの、計測システムを軽便に構成することが可能であり、将来の普及が見込める。

超音波エコー画像を利用した脂肪交雑の評価に関しては、エコー画像のエクスチャー特徴量を抽出し、ニューラルネットでパターン認識するアルゴリズムをこれまでに確立し、推定精度の検証を実施してきた。近い将来の製品化を予定しており、現在、関連機関とのライセンス契約に向けた交渉を行っているところである。生体電気インピーダンスに基づく脂肪交雑値の評価についても、これまでに50頭程度の肥育牛を対象に、データ収集と基礎的な評価アルゴリズムの検討を開始している。既に生体電気インピーダンスから推定した細胞内抵抗とBMSの間に有意な相関を確認しており、今後も引き続き精度の向上を目指したいと考えている。

【分野名】標準・計測分野

【キーワード】プラズマ、パーティクル、異常放電、導電性セラミックス、音響センサ、ミニマル、3DIC、Si貫通孔、インピーダンス、畜産業、脂肪交雑値、超音波エコー、ニューラルネット

【テーマ題目3】応力発光技術に関する研究

【研究代表者】徐超男 (応力発光技術チーム)

【研究担当者】徐超男、上野直広、寺崎正、藤尾侑輝、寺澤佑仁、藤原理賀、川崎悦子、久保正義、古澤フクミ、末成幸二、松尾修身、河原弘美、野上 有美、佐野しのぶ、津山美紀、有本里美 (常勤職員4名、他12名)

【研究内容】

本研究では、ニーズの詳細な調査とシーズのマッチング精査を基に課題設定を行い、個別課題から抽出された共通的な課題として、外部の評価によって多数の提案から厳正に選抜された課題を中核課題とし、センシング技術の高度化からシステム化技術の高度化に至る新しい計測技術開発を、材料技術と情報技術の緊密な連携の下に遂行するものである。材料技術では、応力発光現象の機

構解明など、基礎・基盤的な技術開発を行い、応力発光センサ素子の特性向上とデバイス化を経て、リアルタイム応力異常検出システムや応力履歴記録システムなどの各種応力センシングデバイスを構築する。各種応力センシングデバイスの機能の最適化を行い、デバイススペースでの評価によって応力発光センシングのデータベースへ向けたデータ蓄積を行う。情報技術では、構造体のセンシングシステム構築に向けたセンシングデバイス・ノードの開発、適用構造体の挙動解析、適応型信号処理の高機能化等によって基盤技術を構築し、センシングノードの高機能化と多目的化、センサネットワークの駆動ソフトウェア開発を行い、構成したシステムのパフォーマンス評価とデータ蓄積を行う。

平成25年度の進捗状況

生体イメージング可能な応力発光センサの開発においては、生体透過可能な800 nm-1100 nm 波長を有するSAO系近赤外応力発光体の開発を成功し、オンサイト生体計測の可能性を見出した。異常検出システムと応力記録システムに関しては、発光とひずみの応答データの累積を継続的に行い、0.02%ひずみの検出感度向上を達成し、高压容器の破壊予知の可能性を突き止めた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光、可視化、センシング、健全性診断

【テーマ題目4】 圧電体薄膜を用いた過酷環境下での圧力振動計測技術の開発

【研究代表者】 秋山 守人（プロセス計測チーム）

【研究担当者】 秋山 守人、岸 和司、長瀬 智美、田原 竜夫、山田 浩志、上原 雅人、石田 秀一、上野 多鶴子、筒井 美寿江、松田 修、土渕 香織
（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

本研究では、窒化アルミニウムや酸化亜鉛などの圧電体薄膜をセンサの検知材料に用い、通常では測定困難な高温や高压下などの過酷環境下における圧力・振動計測技術の研究開発を行っている。これら計測技術が望まれる工場等の製造現場をはじめとする使用環境に適用できるよう、使用する圧力センサや振動センサの構造の最適化、及び検出感度や安定性などの基本性能の評価を行っている。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法（ゾルゲル法）を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体に関する材料探索も行っている。

本年度は、半導体デバイス製造のいわゆる後工程において配線接合用に使用されるワイヤボンディング装置に、開発した振動センサを設置してプロセス中の信号検出を試みた。装置の動作に支障をきたさないよう取り付けられたセンサにより、部品の搬送等を含む装置の一連の動

きに対応した信号を検出することに成功した。接合時に印加される周波数に対応した超音波の検出もでき、装置ならびに製品の状態をモニタリングするための有用な情報として利用できることがわかった。また、この振動センサを用いて、その一部を熔融金属中に浸漬して使用されるセラミックスの耐久性評価も試み、熔融金属中のように内部の状態が見えない場所でのモニタリング技術としても有用であることを確認した。多元同時スパッタリング法を用いた圧電体の探索では、意図する複合窒化物圧電体を再現性良く成膜できる方法を明らかにした。さらに化学溶液法による酸化亜鉛系圧電体の開発では、100cm²の面積化成膜に成功し、名刺大サイズのセンサ作製に目処がついた。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 圧電体薄膜、圧力センサ、振動センサ、高温高压

【テーマ題目5】 産業支援型研究開発による化学計測解析技術の高度化に関する研究

【研究代表者】 菖蒲 一久（計測基盤技術チーム長）

【研究担当者】 菖蒲 一久、西久保 桂子、恒松 絹江、長谷部 光弘、恒松 修二、岡本 悦子、田中 和佐（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

本研究では、主に化学・材料系の産業界における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築などの、化学熱力学解析・モデリング技術に関する国内知的基盤の整備を行っている。このような解析・モデリング技術は、実は非常に有効ではあるが、なかなか使い方が理解しにくく、あまり利用されていないという問題がある。そこで、本研究課題では、産業界からのニーズ課題や当チームの技術シーズに基づく複数の産業支援型共同研究と、この化学熱力学解析技術の開発研究を一体的に行うことで、特に利用技術、利用法の開発・知識基盤化をも目標として研究を進めている。日本の化学系・材料系の技術的競争力は極めて高いが、それを維持・強化するためには、このような基盤技術の開発は必須である。

現在までに、信頼性や安定性の高い化学熱力学解析ソフトを開発公開するとともに、関連データベースの開発も行ってきた。当該ソフトは既に国内大学・企業等への導入実績がある。今後、本技術を様々な産業支援課題に適用し、その課題解決に貢献していく。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 化学熱力学、ソフトウェア、データベース、解析、モデリング、状態図、知的基盤

【テーマ題目6】 微量・迅速・精密化学計測技術の開発

【研究代表者】宮崎 真佐也（生化学分析ソリューションチーム長）

【研究担当者】宮崎 真佐也、中村 浩之、山下 健一、松田 直樹、大庭 英樹、岩崎 渉、永田 マリアポーシャ、石地 友香、天本 真里子、松浦 和真、齋藤 亜弥、中島 達郎、岡部 浩隆、中村 志織（常勤職員6名、他8名）

【研究内容】

南九州一帯は我が国の食肉用肥育牛の一大生産拠点である。しかし、先年の口蹄疫問題で顕在化したように、その生産・肥育プロセスには工学的視点から解決すべき問題も多い。そこで、本チームでは肥育用子牛生産プロセスにおける効率化を図るため、1) 雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発、2) 受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスの開発を行った。1) の雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発に関しては、凍結精子の活度による分別技術の畜産現場へのソリューション提供を進めるとともに、雌雄産み分け技術の確立に向けた研究を開始した。2) の受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスに関しては、これまでに開発した密度差分離による高品質の卵子分別デバイスの体外受精卵への適用も開始した。また、受胎適期のセンシングに向けたホルモンセンサ開発も進め、黄体形成ホルモン検出が可能なセンサ素子2種の開発に成功した。

また、ナノ材料分野の研究開発プロセスを迅速化・効率化する技術である、当チームが保有していた LED 用蛍光ナノ粒子の生産にソリューションの大手企業への提供も進めた。

その他、食品生産現場でのソリューション提供に向けた課題抽出に着手した。

【分野名】標準・計測分野

【キーワード】マイクロ空間化学、微小流体デバイス、細胞分離、ナノ粒子

③【計測標準研究部門】

(Metrology Institute of Japan)

(存続期間：2001. 4. 1～)

研究部門長：千葉 光一

副研究部門長：新井 優、高辻 利之、藤本 俊幸、三戸 章裕

首席研究員：榎原 研正、山田 善郎

所在地：つくば中央第3、第2、第5、つくば北、関西センター

人員：242名 (242名)

経費：2,456,905千円 (1,628,093千円)

概要：

計量標準及び法定計量

第三期の目標：

計量の標準

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

- (1) 新たな国家計量標準の整備
- (2) 国家計量標準の高度化
- (3) 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進
- (4) 国際計量標準への貢献
- (5) 計量の教習と人材の育成

○研究業務の方向付け

- (A) 標準整備計画にもとづき、信頼される計量標準を早期に供給開始する。
- (B) 計量標準及び法定計量の確実かつ継続的な供給体制を構築し的確に運用する。
- (C) 計量標準・法定計量の国際相互承認を進める。
- (D) 計量標準と計測分析技術において世界トップクラスの研究成果を挙げる。

内部資金：

「超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発」

「東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業」

「新規温度標準に対応した熱力学温度計の開発」

「キログラムの再定義に向けた基盤技術の開発」

「ナノ材料の適正管理に向けた世界標準の獲得」

「気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化」

「実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定」

「高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化」

「JIS B7556気体用流量計の校正方法及び試験方法の改正」

「Standard for Rectangular Metallic Waveguides and Their Interfaces for Frequencies of 110 GHz and Above (110GHz 以上の方角導波管およびインターフェ

ースの標準化)」

経済産業省 製造産業局素形材産業室 産業技術研究開発 次世代3次元内外計測の評価基盤技術開発

「ナノ材料の特性評価手法に関連した標準化」

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)】探索タイプ 科学技術振興機構 (JST) 赤外熱画像装置オンサイト校正器の開発

「遠心加速度校正に関する標準化研究」

戦略的創造研究推進事業 (ERATO) 科学技術振興機構 (JST) 光格子時計高精度比較のための高速制御型光周波数コムの開発

「物質・材料データバンクの高度化」

戦略的創造研究推進事業 (ERATO) 科学技術振興機構 (JST) 美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

「高電圧直流給電対応スマートモニタリングシステム (DC-Smart Energy Monitoring System (SEMS)) の開発」

「高圧液体漏れ検査装置の開発」

研究成果展開事業【研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)】ハイリスク挑戦タイプ (復興促進型) 科学技術振興機構 (JST) 効果的な除染計画・評価のための放射線・放射能測定装置の実用化開発

「EMC 試験機器校正に特化した自動校正装置の開発」

「農産物の品質の現場評価装置開発」

研究成果展開事業【産学共創基礎基盤研究プログラム】科学技術振興機構 (JST) 国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築

「HEV/EV 車の EMC 試験のための試験サイト評価用アンテナの開発」

「熱エネルギーを自在に操るための材料開発」

産業技術研究助成事業 NEDO 助成金 エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

「高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発」

「回転軸ぶれ検出機能を有するインテリジェント・ロータリエンコーダの性能評価法の確立」

産業技術研究助成事業 NEDO 助成金 光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

「農薬残留分析の信頼性向上のための技能試験」

「物質・材料データバンク」

産業技術研究助成事業 (国際的) NEDO 助成金 ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発

外部資金：
資源エネルギー庁鉱物資源課 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 (日米先端技術標準化研究協力)

最先端研究開発支援プログラム 量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」

日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発

独立行政法人海洋研究開発機構 海水温の精密測定に用いる温度センサの長期評価技術の開発

経済産業省 商務情報政策局 商務流通保安グループ ガス安全室 日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発

一般財団法人日本規格協会 原案共同作成事業 (JIS B7441改正)

経済産業省 製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室 日米等エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発

公益財団法人福島県産業振興センター 戦略的基盤技術高度化支援事業 リアルタイム自己校正型ロータリエンコーダ

一般財団法人日本規格協会 平成25年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化加速事業：国際標準化横断的推進活動）TMB/REMCO 対応

公益財団法人郡山地域テクノポリス推進機構 戦略的基盤技術高度化支援事業 標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発

独立行政法人日本原子力研究開発機構 パルス通電加熱法を利用した熔融核燃料の熱物性測定システムの開発

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（A）Molecular-Net Sieving の提案と超薄膜分離膜の創製

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（C）材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（B）スペクトラム拡散法を用いた曲流路探傷式高精度超音波流量計測システムの開発

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（B）光コムによる環境自己補正型の精密長さ計測エコ技術の開発

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（B）新粒子成長過程における大気エアロゾル粒径別化学組成の追跡分級計測システムの開発

文部科学省 科研費（研究分担者）挑戦的萌芽研究 非DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討

文部科学省 科研費（研究分担者）基盤研究（B）放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御

文部科学省 科研費 基盤研究（A）ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

文部科学省 科研費 基盤研究（B）二次元ダークフリンジ法による球体直径測定原理開発とアボガドロ定数精密決定への応用

文部科学省 科研費 基盤研究（C）イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索

文部科学省 科研費 基盤研究（C）フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）高安定光共振器による光周波数コム絶対線幅狭窄化

文部科学省 科研費 基盤研究（C）双方向波長多重信号による長距離光ファイバの位相安定化技術の研究

文部科学省 科研費 基盤研究（C）極微弱 LED の全光子束測定技術の開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）ナノ粒子の細胞内取り込み挙動解析を可能とする単一ナノ粒子計測システムの開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）キャピテーション発生量の定量計測技術の開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）超電導放射線検出器を用いた新しいバイオマス測定装置の開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）生体マトリックス中タンパク質の高精度、高感度定量法の開発

文部科学省 科研費 基盤研究（C）高精度テラヘルツ絶対電力センサー素子の開発

文部科学省 科研費 若手研究（A）化学分離を必要としない迅速な放射性ストロンチウムの絶対測定法の研究

文部科学省 科研費 若手研究（B）環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化

文部科学省 科研費 若手研究（B）液中分散ナノカーボン材料の分散安定化機構の解明

文部科学省 科研費 若手研究（B）デュアル光格子時計を用いた、黒体放射の影響を受けない合成時計周波数の実証

文部科学省 科研費 若手研究（B）常磁性物質定量用新規一次標準分析法の開発

文部科学省 科研費 若手研究（B）配列特異的な核酸分子の高精度定量技術の開発

文部科学省 科研費 若手研究（B）陽電子寿命測定法を用いた構造物の疲労検査装置の開発

文部科学省 科研費 若手研究（B）多層型マンガンバスによる中性子源放出率の絶対測定法の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) MEMS 式熱量計によるナノ粒子の比熱測定と低次元系比熱理論への実験的アプローチ

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 常温下熱機械変位方式高速高感度光パワー標準器の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 高出力レーザ用イメージングパワーメータの実現に向けたイメージセンサ校正技術の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 新規シス／トランス異性体分離法の開発とそれを利用したトランス脂肪酸の高精度分析

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 治療用高エネルギー電子線の絶対線量計の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 受光素子における応答非直線性とその波長依存性の抑制手法確立に向けた研究

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 極低温度測定のための音叉型水晶振動子を用いたヘリウム3融解圧温度計の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) in-situ 温度測定によるイッテルビウム光格子時計の高精度化

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 土壌菌核が高濃度に含有するキノンの役割解明

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 完全に基礎物理定数に基づく電圧標準体系の確立に向けた量子化ホール抵抗分圧器の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 精密低周波交流電圧発生器を用いたゼーバック係数の絶対測定技術の開発

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 複合的実験手法による ${}^7\text{Li}$ (p, n) 反応準単色中性子スペクトル構造の解明

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 超伝導ナノ構造を用いた量子電流標準の研究

文部科学省 科研費 若手研究 (B) 走査電子顕微鏡法における二次電子像表面ポテンシャルコントラスト原理の解明

文部科学省 科研費 (研究分担者) 基盤研究 (C) R32 を基本成分とする低 GWP 混合冷媒の新たな熱力学モデル

文部科学省 科研費 (研究分担者) 基盤研究 (A) 先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

文部科学省 科研費 (研究分担者) 基盤研究 (B) 微細射出機構による高粘度マイクロカプセル生成システムの開発

文部科学省 科研費 (研究分担者) 基盤研究 (C) 海水からサンゴ各部位へのメタロミクスとその環境応答

独立行政法人日本学術振興会 高感度微量水分計測システムの開発

経済産業省大臣官房会計課 熱電変換モジュールの性能評価技術の開発

環境省 廃電気電子機器中の難燃材の環境挙動予測評価による適正管理技術の確立に関する研究

厚生労働省 科研費 (研究分担者) 検査機関の信頼性確保に関する研究

次世代バイオ医薬品製造技術研究組合 個別化医療に向けた次世代医薬品創出基盤技術開発 (国際基準に適合した次世代抗体医薬等の製造技術)

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 水素利用技術開発事業/燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発/水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

公益財団法人住友財団 室内環境中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の曝露評価のための基礎的研究

一般財団法人化学物質評価研究機構 定量 NMR 用標準物質開発のための高精度純度評価法に関する研究

文部科学省 科研費 基盤研究 (C) キャピテーション発生量の定量計測技術の開発

公益財団法人三豊科学技術振興協会 局部傾斜角度測定を利用した高精度かつ高ダイナミックレンジな形状測定法の開発

発表：誌上発表388件、口頭発表672件、その他308件

時間周波数科

(Metrology Institute of Japan, Time and Frequency Division)

研究科長：洪 鋒雷

(つくば中央第3)

概要：

時間周波数標準及び波長標準は、基本単位の中でも最も高精度な計量標準であり、他の組立量の決定にも必要とされる計量標準体系の基盤を形成する物理標準である。当該標準の研究・開発及びその産業界への供給・普及を持続・発展させることは、我が国の産業技術や科学技術を高度化する上で極めて重要である。時間周波数科ではこのような目標を達成するために、標準器や関連技術の研究開発、それらに立脚した信頼性並びに利便性の高い標準供給を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

長さ計測科

(Metrology Institute of Japan, Lengths and Dimensions Division)

研究科長：高辻 利之

(つくば中央第3)

概要：

長さ・幾何学量の標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらに応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当科では、産業界から求められ、また国際比較などが求められている長さや幾何学量に関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行った。民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

力学計測科

(Metrology Institute of Japan, Mechanical Metrology Division)

研究科長：藤井 賢一

(つくば中央第3)

概要：

力学計測科では、質量、力、トルク、重力加速度、圧力、真空、リークなどの広範囲な物理量について標準から現場計測に至るまでのトレーサビリティの道筋を確保し、また取引証明に使われる質量計量器の信頼性の確保に関する業務を果たすことを主なミッションとする。質量（分銅の校正）、質量計、力（力計の校正）、圧力（圧力標準器の校正）、圧力計、トルクメータ・トルクレンチ、真空計、標準リーク、分圧計などについてのトレーサビリティが JCSS 校事業者や産

業界でも確保されるよう校正技術や技術基準の開発を行っている。また、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能試験については品質管理体制を整備し、新規の大容量ロードセルを含む OIML-MAA に則った試験サービスを実施している。研究開発については、キログラムの新定義実現のための質量計測技術、小容量トルク標準機の開発、グリーン・イノベーションに貢献する気体高圧力標準の開発、標準コンダクタンスエレメントを用いた定量ガス流量導入器の製品化、組立量としてのリーク標準の整備などに貢献した。特にキログラムの定義改定についてはアボガドロ国際プロジェクト（IAC）を海外の計量標準研究機関と協力して推進し、次世代質量標準として期待されているシリコン球体の高精度質量計測を行うと共に、欧州計量研究計画（EMRP）におけるキログラム再定義の共同研究にも参加している。これらの活動を通じて、プランク定数に基づく新しい定義を実現し、SI 基本単位の定義改定と、再定義後の質量標準の実現及び高度化を目指した研究を行っている。これと並行して電圧天びんによる微小質量計測技術の開発にも着手した。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目9

音響振動科

(Metrology Institute of Japan, Acoustics and Vibration Metrology Division)

研究科長：三戸 章裕

(つくば中央第3)

概要：

音響、超音波、振動、強度の標準は、環境、医療、機械診断、材料評価など広い分野にわたってニーズがあり、近年、その重要性も高まっている。音響標準、振動加速度標準、及び硬さ標準については、国際比較結果などにより、世界的なレベルに到達していることが既に示されているが、さらに標準供給体制の充実を図るため、供給範囲、供給品目の拡大、不確かさの低減の他、新規の計量標準技術開発等をめざす。超音波標準も昨今の医用超音波技術の進歩に対応するため、校正範囲拡大に必要な研究開発を継続するとともに、国際比較に実施に向けた準備を行う。材料強度の標準、固体材料の特性評価を、従来のバルク材料から薄膜などの微小なレベルで行うための研究開発を継続する。また、産業技術の高度化に応じて、先進的な計測標準開発を推進する。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

温度湿度科

(Metrology Institute of Japan, Temperature and Humidity Division)

研究科長：新井 優

(つくば中央第3)

概要：

温度・湿度の計測とその標準は、科学技術や産業において、あらゆる場面で必要とされており、当科では、これらに必要な標準供給体制の整備を進めている。国際的同等性を確保しつつ標準供給の種類、範囲を拡大するために、設備や体制を整え、標準の維持・供給に必要な研究開発及び関連の計測技術の研究を行った。常温域では熱力学温度計である音響気体温度計（AGT）の開発を進めた。低温域では0.65K～25Kの校正対象を白金コバルト抵抗温度計に拡大した。また、極低温抵抗温度計標準の立ち上げに必要な核断熱冷凍機の立ち上げを行った。放射温度標準では、アジア太平洋地域における156℃から2800℃までの国際比較を、幹事機関として開始した。湿度標準の高度化のため、拡散管方式の微量水分発生装置の開発を進めた。

研究テーマ：テーマ項目12、テーマ項目13、テーマ項目14、テーマ項目15、テーマ項目16

流量計測科

(Metrology Institute of Japan, Fluid Flow Division)
研究科長：寺尾 吉哉

(つくば中央第3)

概要：

流量計を用いた石油や天然ガス等の取引は、経済産業活動の中でも最も大きな取引であり、また、水道メータ、ガソリン計量器等の流量計は国民生活に最も密接している計量器の一つである。さらに、最新の半導体製造技術、公害計測技術、医療技術等の先端技術分野や環境・医療技術分野においてもより困難な状況下での高精度の流量計測技術が求められている。当科では、これらの広範な分野に必要な流量の標準を開発し、その供給体制の整備を進める。既に気体小流量、気体中流量、液体大流量、液体中流量、液体小流量、石油大流量、石油中流量、気体中流速、微風速ではJCSSが整備されており、また、石油小流量並びに体積に対しては依頼試験による標準供給を行っている。平成25年度は石油小流量の流量範囲の拡大の準備及び気体大流量の標準整備を進めた。

さらに、計量法に基づき法定計量業務を適切に遂行すると共に、国際計量システムの構築に貢献している。

研究テーマ：テーマ項目17、テーマ項目18、テーマ項目

19

材料物性科

(Metrology Institute of Japan, Material Properties Division)

研究科長：山田 修史

(つくば中央第3)

概要：

信頼性の高い材料物性データが確実に利用できるた

めの知的基盤整備を目的として、エネルギー、環境、石油化学等の分野で求められる密度、粘度、屈折率等の計測・校正技術と標準、及びエネルギー、エレクトロニクス、素材産業等の分野で求められる固体熱物性の計測・校正技術と標準・標準物質の開発・供給を行った。開発された熱物性計測技術と標準物質を元にして得られる信頼性の高い熱物性データを分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して広く提供した。また、国際単位系改定に向けた基礎物理定数に関わる高精度データの取得と国際度量衡委員会を中心とする国際協力活動を推進した。

研究テーマ：テーマ項目20、テーマ項目21

電磁気計測科

(Metrology Institute of Japan, Electricity and Magnetism Division)

研究科長：金子 晋久

(つくば中央第3)

概要：

我が国の電気電子情報産業を含む広い産業界に直流・低周波電気標準を供給するために、標準の維持、供給、研究開発を行っている。特に、直流電圧標準、直流抵抗標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準、誘導分圧器標準、変流器標準、高調波電圧電流標準、交直(AC/DC)変換標準、交流シャント標準、電流標準等の研究開発と供給を行っている。

研究テーマ：テーマ項目22、テーマ項目23

電磁波計測科

(Metrology Institute of Japan, Electromagnetic Waves Division)

研究科長：島田 洋蔵

(つくば中央第3)

概要：

高周波・電磁界標準の電波領域の電磁波を対象とし、高周波電力、減衰量、インピーダンス、雑音、各種アンテナ、電界・磁界、材料特性等の標準に関し、精密計測と校正技術の研究・開発を進め、標準供給システムの構築と供給体制の維持、校正業務により標準供給を行った。標準開発の進展は、伝送線路を伝搬する電磁波の標準については、110 GHz～170 GHz帯高周波電力標準に関しカロリメータによる標準器を開発し新規に標準供給を開始した。高周波インピーダンス標準では、ミリ波同軸の整備が完了し、導波管線路については周波数拡張のための参照標準器を新たに開発した。テラヘルツ帯標準に関し、テラヘルツ帯電力センサのプロトタイプの開発を行った。電波に関連する空間量の標準としては、任意周波数ホーンアンテナ利得及びパターン標準について、18 GHz～26.5 GHz

帯の校正システムを整備し標準供給を開始した。散乱断面積 (RCS) 標準では75 GHz~110 GHz 帯の標準ターゲット評価のためのミリ波帯高感度受信システムを構築した。電磁界強度標準では新電波暗室の整備と設備の移設を行い、標準電界発生と電波遮蔽の基本性能評価を完了した。国際計量標準に関連し、CCEM および APMP 国際比較を推進するとともに、高周波誘電率のパイロットスタディのための準備を進めた。また、高周波・電磁界標準とその校正技術の開発に伴う知見を基に、オープンラボや計測クラブなどを通じて産業界への成果普及を実施した。

研究テーマ：テーマ題目24、テーマ題目25

光放射計測科

(Metrology Institute of Japan, Photometry and Radiometry Division)

研究科長：座間 達也

(つくば中央第3)

概要：

光関連産業の発展に欠かせない技術基盤であるレーザ標準及び測光・放射標準の研究・開発を通じて、各種基本量の精密評価技術や校正技術を確立すると共に、当該技術の拡張・高度化を進める。また、トレーサビリティ整備・推進に寄与する。今年度は、二次元検出器応答度評価技術 (1064 nm)、高出力 LD に対するパワーメータ応答度評価技術 (800 nm 帯)、カロリメータ吸収体反射率の入射波長一様性評価に基づくパワーメータ応答度評価技術 (1310 nm・1550 nm 帯)、分光全放射束校正技術、赤外域分光拡散反射率校正技術を確立し、これらに関する標準の供給を開始した。併せて、光パワーメータ応答直線性校正の波長範囲拡張、紫外域高強度 LED 全放射束校正、分光放射照度 (紫外) の短波長域への校正範囲拡張、分光応答度 (紫外、可視、近赤外) の校正範囲拡張 (オーバーフィル条件) に関する開発を進めた。国際比較については、全光束 (CCPR-K4)、光度 (APMP、CCPR-K3. a リンク)、可視域レーザパワー (APMP.PR-S5) に関して幹事研究所として実施を主導した。LED 光源等の試験方法・試験所認定等に関わる国内・国際活動に協力した。

研究テーマ：テーマ題目26、テーマ題目27

量子放射科

(Metrology Institute of Japan, Quantum Radiation Division)

研究科長：齋藤 則生

(つくば中央第2)

概要：

放射線、放射能および中性子標準は、放射線防護、医療、産業、先端科学にとって非常に重要であり、ニ

ーズに対応した標準の立ち上げおよび高度化等の研究開発、標準の維持・供給、MRA 対応の国際基幹比較に努めている。震災以後、放射線・放射能に対するニーズは高く、環境レベル放射能標準の開発、線量当量標準の開発、セミナー開催などを積極的に進めている。震災支援に対応し、低線量率γ線の線量標準および中硬X線の線量当量標準を確立するとともに、放射性セシウムを含む玄米の標準物質を利用して放射能検査機関を対象とした確認試験・技能試験を実施した。医療分野では、マンモグラフィ X 線標準の範囲拡大、医療用リニアック高エネルギー光子線の水吸収線量標準、Ru-106密封小線源水吸収線量標準を確立するとともに、Ir-192の密封小線源の線量標準の開発を行った。一方、放射性ガス放射能標準の研究開発を行うとともに、重水減速 Cf-252中性子フルエンス標準の開発に成功した。

研究テーマ：テーマ題目28、テーマ題目29

無機分析科

(Metrology Institute of Japan, Inorganic Analytical Chemistry Division)

研究科長：日置 昭治

(つくば中央第3)

概要：

標準物質は研究開発・生活の安全安心および産業発展を支える知的基盤として、その加速的整備が国策のもとに推進されている。当科では JCSS の基準物質となる新規無機標準物質、RoHS 指令規制対応標準物質など工業材料標準物質、微量元素・ひ素化合物・メチル水銀・海水栄養塩等の分析のための環境・食品関連組成標準物質を開発して、化学分析あるいは化学計量を支える標準を供給するとともに、併せて、関連する CCQM、APMP 国際比較に参加している。標準物質の開発と連動させて技能試験及び講習会も開催している。また、電量滴定法等の基本分析手法の高度化、同位体希釈質量分析法などの高感度元素分析法の高精度化を行い標準物質の値付け、環境・食品計測の高度化等に使用するとともに、我が国の分析技術向上の支援、産業の高度化及び科学技術のテクノインフラに寄与している。

研究テーマ：テーマ題目30、テーマ題目31、テーマ題目

32

有機分析科

(Metrology Institute of Japan, Organic Analytical Chemistry Division)

研究科長：高津 章子

(つくば中央第3)

概要：

環境、食品、材料や臨床検査分野をはじめとする

種々の分野における濃度計測の信頼性確保のためには、各種標準ガス、有機汚染物質などの有機標準物質（標準液、組成標準物質）、生体関連物質などのバイオ関連標準物質など種々の標準物質が必要とされる。そこで、これらを社会ニーズに即して供給することを目標に、新規標準物質の開発と、基盤となる分析技術の開発・整備・高精度化に取り組んだ。ISO ガイド34に基づく品質システムの整備を行うとともに、開発した標準物質の維持管理を適切に行い、安定かつ継続的な標準供給を行っている。国際比較等にも積極的に参加し、計量標準の国際相互承認においては、標準物質値付け能力（CMC）を国際相互承認（MRA）の付属文書（Appendix C）へ登録し、国際的にも高いレベルでの当該分野の標準物質の整備を目指した。

研究テーマ：テーマ題目33、テーマ題目34、テーマ題目

35

ナノ材料計測科

(Metrology Institute of Japan, Nanomaterials Characterization Division)

研究科長：藤本 俊幸

(つくば中央第5)

概要：

薄膜・超格子、ナノ空孔、微粒子等の先端材料系における国際単位系へのトレーサビリティを確保した質の高い標準を開発・維持・供給する。このため、高度な計測・評価技術の開発にも注力するとともに、国際的な度量衡関連組織における標準へのトレーサビリティ活動、ISO/JIS等の標準化活動に積極的に対応する。

ナノメートルスケールの薄膜、空孔、粒子等の標準を開発、供給するとともに、X線反射率法による精密評価技術、透過電子顕微鏡による3次元計測の高度化、光電子分光およびX線吸収分光の基礎技術、MALDI-TOFMSの分析法、動的および静的光散乱法、流動場分離法を用いた微粒子分級技術、2次イオン質量分析技術等において基礎データを蓄積した。

研究テーマ：テーマ題目36、テーマ題目37、テーマ題目

38

計量標準システム科

(Metrology Institute of Japan, Measurement standards system division)

研究科長：日置 昭治

(つくば中央第3)

概要：

計量標準システム科では、計測分野におけるトレーサビリティの供給および供給方法の高度化を科全体の目標としている。化学分野においては、最上位の標準物質開発・供給・校正サービスを行うとともに計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化のための研究を

行う。また、ソフトウェアを含む計量情報システムの適合性評価のための研究、計測・計量における情報提供等を行う。

具体的には、主に有機分析化学に関する研究とその成果をベースに、有機標準基盤研究室では、ニーズに対応した質の高い、環境、食品、臨床化学に関連する有機標準物質の供給、化学計量システム研究室では、定量NMR（核磁気共鳴）法などを中心とした環境及び食品分野の多数の化学物質に対する校正サービスを行っている。また、計量標準基盤研究室は、高分子グループと計量情報システム研究グループからなり、高分子グループでは、高分子分析用の標準物質の開発供給を主体に研究開発を行っており、RoHS指令に対応する添加剤分析用標準物質とMALDI-TOFMSや固体NMRによる新規定量法の開発を行っている。一方、計量情報システム研究グループでは、計量器ソフトウェアの評価技術、及び技能試験を利用したソフトウェアの適合性評価基準作成の研究を行っている。さらにスペクトルデータベースの運営業務も行っており、化学物質のデータベース、ソフトウェア認証等の広い意味でのトレーサビリティの供給活動においても、国家計量標準研究所として貢献できるように努めている。グローバルMRAに基づく国際的な同等性の確認に必要な国際比較等の活動にも積極的に参加し、標準物質の校正測定能力に関する国際度量衡局のデータベース（KCDB、appendix-C）への登録を行っている。

研究テーマ：テーマ題目39、テーマ題目40、テーマ題目41、テーマ題目42、テーマ題目43

法定計量技術科

(Metrology Institute of Japan, Legal Metrology Division)

研究科長：小谷野 泰宏

(つくば中央第3)

概要：

国内の活動として、計量法技術基準の国際整合化を促進し、未整備な工業標準（JIS）の整備を重点的に行う。法定計量システムの簡素化・効率化のモデルを検討する。JIS化及び計量法改正作業において、特定計量器間とのバラツキを最小限にするために、当科及び法定計量担当科との調整を積極的に行う。技術開発については、効率的な型式承認実施のためのモジュール型式に関する評価技術開発及び技術基準（案）の整備を行う。担当業務に関する承認機関品質システム及び試験機関品質システムの整備については、NMIJ、製品評価技術基盤機構等が実施する品質システム研修又は個々の専門分野研修等に積極的に参加し、資質向上を図ると共に適切な文書整備を早急に行う。また、品質システムの運営については、関連する部署との積極的な技術交流を図り円滑な実施に努めると共に各種

試験の信頼性の確保を図る。国際活動については、国際会議等に積極的に参加するとともに、国際文書の議論・検討に必要とする翻訳文書等の整備を行う。

計量標準技術科

(Metrology Institute of Japan, Dissemination
Technology Division Dissemination Technology
Division)

研究科長：高辻 利之

(関西センター)

概要：

経済産業大臣から委任された法定計量業務及び当科のミッションを適切に遂行するために、つくば法定計量担当科及び関連技術室との連携を密にし、型式承認、校正、試験、検査業務を適正かつ迅速に行うとともに、当該業務に対する現状の問題点を把握し、能率化とユーザへのサービス向上を図り、ニーズの収集、蓄積を行う。現行の国内技術基準から国際基準への移行（国際整合化・計量法技術基準 JIS 化）にあたり、関係機関、関係業界等との連携を密にする。また、当分野に課せられた個々の業務を円滑に推進するために、業務量に応じたマンパワー及び資源の配分・調整を適宜見直し、全職員が一体感を持って円滑に科のミッションに取り組めるよう定期的な会議を開催するとともに安全衛生会議を開催し安全衛生に努める。法定計量技術に関する国際活動に必要とされている情報、語学及び関連する技術・知識を養成する。また、次世代への技術伝承を推進する。

研究テーマ：テーマ題目44、テーマ題目45、テーマ題目
46

〔テーマ題目1〕時間・周波数標準の高度化に関する研究

〔研究代表者〕池上 健

(時間周波数科 時間標準研究室長)

〔研究担当者〕池上 健、萩本 憲、平野 育、
柳町 真也、高見澤 昭文、田邊 健彦、
渡部 謙一（常勤職員7名）

〔研究内容〕

原子泉方式一次周波数標準器においては、2011年3月の大震災で不具合が生じたのをきっかけに、細部にわたって構造を見直し、改良を加えて再構築を進めている。本年度は、セシウム原子とマイクロ波を相互作用させる真空槽部分を組み上げた。

不確かさ低減のために開発中の2号器においては、低温サファイア発振器を局所発振器として用いるとともに、磁気副準位 $mF=0$ への光ポンピングを適用することにより、周波数安定度を1秒で 8.3×10^{-14} にまで向上させた。また、高い周波数安定度を生かして、実験的に衝突シフトを $(-3.3 \pm 0.5) \times 10^{-15}$ と見積もった。

また、低温サファイア発振器において、冷凍機で冷却する方式の低温サファイア発振器の最適化を行い、液体ヘリウムで冷却するものと同程度の周波数安定度（1秒の平均時間で約 1.5×10^{-15} ）到達した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕時間周波数、原子時計、セシウム一次周波数標準器、原子泉、低温サファイアマイクロ波発振器、位相雑音

〔テーマ題目2〕光周波数（波長）標準の開発と光周波数計測技術の研究

〔研究代表者〕洪 鋒雷（時間周波数科 波長標準研究室長（兼務））

〔研究担当者〕洪 鋒雷、稲場 肇、保坂 一元、
安田 正美、赤松 大輔、大久保 章、
大苗 敦、鈴木 淳太、岩國 加奈、
世良 英之、小口 研一
(常勤職員7名、他4名)

〔研究内容〕

次世代の周波数標準を目指した光周波数標準については、 ^{171}Yb 光格子時計に続き、 ^{87}Sr 光格子時計の開発に成功した。 ^{87}Sr の時計遷移周波数の値は、 $429\,228\,004\,229\,832.0\text{ Hz}$ で、不確かさが 1.6 Hz であった。また、 ^{171}Yb および ^{87}Sr の時計遷移周波数の比の直接測定にも成功し、周波数比の相対不確かさは 1.5×10^{-15} であった。この不確かさは、それぞれの時計遷移周波数を国際原子時を基準として測定した値の比から導き出される不確かさより小さい。すなわち、光格子時計の性能の高さを直接検証したと言う事ができる。また、狭線幅レーザの周波数安定度をアラン偏差で評価した場合、平均時間1秒で約 2×10^{-15} となり、この値は高フィネス光共振器の熱雑音によって制限されている事が明らかになった。光周波数コムに関しては、1) jcss などの校正サービス、2) 高速制御型光周波数コムによる超高安定な光コムの実現、3) Yb 及び Sr 光格子時計の時計遷移励起用レーザへの線幅転送、4) デュアルコムを用いた超高帯域分光などの成果が得られた。長さの特定標準器である「光周波数コム装置」については、jcss 校正1件、依頼試験5件及び所内校正2件を行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕光格子時計、光周波数コム、光周波数測定、ヨウ素安定化 He-Ne レーザ、ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザ、光通信帯

〔テーマ題目3〕時系・時刻比較の高度化に関する研究

〔研究代表者〕雨宮 正樹（時間周波数科 周波数システム研究室長）

〔研究担当者〕雨宮 正樹、渡部 謙一、鈴山 智也、
和田 雅人、奥田 敦子
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

時間周波数国家標準である UTC (NMIJ) を高安定化、高信頼化するとともに時間周波数比較精度を向上させ、標準供給を実施することが本テーマの課題である。平成25年度は、更新水素メーザの時系への組み込みと恒温化、老朽化した水素メーザのオーバーホールの実施、原子時計間の高精度計測システム並びに高精度周波数調整技術の実現など目標どおり実施した。その結果、高安定高信頼な UTC (NMIJ) を発生し運用することができた。この UTC (NMIJ) を用いて高精度な周波数校正サービスを提供した。特に周波数遠隔校正サービスを通じて不確かさの小さいトレーサビリティ体系の実現に貢献した。遠方の時計の周波数比較技術としては GPS キャリアフェーズ法による国際比較の実施を行った。光ファイバを用いた比較法においてはマイクロ波による方式に加え、光キャリア方式による超高精度比較の検討を実施した。さらに衛星双方向、GNSS、ACES プロジェクト、VLBI など多彩な技術について関連機関と検討を進めた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕時間周波数標準、時系、標準供給、GPS、衛星双方向時間周波数比較、遠隔校正

〔テーマ題目4〕光波干渉による長さ標準の開発に関する研究

〔研究代表者〕尾藤 洋一

(長さ計測科 長さ標準研究室長)

〔研究担当者〕尾藤 洋一、平井 亜紀子、日比野 謙一、近藤 余範、寺田 聡一、鍛島 麻理子、堀 泰明、向井 誠二
(常勤職員7名、他1名)

〔研究内容〕

短尺ブロックゲージ、長尺ブロックゲージ、標準尺、光波距離計、平面度などに関して、標準供給と高度化を実施した。JCSS 制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣、技術的根拠のための依頼校正(参照値の付与)を行った。ブロックゲージに関しては、新規素材の評価を推進した。球面度、フリック標準機に関しては、新たに校正装置を開発し、依頼校正サービスを開始した。平面度に関しては、新たな原理(角度測定方式)に基づく測定装置を開発し、既存の平面度校正装置を超える測定精度を達成した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕ブロックゲージ、段差高さ、標準尺、距離計、干渉測長器、固体屈折率、長さ標準、平面度、球面度

〔テーマ題目5〕幾何学量の高精度化に関する研究

〔研究代表者〕阿部 誠

(長さ計測科 幾何標準研究室長)

〔研究担当者〕阿部 誠、渡部 司、藤本 弘之、鍛島 麻理子、佐藤 理、近藤 余範、大澤 尊光、福島 博之、堀口 美央、増田 眞文、呂 明子
(常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

ステップゲージ、ボールバー、ボールプレート、ホールプレートの校正対象のサイズを拡大した。jcss 校正「ロタリエンコーダ」を2件行った。依頼試験校正について、「CMM による幾何形状測定」34件、「ステップゲージ」3件、「ボールプレート・ホールプレート」:1件、「多面鏡」:3件、「オートコリメータ」:3件の計44件を実施した。これまで標準供給を宣言した11項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS 認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として ISO 化1件(プロジェクトリーダー)、JIS 化3件、ISO 原案開発における国際エキスパート、国内委員会委員等の派遣を行い、JIS 原案開発における委員等の派遣を行った。ステップゲージについてインド NPLI の二国間国際比較の幹事国として国際比較を進めた。二次元グリッドについて標準供給の立ち上げに向けた技術開発を進めた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕幾何寸法・幾何形状、角度標準、座標測定機、ステップゲージ

〔テーマ題目6〕ナノメートルスケール寸法・形状標準の開発に関する研究

〔研究代表者〕権太 聡(長さ計測科 ナノスケール標準研究室長)

〔研究担当者〕権太 聡、土井 琢磨、直井 一也、三隅 伊知子、菅原 健太郎、堀 泰明、木下 和人(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

測大型原子間力顕微鏡、走査電子顕微鏡、干渉顕微鏡、触針式粗さ計などについて、標準供給と高度化を進めた。依頼試験校正について、「触針式段差・深さ」1件、「線幅(フォトマスク)」1件、「表面粗さ」1件の計3件を実施した。これまで標準供給を宣言した8項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS 認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として、ISO 化、JIS 化、JIS 改正作業における国際エキスパート、国内委員会幹事補佐・委員等の派遣を行った。ナノ粒径に関するアジア地域の国際比較の共同幹事国として、最終報告書の策定に向けた測定データの取り扱いの検討を台湾の機関と協力して進めた。線幅(パターン寸法)については、矩形断面を有するラインパターンの垂直側壁を含む正確な三次元形状を、原子

間力顕微鏡の特殊な走査法を適用することで実現し、国際比較への参加の準備を完了した。また、超微細スケールの校正を念頭に、超高分解能レーザ測長技術や小角入射 X 線回折技術の適用を進めた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】微小寸法、微細形状、表面性状、顕微鏡

【テーマ題目7】質量力関連標準の開発と供給

【研究代表者】上田 和永

(力学計測科 質量力標準研究室長)

【研究担当者】上田 和永、孫 建新、植木 正明、

大串 浩司、水島 茂喜、林 敏行、

前島 弘、西野 敦洋、小森 昌史

(常勤職員9名)

【研究内容】

質量標準に関しては、多数の校正依頼に対応し着実に標準供給を行うと共に、微小質量計測の現状と技術開発の動向を調査した。キログラムの定義改正後に必要となる標準器の維持技術の開発に着手した。力標準に関しては、着実に標準供給を行うと共に、傾斜台を利用した六分力計の性能評価を試みた。トルク標準に関しては、開発した小容量10 N・m トルク標準機についてドイツ PTB との間で国際比較を行い、同等性を確認した。小容量トルクメータの校正範囲の更なる拡大および小容量参照トルクレンチの校正方法の確立に向けた研究を継続した。重力加速度標準に関しては、基幹国際比較および国土地理院などとの定期的な国内共同観測に参加し、重力加速度計測の国際整合性確保に協力した。このほか JCSS トレーサビリティ制度に関しては、質量・力・トルクの各技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力すると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなど JCSS 認定機関に協力した。特に今年度は、分銅の2つの技能試験プログラムの運営でも技術支援を行い、貢献した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】質量、力、トルク、重力加速度

【テーマ題目8】圧力真空標準の開発と供給

【研究代表者】藤井 賢一

(力学計測科 圧力真空標準研究室長)

【研究担当者】藤井 賢一、吉田 肇、杉沼 茂実、

新井 健太、小島 桃子、梶川 宏明、

飯泉 英昭 (常勤職員7名)

【研究内容】

校正事業者登録制度 (JCSS) における圧力標準、真空標準、リーク標準についての特定二次標準器の校正と依頼試験による校正を進めると共に、各標準の整備と校正技術の高度化を進めた。国際比較については、国際度量衡委員会 (CIPM) 質量関連量諮問委員会 (CCM)

の基幹比較及びアジア太平洋計量計画 (APMP) の基幹比較を進め、液体高圧力標準、真空標準、リーク標準などの基幹比較を幹事所あるいは参加機関として推進し、国際同等性を確保した。新たな研究開発については、グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準として水素ステーションなどにおける圧力計測の信頼性を確保するために100 MPa までの気体高圧力標準の開発に継続して取り組み、液体潤滑法による気体圧力校正装置などを整備した。また、当研究室で開発した特許技術「標準コンダクタンスエレメント」を用い、企業との共同研究によって定量ガス流量導入器を製品化し、ガスバリア膜のガス透過度評価に貢献した。その他に昨年度からの継続テーマである気体低圧力標準・液体高圧力標準の開発、中真空発生方法・分圧発生方法・リーク発生方法についても開発を進めた。リーク標準については He、N₂、R134a についての依頼試験を行い、フロン規制のための評価技術の開発に貢献した。JCSS については、圧力の技術分科会における検討事項の提案、技術的要求事項適用指針改訂へ協力、校正事業者の登録審査や定期検査における技術アドバイザーとしての審査への協力、圧力・真空の技能試験への参照値の提供に係わる協力を行った。特に組立量としてリーク標準の JCSS を立ち上げるための準備を行った。技術基準の作成に関しては、「JIS B 7610重錘形圧力天びん」「JIS Z 0029真空計の校正値の不確かさ評価」、「JIS Z 2330非破壊試験—漏れ試験方法の種類と選択」、「JIS Z 2332圧力変化漏れ試験方法」の原案作成に協力した。また、隔膜真空計と熱陰極電離真空計の国内外規格の作成に協力した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】圧力標準、真空標準、重錘形圧力天びん、高精度圧力計、真空計、リーク標準、分圧標準

【テーマ題目9】質量計の試験検査

【研究代表者】根本 一

(力学計測科 質量計試験技術室長)

【研究担当者】根本 一、福田 健一、大谷 怜志、

高橋 豊 (常勤職員4名)

【研究内容】

質量計に関する法定計量業務 (特定計量器の基準適合性評価：型式承認試験及び基準器検査) を計量法の技術基準に基づき実施した。また、OIML 条約に基づく国際勧告 (OIML-MAA) に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を実施し、テストレポートの発行を行った。非自動はかりの性能評価を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試験 (非自動はかりの指示計及びロードセル) を実施。また、これらの試験に使用する設備の整備及び OIML 勧告に従った試験において、品質マネジメントシステム ISO/IEC17025に基づく機器管理を実施した。

国際法定計量に関し、国際法定計量調査研究委員会、作業委員会へ積極的に参加・協力し、常に国際基準・規格に対応するように技術能力の確保に努めた。また、質量計用ロードセルに関する OIML TC9の国際会議にも参加・協力した。その他、JIS 規格の改正原案作成委員会及び計量調査事業（試買品検査）にも参加・協力し、産業界及び行政機関との連携を図った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕法定計量、型式承認、非自動はかり、OIML、基準器検査、天びん、分銅、NMIJ クラブ、法定計量クラブ

〔テーマ題目10〕音響・超音波標準の維持、供給及び開発

〔研究代表者〕堀内 竜三（音響振動科 音響超音波標準研究室長）

〔研究担当者〕堀内 竜三、松田 洋一、吉岡 正裕、高橋 弘宜、内田 武吉、山田 桂輔、米畷 和香子（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

音響関連では、音響測定器の jcss 等校正サービスについて、品質システムの継続的運用の下、jcss10件、騒音基準器検査15件、低周波域でのマイクロホン音圧感度の依頼試験1件を実施した。製品評価技術基盤機構が実施した技能試験において、仲介者の参照値付与として3件の依頼試験（計測用マイクロホン自由音場感度、サウンドレベルメータ自由音場レスポンスレベル、音響校正器音圧レベル）を実施するとともに、当該技能試験の遂行に技術アドバイザーとして協力した。JCSS 登録申請事業者に対しては、3件の登録審査を行った。また騒音源の定量的評価に不可欠な音響パワーレベル標準を確立するため、基準音源の校正技術開発を継続した。本年度は、無響室に板材を敷いて半無響室を構成した際における床面の音響特性評価を行い、音圧反射率の低下を防ぐため床面重量を増加させた。さらに空中超音波領域（20 kHz 以上）で用いる WS3マイクロホンの自由音場感度の校正範囲を可聴域（20 Hz～20 kHz）へ拡張するため、当該マイクロホンの外径と同径のプリアンプを設計・製作するとともに、校正値の妥当性評価を開始した。

超音波関連では、天秤法による超音波パワー校正、光干渉法によるハイドロホン感度校正の一次校正、同比較校正、超音波音場パラメータ校正の各標準を維持し、依頼試験を継続した。25年度には、超音波パワー校正は2件、ハイドロホン感度校正は27件、超音波音場パラメータは1件の依頼試験を実施した。また、医用超音波機器の性能、安全性評価や産業応用のニーズに応えるため校正範囲の拡張を進めた。超音波治療器や超音波洗浄機で求められる高出力超音波パワー標準として、カロリメトリ法による100 W までの校正装置の開発と、超音波診断におけるエコー画像分解能向上のニーズに対応するため、ハイ

ドロホン感度校正の周波数上限を40 MHz に拡張する研究開発が完了し、26年度より標準供給を開始する予定である。広帯域医用超音波やソノケミストリで要求される低周波数領域のハイドロホン感度校正については、相互校正法を用いた周波数帯域100 kHz～1 MHz の絶対校正装置により感度校正された基準ハイドロホンをを用いて、ユーザに標準供給するための比較校正装置の開発を行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕音圧レベル、標準マイクロホン、空中超音波、超低周波音、音響パワーレベル、超音波パワー、超音波振動子、超音波音圧、ハイドロホン、超音波音場パラメータ

〔テーマ題目11〕振動衝撃加速度・硬さ標準の維持、供給及び開発

〔研究代表者〕大田 明博

（音響振動科 強度振動標準研究室長）

〔研究担当者〕大田 明博、野里 英明、清野 豊、高木 智史、穀山 渉、服部 浩一郎、石神 民雄、山口 幸夫（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

振動測定は航空宇宙、自動車、建設、プラント、地震等、広範囲で行われ、その測定に用いられる振動加速度計は安価で大量の加速度計測を行うのに必要不可欠である。振動加速度計の校正サービス（jcss 校正及び依頼試験（特殊）；加速度振幅 0.03 m/s²～200 m/s²、振動数範囲 0.1 Hz～10 kHz、及び、依頼試験（一般）；ピーク加速度200 m/s²～5000 m/s²）は、レーザ干渉計と加振器で構成された校正装置によって行われ、品質システムに則り維持・管理されている。平成25年度の活動としては、校正サービス供給済み範囲に関して品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss 校正1件、依頼試験（一般）1件を実施した。幹事所として、国際比較（APMP.AUV.V-K1.1 振動数範囲：40 Hz～5 kHz、継続中）の結果を取りまとめ、Draft A を提出した。JCSS 制度における技能試験（振動数範囲：0.1 Hz～10 kHz、継続中）の結果の取りまとめ及び技術アドバイザー業務に協力した。また、衝撃加速度標準について、ピーク加速度範囲を50 m/s²～10000 m/s²に拡張すると共に、校正量目として電荷感度校正を新たに追加し、これらに関する品質システムの技術的部分の構築を完了した。角振動標準については、試作した校正装置の回転テーブル部分の改良を行い、0.01 %以下程度までの回転速度変動率を達成すると共に、産業界へ具体的な標準供給方法となる仲介標準器の開発を行った。

硬さ試験は機械部品等の強度特性を簡便に評価できる工業試験法であり、鉄鋼・自動車・航空を始め、幅広い産業分野で利用されている。平成25年度の活動としては、

硬さの国家標準として供給しているロックウェル硬さとビッカース硬さに関して、品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss 校正1件、依頼試験（特殊）1件を実施した。また、硬さ校正事業者の認定にかかわる技術アドバイザー業務を行った。ロックウェル硬さ B スケール標準に関して30 HRB~90 HRB の範囲で鋼球圧子および超硬球圧子を使用した場合での硬さ値の差のデータを収集し、不確かさ評価を行った。ロックウェル硬さ C スケールのダイヤモンド圧子形状の直接検証について、測定機の分解能向上の検討を進め、垂直方向、水平方向ともに1 nm の分解能を達成した。

シャルピー衝撃試験は破壊強度（特に遷移温度）を測定する材料試験法として、産業界で広く用いられているものである。金属材料のシャルピー衝撃試験の標準は当研究室で維持されており、依頼試験を通じて産業界に供給されている。平成25年度は、標準値維持のための比較測定を行い標準機3台の整合性確認を行い、JIS B7740 基準試験機の依頼試験を1件実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】振動加速度、衝撃加速度、地震計、振動試験、レーザ干渉計、金属材料、材料試験、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ、極微小硬さ、ナノインデンテーション、衝撃値、シャルピー衝撃試験、吸収エネルギー、遷移温度、脆性、材料試験

【テーマ題目12】抵抗温度計標準の維持供給及び高度化効率化

【研究代表者】山澤 一彰

（温度湿度科 高温標準研究室長）

【研究担当者】山澤 一彰、丹波 純、

Januarius V. Widiatmo、佐藤 公一、
原田 克彦、三澤 哲郎、斉藤 郁彦、
安曾 清（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

供給中の抵抗温度計の温度範囲-40℃~420℃については特定副標準器等の、660℃アルミニウム点においては特定二次標準器の校正を行った。-40℃~420℃までの国際基幹比較（CCT-K9）に参加し、幹事機関（米国NIST）に測定データの提出を行った。豪州との銀凝固点の2国間国際基幹比較の測定結果の解析を行った。熱力学温度計である音響気体温度計（Acoustic Gas Thermometer）の装置開発において、電磁波共振を利用した共鳴器の体積の精密測定系を構築した。表面温度計の校正を行うための基準熱盤の表面温度の推定の不確かさを評価した。JCSS 認定制度を支援するため、技術アドバイザーの派遣を行った。計量技術の普及、向上のため計量教習に講師派遣を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】標準、温度、抵抗温度計、温度定点、校

正技術

【テーマ題目13】熱電対標準の技術開発

【研究代表者】山澤 一彰

（温度湿度科 高温標準研究室長）

【研究担当者】山澤 一彰、井土 正也、小倉 秀樹、

増山 茂治、黄 毅

（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

熱電対校正用温度定点の銀点（962℃）、銅点（1085℃）、パラジウム点（1554℃）において特定二次標準器の jcss 校正、及び技能試験参照値の供給を行った。また、技能試験での活用を念頭にコバルト-炭素（Co-C）共晶点での校正対象を R 熱電対に拡大した依頼試験（特殊）を開始した。ロジウム-炭素共晶点（1657℃）の製作に着手した。不均質評価装置を利用して、白金/パラジウム（Pt/Pd）熱電対および R 熱電対のドリフトや不均質などの特性を評価すると共に、ロットの異なる R 熱電対の0℃~1100℃での補間特性を評価した。ルテニウム-炭素（Ru-C）共晶点（1953℃）実現装置を用い、タングステン-レニウム（W-Re）熱電対である Type C 熱電対の安定性評価を行い、国際会議にて発表した。また、民間企業との共同研究で、イリジウム-ロジウム熱電対の Ru-C 共晶点における特性を評価した。金/白金（Au/Pt）熱電対国際比較（APMP.T-S5）の最終報告書が公表された。Co-C 共晶点の国際比較（APMP.T-S7）については他国の測定結果待ちの状態にある。スウェーデン、豪の標準機関と、熱電対校正用 Co-C 共晶点、パラジウム-炭素（Pd-C）共晶点（1492℃）の共同研究を進め、国際会議にて発表した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】標準、温度、熱電対、共晶点、校正技術

【テーマ題目14】低温度標準の研究開発と維持・供給

【研究代表者】中野 享

（温度湿度科 低温標準研究室長）

【研究担当者】田村 収、中野 享、島崎 毅、

中川 久司、鷹巣 幸子

（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

アルゴンの三重点（84 K）で特定二次標準器（ロングステム型白金抵抗温度計）の校正を行った。カプセル型白金抵抗温度計の標準供給については、54 K までの温度領域の依頼試験を行った。震災後に停止していた気体温度計を復旧させ、これに関連する14 K~25 K までのカプセル型白金抵抗温度計の標準供給と、0.65 K~25 K のロジウム鉄抵抗温度計の標準供給を再開した。さらに0.65 K~25 K の校正対象を白金コバルト抵抗温度計へ拡大した。ネオンの三重点（25 K）の同位体依

存性測定の国際比較及び CCT-K1.1 (0.65 K~25 K) の基幹比較を継続した。国際基幹比較 CCT-K9では、アルゴンの三重点 (84 K) での測定結果を提出した。極低温抵抗温度計標準供給の立ち上げに必要な核断熱冷凍機の立ち上げを行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕1990年国際温度目盛、PLTS-2000、熱力学温度、白金抵抗温度計、気体温度計、温度定点、蒸気圧温度計、³He ジュールトムソン冷凍機

〔テーマ題目15〕放射温度標準の研究開発と供給

〔研究代表者〕山田 善郎

(温度湿度科 放射温度標準研究室長)

〔研究担当者〕山田 善郎、笹嶋 尚彦、清水 祐公子、福崎 知子、山口 祐、金子 由香、王 云芬、皆広 潔美
(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

高温域においては、不確かさの低減と測定の効率化を目指して開発した小型定点黒体炉を、特定標準器として登録して運用を開始し、これを用いて特定副標準器の定点黒体 (亜鉛、アルミ、銀、銅) の校正を実施した。金属-炭素系高温定点については、豪州標準研 (NMIA) との共同実験として Co-C および Pd-C 共晶点セルの比較評価を行い、また、アジア太平洋地域の標準研究所とのプロジェクトとして WC-C 包晶点セルの国際比較、及び Ru-C 共晶点セルの持ち回り測定を行った。中温域においては、160 °C~960 °Cの温度域における1.6 μm 単色放射温度計の依頼試験を実施した。また、160 °C~500 °Cの温度域における、赤外放射温度計の新たな校正サービスに向けた高放射率黒体炉の技術開発を行った。常温域においては、常温域黒体炉、赤外放射温度計の依頼試験を行った。熱力学温度測定技術に関し、絶対分光応答度評価技術の高度化に取り組んだ。JCSS 制度の運営に関し、現行の2500 °Cから2800 °Cへの温度域拡張と常温域の新たな JCSS 校正開始の準備を整え、また、非接触温度計分野の技術アドバイザー等による支援を行った。国際的には国際度量衡委員会のものワーキンググループ活動として960 °Cから3000 °Cの新たな基幹比較の立案に貢献した。アジア太平洋地域における156 °Cから2800 °Cまでの基幹比較・補完比較を幹事機関として開始したほか、海外の国家計量標準機関の CMC レビュー作業等に貢献した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕放射温度標準、JCSS、依頼試験、放射温度計、黒体炉、金属-炭素共晶、高温定点

〔テーマ題目16〕気体中水分の計測・制御技術に関する

研究開発

〔研究代表者〕阿部 恒

(温度湿度科 湿度標準研究室長)

〔研究担当者〕阿部 恒、天野 みなみ、橋口 幸治、丹羽 民夫、北野 寛
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

半導体製造や次世代のハイテク材料の性能評価等で必要とされる、気体中微量水分の標準発生技術の開発を進めている。窒素ガスに対する微量水分標準は既に確立しているが、これをさらに他のガス種へと展開するため、拡散管方式に基づく微量水分発生装置の開発を進めており、本年度は拡散管方式微量水分発生槽の開発と評価を行った。キャピタリリングダウン分光法に基づく高感度微量水分測定システムの高感度化を進め、ノイズの標準偏差100 pmol/mol (ppt) を達成した。

湿度標準供給については範囲拡大と効率化の研究を進めている。高湿度領域露点95 °C~-10 °C、低湿度領域露点-10 °C~-70 °C、微量水分領域1.2 μmol/mol (ppm) ~12 nmol/mol (ppb) の範囲で安定的な標準供給を実施しており、本年度の校正件数は27件だった。JCSS 制度の運営支援のため、技術アドバイザーを派遣した。APMP.T-K8 (露点95 °C~30 °C) の幹事機関として活動している。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕湿度、高湿度、低湿度、微量水分、拡散管、露点、物質分率(モル分率)

〔テーマ題目17〕気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕石橋 雅裕

(流量計測科 気体流量標準研究室長)

〔研究担当者〕石橋 雅裕、栗原 昇、森岡 敏博、船木 達也、岩井 彩、櫻井 真佐江
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

気体小流量、気体中流量、微風速、気体中流速の各標準の品質システムに関し、品質システムに従って維持、供給を行った。気体中流速に関する基幹国際比較 CCM-K3に参加し、LDV および超音波風速計トランスファーの測定を行った。新規の標準として、2014年度中の設定完了を目指し、水素ガス・都市ガス流量標準の設定、および大流速標準の設定を進めた。前者では、水素ガス用実用標準機の値付けを行い、後者では、気体中流量標準を基準として流速に変換するシステムを完成させた。ガスメーターの JIS 改訂への技術的支援、気体流量計の校正に関する JIS 改正、天然ガス計量に関する JIS 改正を進めた。特定標準器による校正、依頼試験を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加し、外国 NMI のピアレビュー

一も行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕気体流量・気体流速標準

〔テーマ題目18〕液体流量体積標準の研究開発・維持・供給

〔研究代表者〕寺尾 吉哉

(流量計測科 液体流量標準研究室長)

〔研究担当者〕寺尾 吉哉、嶋田 隆司、土井原 良次、古市 紀之、Cheong KarHooi、長島 豊、武田 一英、渡部 理夫、沼口 昌美、矢島 美代子、菱沼 裕子 (常勤職員5名、他6名)

〔研究内容〕

水流量については、従前と同じく0.005~3000 m³/h の範囲で特定標準器による校正、0.002~12000 m³/h の範囲で依頼試験を行った。石油流量標準については、0.1~300 m³/h 並びに0.022~67 kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行い、0.001~0.1 m³/h 並びに2.2×10⁻⁴~2.2×10⁻² kg/s の範囲に対して灯油及び軽油を使用した依頼試験を行った。また、0.1~15 m³/h 並びに0.022~3.4 kg/s の範囲に対しては、スピンドル油を使用した依頼試験を行った。さらに、体積標準を維持した。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕液体流量標準、石油流量標準、体積標準

〔テーマ題目19〕特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査

〔研究代表者〕森中 泰章

(流量計測科 流量計試験技術室長)

〔研究担当者〕森中 泰章、伊藤 武、安藤 弘二、藤本 安亮、菅谷 美行、堤 寛子、宮澤 豊 (常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

平成24年度に引き続いて型式承認試験(30型式)及び基準器検査(279件)を実施した。OIML R49(水道メーター)の依頼試験を立ち上げ、業界説明会を開催した上で、試験業務を開始した。国際勧告である OIML R117(自動車等給油メーター)のテストレポートを3件発行した。さらに、OIML R117の国際会議等に参加し、国際勧告への日本意見の反映に努めた。ガスメーターの JIS 原案を1本作成した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕特定計量器の適合性評価、OIML、JIS

〔テーマ題目20〕固体熱物性標準の整備

〔研究代表者〕山田 修史

(材料物性科 熱物性標準研究室長)

〔研究担当者〕山田 修史、渡辺 博道、阿子島 めぐみ、八木 貴志、阿部 陽香、山下 雄一郎

(常勤職員6名)

〔研究内容〕

固体材料を対象とした熱物性(熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量および薄膜熱物性など)に関する供給中の依頼試験および標準物質などの項目に関して外部へは遅延のない供給業務を遂行するとともに、それらの供給項目について NMIJ の品質システムに基づいた内部監査や校正設備の管理を実施し品質の維持管理を確実にした。熱拡散率標準の供給において、依頼試験での試験対象物を従来の等方性黒鉛から黒色試験片全般とすることにより適用範囲の拡張を図った。供給中の認証標準物質である NMIJ CRM 5803-a(熱膨張率測定用単結晶シリコン(低温))および CRM 5804-a(熱拡散率測定用等方性黒鉛)に関して有効期間の5年延長を行った。標準物質 RM1401-a(等方性黒鉛)についても同様に有効期間の延長を行った。また、新規認証標準物質 CRM 5805-a(熱膨張率測定用高純度銅)を開発した。熱流密度標準の新規供給に向けて校正システムの構築を進めると共に、その他各標準供給項目に関しての継続的な研究開発による校正技術の改良と高度化、不確かさの検証と低減化を進めた。熱物性関連の計測規格および標準化に関して、2色放射温度計測に関する JIS 測定規格委員会、低熱伝導率材料の熱伝導率測定法の標準化委員会、遮熱コーティングの熱伝導率測定の ISO 化に係る委員会、薄膜熱拡散率測定法の ISO 規格化に関する国内審議委員会などに参画した。国際比較関連として、2013年8月に TEMPMEKO 2013にあわせて開催された測温諮問委員会熱物性作業部会(CCT-WG9)においてレーザフラッシュ法による熱拡散率測定に関する CMC Review Protocol 案を提案した。また、Pilot を務める Supplementary Comparison を APMP. T-S9に関して2013年11月に Taipei, Taiwan で開催された APMP TCT meeting において作業進捗を報告した。分散型熱物性データベースに関して、不確かさが評価された計測装置による信頼性の担保された熱物性データを13件追加登録した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性、熱物性データベース

〔テーマ題目21〕密度・屈折率・粘度標準の開発と供給に関する研究

〔研究代表者〕藤田 佳孝

(材料物性科 流体標準研究室長)

〔研究担当者〕藤田 佳孝、菜嶋 健司、早稲田 篤、

倉本 直樹、竹中 正美、粥川 洋平、
山本 泰之、狩野 祐也
(常勤職員8名)

[研究内容]

密度・屈折率標準については、標準供給では固体密度に関する jcss および依頼試験による校正4件を実施した。次世代計量標準の開発では、参加しているアボガドロ国際プロジェクトおよび欧州計量研究プログラム (EMRP) の定期会合に出席し、プロジェクト参加機関によるシリコン28同位体濃縮結晶球体の持ち回り測定スケジュールの協議を行い測定実施に向けた調整に至った。プロジェクトにおける同位体濃縮シリコン球体の密度絶対測定高精度化に必要な球体体積測定のための光波干渉計の測定精度を目標である 2×10^{-8} まで高めるとともに、併せて必要となる球体表面酸化膜厚さ評価のための分光エリプソメーターの整備を進め、次年度予定されている産総研における同位体濃縮シリコン球体測定体制の準備を整えた。標準液校正による海水密度標準供給を目的として液中秤量法による水溶液密度の精密校正技術を開発し、目標とする拡張不確かさである約1 ppm での密度測定が可能となることを確認し、依頼試験による校正サービスを開始した。高温ヒートポンプ性能評価に需要のある流体 PVT 性質の校正サービス開始に向けて、磁気式密度計の高温・高圧化拡張の整備を進めた。外気に触れることなく低露点・低酸素環境下密度測定が可能な測定系を構築し、バイオ燃料の品質管理に必要な認証標準物質に対する密度校正の依頼試験を開始した。JCSS 制度への協力として登録審査における技術アドバイザーや適用指針改定に対応した。粘度標準については、依頼試験による粘度標準液校正10件を実施するとともに、バイオ燃料認証標準物質に対する均質性・安定性評価を含めた粘度校正を開始した。非ニュートン流体の粘度校正に向けた開発では、標準物質供給に向けた候補物質探索を進め、食品産業を視野に増粘多糖類水溶液等の開発および試作品に対する回転粘度計による流動特性・安定性の評価を行うとともに、校正装置である並進円筒落下装置の高精度化のための改良を進めた。粘度の国際基準値である水の粘度の見直しに向けた落球法による絶対測定技術の開発については、継続している落球落下速度に対する円筒型試料槽境界の影響補正のための円筒内径可変機構の構築において、懸案課題であった狭い空間での機構駆動方式に目途を立てた。

[分野名] 計測・計量標準

[キーワード] 密度、密度標準、シリコン結晶、密度標準液、PVT 性質、屈折率、キログラム、再定義、アボガドロ定数、格子定数、モル質量、粘度、粘度標準、粘度標準液、細管粘度計、回転粘度計、非ニュートン流体、落球法、粘度の絶対測定

[テーマ題目22] 応用電気標準の開発と高度化に関する研究

[研究代表者] 藤木 弘之 (電磁気計測科 応用電気標準研究室長)

[研究担当者] 藤木 弘之、岩佐 章夫、山田 達司、坂本 憲彦、昆 盛太郎、天谷 康孝、林 誠二郎、勝目 真弓
(常勤職員6名、他2名)

[研究内容]

- (1) 誘導分圧器標準、交流電流比標準、高調波電圧電流標準、交流シャント標準
誘導分圧器標準について4件の特定二次標準器等の校正、3件の依頼試験、交流電流比標準について1件の特定二次標準器の校正、4件の依頼試験を行った。交流シャント標準について次年度以降10 kHz までの拡大に向けて、研究開発を進めた。高調波電圧電流標準についてニーズ調査を行い、パワーアナライザ校正への検討を行った。
 - (2) AC/DC 標準、交流電圧標準
AC/DC 標準について、5件の特定副標準器の校正、3件の jcss 校正、及び1件の所内校正を行った。また、電力量標準で用いられる交直電圧比較装置の3件の依頼試験を行った。また、次年度以降の電流範囲拡大に向けて研究開発を進めた。電流用の薄膜型サーマルコンバータを試作し、交直差特性の評価を行った。交流電圧標準については、電圧の供給範囲を拡大した。次年度以降の周波数範囲拡大に向けて研究開発を進めた。交流プログラマブルジョセフソン電圧標準システムによるサンプリング測定回路を試作した。
 - (3) 中容量キャパシタンス標準、インダクタンス標準、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準
中容量キャパシタンス標準及びインダクタンス標準について、1件の技能試験及び1件の依頼試験を行った。また、次年度以降の供給開始に向け、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準の研究開発を進めた。蓄電デバイス内部のインピーダンスの周波数依存性の測定が可能な装置を設計、試作した。特に、大容量の蓄電デバイス評価を目的とした、1 mΩ レンジの低インピーダンス値を高精度に測定可能な装置の開発を行った。この装置で、1 mΩ 以下の大規模蓄電池群を用いた実証実験を行うとともに、不確かさ評価を進めた。
 - (4) 直流電圧計用標準
液体ヘリウムフリーな直流電圧計校正装置を直流電圧発生器の校正にも兼用できるように、移管を完了した。
- [分野名]** 計測・計量標準
[キーワード] 応用電気標準、実用電気標準、直流電圧、誘導分圧器、変流器、交流電圧、中容量、インダクタンス

〔テーマ題目23〕量子電気標準の開発と高度化に関する研究

〔研究代表者〕金子 晋久（電磁気計測科 量子電気標準研究室長）

〔研究担当者〕金子 晋久、福山 康弘、浦野 千春、堂前 篤志、丸山 道隆、大江 武彦、中村 秀司、飯田 保、渡辺 幸次、吉田 俊介、秋山 美郷（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

(1) 直流抵抗標準

直流抵抗標準について17件（jcss11、依頼2、所内2、科内2）の特定二次標準器等の校正を行った。また、25 Ω、100 Ω、10 kΩのQHR直接校正のjcss化を行った。次世代二次標準器として利用できる超安定小型100 Ωと10 Ω標準抵抗器の開発を終了し、共同研究先より販売が開始されている。他の抵抗値についても同様な抵抗器を開発し、評価中である。次世代量子ホール効果抵抗標準として、量子ホール抵抗アレイデバイスを作製し、従来素子との整合性を10 ppb以下で確認している。次世代の量子抵抗標準の材料として注目されているグラフェンの基礎研究をナノエレクトロニクス研究部門および米国国立標準研究所（NIST）と共同で行っている。また、名古屋大学と共同で、次世代抵抗器に用いるための材料の基礎物性研究・開発も行っている。

(2) 直流電圧標準

直流電圧標準について、6件の特定二次標準器等の校正を行った。システムの近代化に向け必要機材を整備し更新中である。液体ヘリウムフリーなプログラマブルジョセフソン電圧標準システムによる校正を可能にするための開発を完了し、標準供給に供与できる体制を整えつつある。次世代の高安定なツェナー標準電圧発生器の開発を企業と共同で行っており、測定系の改良とツェナー素子の経年特性の評価を継続中である。

(3) 交流抵抗標準、キャパシタンス標準

キャパシタンス標準について4件の特定二次標準器の校正、交流抵抗標準について2件の特定二次標準器の校正および1件の依頼試験を行った。次世代二次標準器として利用できる1 kΩ標準抵抗器の開発において、交流の見地から精密評価を行い、それが優れた周波数特性および位相角特性をもつことを明らかにした。また、抵抗値の長期安定性および温度依存性の評価を外部機関と共同で行っている。

(4) 交流ジョセフソン電圧標準

次世代交流ジョセフソン電圧標準として、プログラマブル駆動ジョセフソン電圧標準、パルス駆動ジョセフソン電圧標準について研究開発を進めている。前者は、主に低周波領域の交流電圧標準として応用電気標準研究室と共同研究を行っている。これまでに、実効

値で3 Vまでのサンプリング測定と、10 V以上の出力電圧を得るための素子改良に成功した。後者については、商用周波数から1 MHzの周波数範囲で任意波形の発生に成功している。この方法で発生した量子電圧雑音を基準として、ジョンソンノイズを精密に測定することにより、ボルツマン定数を再定義する研究を温度湿度科と共同で行っている。平成24年度まで問題となっていた外来の不要信号の除去に成功し、ボルツマン定数の精密測定に向けて大きく前進した。これらの研究において、そのジョセフソン素子はナノエレクトロニクス部門との共同開発である。

(5) 電流標準

直流量子電流の標準を開発している。NEC/理研グループ、フィンランド国立標準研究所（MIKES）と共同し、電子ポンプ素子として超伝導/絶縁体/常伝導/絶縁体/超伝導の接合素子（SINIS型素子）等を開発している。この素子の特徴は安定な高速動作が可能である。本年度は、SINIS型素子による電流生成を安定する新規手法を開発し、その物理的起源を数値計算によって明らかにした。また、半導体二次元電子系による単電子ポンプの研究もスタートした。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕量子電気標準、直流抵抗、交流抵抗、直流電圧、交流電圧、電流標準、キャパシタンス、量子ホール効果、ジョセフソン効果、単電子トンネリング効果

〔テーマ題目24〕高周波計測標準に関する研究

〔研究代表者〕島田 洋蔵

（電磁波計測科 高周波標準研究室長）

〔研究担当者〕島田 洋蔵、島岡 一博、Widarta P Anton、岸川 諒子、飯田 仁志、堀部 雅弘、木下 基、吉本 礼子、小寺 眞理子（常勤職員7名、他2名）

〔研究内容〕

高周波標準に関する校正業務では、高周波電圧に関するjcss校正を1件実施した。高周波電力については、jcss校正を14件、依頼試験を7件、技能試験および依頼試験（特殊）を2件、それぞれ実施した。高周波減衰量については、ピストン減衰器に関するjcss校正を1件、同軸可変減衰器に関するjcss校正を9件、依頼試験を3件、所内校正を4件、導波管可変減衰器に関する依頼試験を1件、所内校正を1件、それぞれ実施した。高周波インピーダンスについては、jcss校正を21件、依頼試験を14件、所内校正を39件、それぞれ実施した。また、標準開発においては、電力標準に関し、110 GHz～170 GHz帯の標準供給を新たに開始した。高周波インピーダンス標準に関し、PC3.5同軸の30 kHz～1 GHzへの周波数範囲の拡張のため、新たな参照標準器を開発し、

精度評価を完了して、標準供給を開始した。同軸減衰量標準では、高周波受信システムの改良を行い、40 GHz～50 GHz 帯への拡張を完了した。導波管減衰量標準では、75 GHz～110 GHz 帯への拡張開発を進めた。雑音標準では、新たに開発した評価手法に基づき標準雑音源の独自化技術の開発を推進した。テラヘルツ帯標準では時間領域分光測定システムの精度評価のため、新しい直線性評価デバイスの新規開発、テラヘルツ帯電力センサのプロトタイプの開発を行った。国際比較について、高周波インピーダンスに関する CCEM 国際比較および高周波電力に関する APMP 国際比較をパイロットラボとして推進するとともに、高周波誘電率に関するパイロットスタディのための準備を進めた。オープンラボおよび成果発表会において実験室公開を実施し、高周波電気量の基本量である高周波標準に関する校正設備を紹介するなど成果普及を行った。高周波クラブを3回開催し高周波標準の普及促進に努めるとともに、うち1回はタイでの RF セミナーとして開催し、高周波標準計測技術の ASEAN 諸国への普及を推進した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】高周波、マイクロ波、ミリ波、電波、信号伝送線路、電力計、減衰器、雑音源

【テーマ題目25】電磁界・アンテナ計測標準に関する研究

【研究代表者】黒川 悟

(電磁波計測科 電磁界標準研究室長)

【研究担当者】黒川 悟、廣瀬 雅信、森岡 健浩、石居 正典、飴谷 充隆、加藤 悠人、関川 晴子、山崎 芳樹、柿本 優

(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

ダイポールアンテナについて30 MHz～2 GHz の周波数範囲におけるアンテナ係数の校正サービスを行った。ループアンテナについて20 Hz～30 MHz の周波数範囲における磁界アンテナ係数の校正サービスを行った。50 Hz 並びに60 Hz の磁界強度標準の校正サービスを行った。EMI 規制測定用の1 GHz～6 GHz の広帯域ホーンアンテナであるダブルリッジアンテナの校正サービスを行った。50 GHz～110 GHz のミリ波帯標準ホーンアンテナに関するアンテナ利得校正サービスを実施した。1 GHz～6 GHz、50 GHz～110 GHz のホーンアンテナ利得およびパターン標準について、光デバイスを用いた測定技術の研究開発を推進した。30 MHz～1 GHz の EMI 測定用広帯域アンテナのアンテナ係数校正サービスについては、震災等により破損した設備等の改修が完了し、平成26年度内の校正再開の準備を行った。電界標準については、震災等により破損した設備改修が完了、新たな電波暗室も完成し、校正システムの再構築を最優先に進め、平成26年度に標準供給が可能となるよう準備

を行った。新しいアンテナ計測技術として光電界センサを用いた測定システムの研究開発を推進した。さらに、EMI 測定用電波暗室の妥当性評価手法の開発を行い、17公設研究機関との比較試験を実施するとともに、東北復興支援のために東北4公設研究機関との暗室性能評価に関する共同研究を継続して実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

【テーマ題目26】レーザ標準の開発と供給

【研究代表者】座間 達也

(光放射計測科 レーザ標準研究室長)

【研究担当者】座間 達也、福田 大治、雨宮 邦招、沼田 孝之、田辺 稔、(常勤職員5名)

【研究内容】

空間系のレーザパワーについては jcss 校正を4件、依頼試験校正5件、光減衰量(光ファイバ系レーザの応答非直線性)については jcss 校正2件、依頼試験校正5件を実施した。空間系レーザに関しては、1064 nm での応答度評価方法構築による二次元検出器校正技術の確立、800 nm 帯高出力 LD に対する標準器評価方法構築による光パワーメータ感度校正技術の確立を行い、これらの依頼試験を開始した。光ファイバ系レーザに関しては、カロリメータ吸収体反射率の入射波長一様性を評価し、1310 nm・1550 nm 帯パワーメータ校正・校正係数波長依存性試験を開始した。光パワーメータ応答直線性校正の波長範囲拡張に関しての検討・評価を進め、高速・高感度検出が可能な広波長帯域常温動作熱型光パワー標準器に関しては、標準器試作と特性評価を行った。国際比較に関しては、可視域レーザパワー (APMP.PR-S5) の幹事研究所として実施を主導し、ハイパワー国際比較 Euromet.PR-S2 part2 (1.06/10.6μm、100～1000W) 参加に向けた準備を進めた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】レーザパワー、光ファイバ

【テーマ題目27】光放射標準の開発と供給

【研究代表者】座間 達也

(光放射計測科 光放射標準研究室長)

【研究担当者】座間 達也、市野 善朗、薮 洋司、神門 賢二、木下 健一、丹羽 一樹、中澤 由莉、齊藤 一朗、塚田 勇二
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

分光応答度 jcss 校正3件、依頼試験15件、分光放射照度 jcss 校正3件、依頼試験2件、分光拡散反射率依頼試験2件、照度応答度依頼試験1件を実施した。分光全放射束標準の校正技術を確立し、依頼試験特殊を開始すると共に、赤外域での分光拡散反射率の校正技術を確立し、

依頼試験を開始した。紫外域での高強度 LED 全放射束標準確立に向けたアパーチャ検討と不確かさ評価、予備測定、点灯安定性評価等を通じ、光源及び光学系の整備・最適化を進め、分光放射照度（紫外）の短波長域への校正範囲拡張に向けた最適化、分光応答度（紫外、可視、近赤外）の校正範囲拡張（オーバーフィル条件）に向けた光学系整備・ビーム均整度改善を進めた。国際比較の内、CIPM 基幹比較に関しては、全光束（CCPR-K4）の幹事国として当該国際比較開始に向けた参加国との諸調整を進め、光度（CCPR-K3）に関する測定の実施、分光応答度（CCPR-K2. a, -K2. b）への参加に向けた準備を進めた。APMP 基幹比較では、光度（CCPR-K3. a にリンク）の幹事国として仲介器巡回を実施した。併せて LED 電球・照明等に関する試験方法や試験所認定等で利用される技能試験の国際的調和を目指して国際エネルギー機関（IEA）が開始した IEA 4E SSL Annex 活動に協力し、当該 Annex 技能試験の国内プロバイダとして、参加希望国内事業者に対する技能試験を実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】測光・放射測定

【テーマ題目28】医療・産業・先端研究等における放射線標準の開発・供給・維持

【研究代表者】齋藤 則生

（量子放射科 放射線標準研究室長）

【研究担当者】齋藤 則生、黒澤 忠弘、森下 雄一郎、

加藤 昌弘、田中 隆宏、清水 森人、

能田 理恵子、永沼 あき

（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

マンモグラフィ X 線標準に関して、W/Rh, W/Ag, W/Al 線質の標準供給を開始した。医療用リニアック高エネルギー光子線の水吸収線量標準を開発し、オーストラリアと2国間比較を行った。震災復興支援に関連して、環境レベル低線量率 γ 線の線量標準を確立するとともに、中硬 X 線の線量当量標準の供給を開始した。 β 線標準について、目のがん治療に用いられる Ru-106密封小線源の水吸収線量標準を確立するとともに、 β 線組織吸収線量の APMP 国際比較をパイロットラボとして遂行した。また、常温で動作する X 線自由電子レーザー用のカロリメータの開発に成功した。放射線線量計の校正に関して、jcss14件（ γ 線10件、水吸収線量1件、中硬 X 線1件、軟 X 線1件、 β 線1件）、依頼試験43件（ γ 線24件、水吸収線量7件、中硬 X 線6件、軟 X 線2件、 β 線4件）を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】線量標準、軟 X 線、中硬 X 線、 γ 線、 β 線、水吸収線量、医療用リニアック、X 線自由電子レーザー

【テーマ題目29】放射能特定標準器群の維持・向上、および中性子標準の開発・供給

【研究代表者】柚木 彰（量子放射科 放射能中性子標準研究室長）

【研究担当者】柚木 彰、原野 英樹、佐藤 泰、

松本 哲郎、海野 泰裕、増田 明彦、

瓜谷 章、河田 燕、山田 崇裕

（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

放射能標準に関して、放射性セシウムを含む玄米の標準物質を利用し、国内測定機関を対象とした技能試験を展開した。国際比較では、前述の玄米標準物質を用いた国際比較（APMP.RI(II)-S3. Cs-134.Cs-137）及び Fe-59放射能測定国際比較（APMP.RI(II)-K2. Fe-59）をパイロットラボラトリとして進めた。校正サービスについては、依頼試験46件を実施した。

中性子標準に関して、重水減速 Cf-252中性子フルエンス標準を立ち上げた。JAEA-TIARA の施設を利用した高エネルギー中性子フルエンス率標準は、2014年度立ち上げに向けて開発を継続した。国際比較については、連続スペクトル中性子標準の国際比較（APMP.RI(III)-S1）、速中性子フルエンス標準の国際比較（CCRI(III)-K11）に参加し、パイロットラボラトリに報告書を提出した。校正サービスについては、計量法に基づく特定二次標準器の校正4件、依頼試験1件を実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】放射能、中性子フルエンス、特定二次標準器、国際比較

【テーマ題目30】無機標準物質に関する研究

【研究代表者】三浦 勉

（無機分析科 無機標準研究室長）

【研究担当者】三浦 勉、野々瀬 菜穂子、大畑 昌輝、

鈴木 俊宏、朝海 敏昭、

チョン 千香子、和田 彩佳、

山内 喜通、城所 敏浩、石澤ゆかり

（常勤職員7名、他3名）

【研究内容】

平成25年度は、B、Se、Te 標準液の3種類の金属標準液を新規認証標準物質として開発した。Si 標準液の開発のために原料物質の純度決定および濃度測定法の開発を継続した。JCSS 標準物質として金属標準液認証標準物質33試料を指定校正機関に継続して供給した。海水栄養塩分析用標準物質（3水準）の均質性及び安定性評価を行って特性値を決定し、新規認証標準物質として開発した。また、鉛フリーはんだ候補標準物質2種類のディスクについて蛍光 X 線分析法等による均質性・安定評価を継続した。計測標準研究部門量子放射科及び（独）農研機構食品総合研究所と共同で放射性セシウム分析用玄米認証標準物質の第2ロットを開発した。3件の

CCQM 国際比較に参加した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕無機標準物質

〔テーマ題目31〕pH および電気伝導度の標準確立

〔研究代表者〕三浦 勉

(無機分析科 無機標準研究室長)

〔研究担当者〕三浦 勉、鈴木 俊宏、朝海 敏昭、

Maksimov Igor、大沼 佐智子

(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

Harned セル法による pH 測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類の pH 緩衝液に対するの保存安定性の測定を継続した。pH 標準液認証標準物質17試料を、JCSS 基準物質として指定校正機関に継続して供給した。電気伝導度セルの設計試作を行い、温度制御ほかの基礎検討を続けた。pH・電気伝導度関連の CCQM 国際比較 (CCQM-K99 りん酸塩緩衝液、CCQM-K105 海水の電気伝導率測定、APMP.QM-K19ほう酸塩緩衝液) に参加した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕pH 標準

〔テーマ題目32〕環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

〔研究代表者〕黒岩 貴芳

(無機分析科 環境標準研究室長)

〔研究担当者〕黒岩 貴芳、稲垣 和三、成川 知弘、

朱 彦北、宮下 振一、岩澤 歩美、

小口 昌枝 (常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

食品・環境分析における信頼性確保に資することを目的として、組成型標準物質の開発と分析技術の高度化に取り組んだ。

組成型標準物質に関しては、平成25年度は玄米粉末標準物質 (カドミウム・ヒ素分析用) を開発し、頒布を開始した。当該標準物質は、一次標準測定法である同位体希釈 ICP 質量分析法を中心として高分解能 ICP 質量分析、ICP 発光分光分析法、電気加熱原子吸光分析法などの複数の分析法によって値付けを実施して、トレーサビリティと国際整合性が確保された標準物質として供給している。その他、開発済みの標準物質の安定性の評価を継続するとともに、次年度以降認証予定の水道水 (微量元素分析用)、頭足類粉末 (微量元素分析用) の標準物質の候補物質を調製し、均質性試験等を開始した。

分析手法の高度化として、高精度、高感度な新規分析手法として、ヒ素化学形態別分析手法の開発、極微量での高感度分析手法、高精度分析のためのマトリックス除去法を開発した。一方、国際的な標準化の活動の一環として CCQM 国際比較に継続的に参加することで、標

準物質開発に関連する分析能力を示した。具体的には、血清中セレンメチオニン分析 (CCQM-K107) に参加するとともに、幹事ラボとして玄米中ヒ素化合物および全ヒ素量とカドミウムの測定の基幹比較 (CCQM-K108/P147) を実施した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕標準物質、分析技術

〔テーマ題目33〕標準ガスの開発・供給の研究

〔研究代表者〕下坂 琢哉

(有機分析科 ガス標準研究室長)

〔研究担当者〕下坂 琢哉、松本 信洋、渡邊 卓朗、

青木 伸行、安藤 美和子、

高田 佳恵子 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

新規の標準物質として低濃度酸素標準ガスを開発し、また新規依頼試験として窒素中三ふっ化窒素の定量を立ち上げた。標準物質のロット更新として、高純度メタン第3ロット、高純度二酸化炭素第2ロット、高純度一酸化炭素第4ロットの開発を行った。ホルムアルデヒド標準ガスについては、引き続き磁気浮遊式つり下げ天秤を用いた高精度の動的発生法による標準ガス発生法の検討、分析機器の整備を行った。新規開発の標準物質・校正サービスに対しては、ISO/IEC 17025及び ISO ガイド34に基づく品質システム整備等を行い、AS NITE 認定プログラムの中間検査を受けた。標準ガスに関する国際比較、CCQM-K101 (窒素中10 $\mu\text{mol/mol}$ 酸素の分析) に参加した。また、環境大気分析用の標準ガスの生産を目的として、質量混合法による高精度標準ガスの調製法について研究を進め、調製濃度の検証を行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕標準ガス、質量比混合法、温室効果ガス、高純度ガス、国際比較

〔テーマ題目34〕安全・安心に寄与する有機標準物質の開発と供給

〔研究代表者〕沼田 雅彦

(有機分析科 有機組成標準研究室長)

〔研究担当者〕沼田 雅彦、鎗田 孝、羽成 修康、

伊藤 信靖、大竹 貴光、稲垣 真輔、

岩澤 良子、青柳 嘉枝、松尾 真由美

(常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

水分分析用標準液とペルフルオロアルキル化合物 (PFAS) 分析用 ABS 樹脂標準物質を認証するとともに、既存のスズキ魚肉標準物質に PFAS 濃度を参考情報として追加した。PFAS の値付けには、信頼性の高い同位体希釈質量分析法のほか、適切な抽出および精製法を開発して値付けを実施した。一方、水分分析用標準液は調製法などを工夫することで、低濃度で小さな不確か

さを実現した。また、第4期以降に開発予定の標準物質について、値付けのための正確な分析法の開発を行った。さらに、関連する品質システムの整備、既存の標準物質の維持・延長（2物質）などとともに、ピアレビューへの対応を行った。そのほか、国内分析機関への分析精度管理に関する啓発などを目的として、玄米試料を用いた残留農薬分析の技能試験を主催し、58機関の参加者を集めた。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】組成型標準物質、有機標準液、高純度有機標準物質、環境標準物質、食品標準物質

【テーマ題目35】バイオメディカル計測標準の先導開発

【研究代表者】高津 章子（有機分析科 バイオメディカル標準研究室長）

【研究担当者】高津 章子、加藤 愛、絹見 朋也、藤井 紳一郎、川口 研、柴山 祥枝、山崎 太一、坂口 洋平、恵山 栄、吉岡 真理子、水野 亮子（常勤職員8名、他3名）

【研究内容】

臨床検査医学分野やバイオ分析分野において、測定結果の互換性や国際整合性の向上が求められている。そこで、計量学的トレーサビリティの構築を目指した上位の標準物質開発のため、生体成分を高精度かつ高感度に測定する分析手法の開発を進めた。アミノ酸のうちの2種類（メチオニン、シスチン）については、滴定法、窒素定量法およびクロマトグラフィーなどによる不純物測定法を用いて純度決定した純物質標準物質を新たに開発した。これまでに開発した標準物質の安定性評価を継続して行い、リボ核酸（RNA）、トリオレイン、コレステロール標準物質については有効期限の延長を行った。ISO/IEC 17025及び ISO ガイド34に基づく品質システム整備を行い、外国計量機関の専門家によるピアレビューを受けた。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】標準物質、臨床検査医学、バイオ分析、トレーサビリティ

【テーマ題目36】薄膜・表面評価技術の高度化と標準開発

【研究代表者】黒河 明（ナノ材料計測科 表面・ナノ分析研究室長）

【研究担当者】黒河 明、寺内 信哉、張 ルウルウ、林田 美咲、東 康史、城 昌利、福本 夏生、今村 元泰、熊谷 和博、内田 みどり、伊藤 美香（常勤職員9名、他2名）

【研究内容】

薄膜の二次イオン質量分析校正用の多層膜標準物質として、デルタ BN 多層膜（CRM5205-a）を開発し認証を受けて供給を開始した。外部機関からの依頼によって行う依頼試験として、X線反射率法を用いた薄膜・多層膜構造材料の各層の膜厚校正サービスを開始した。これまで供給している標準物質の維持のための安定性評価を継続的に行った。ナノ材料の欧州規制等に対応するため計測機器開発コンソーシアムに参画し、ナノ材料の分析・評価技術の研究を進めた。ナノ構造化材料を三次元可視化するための電子線トモグラフィーの高度化を進め、高分解能の三次元像の取得に成功した。国際的な標準化活動の一環として CCQM 国際比較に参加し表面電子分光法による薄膜組成の定量分析（CCQM-P140）を実施した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】薄膜、多層膜、組成、ナノ構造、材料分析、材料標準物質、表面電子分光法、電子顕微鏡

【テーマ題目37】材料分析標準の研究、開発、維持

【研究代表者】伊藤 賢志（ナノ材料計測科 ナノ構造化材料評価研究室長）

【研究担当者】伊藤 賢志、川原 順一、富樫 寿、平田 浩一、高塚 登志子、山脇 正人、後藤 寛子（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

500ピコ秒未満の陽電子寿命を持つ金属、半導体や類似試料を対象とした陽電子消滅寿命測定の精度管理、測定方法および測定結果の妥当性確認に用いることができる認証標準物質「陽電子寿命による空孔欠陥測定用単結晶シリコン」（CRM5606-a）を開発した。また供給中の認証標準物質の安定性試験を行い、品質に問題がないことを確認した。構造物の疲労検査や材料研究へ適用可能な陽電子寿命計測に関する非破壊検査方法の高度化を行うとともに、マトリックス支援レーザ脱離イオン化質量分析法、イオンビームを用いた2次粒子計測高感度表面分析法によりナノ有機薄膜材料の測定、及び、放射化分析法によりひ素ドーピングシリコン材料の測定をそれぞれ行い、これらの分析法の感度や再現性に関するデータを取得した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】材料分析、イオン注入標準物質、微細空孔標準物質、質量分析、ナノ・サブミクロン粒子

【テーマ題目38】粒子標準の開発と供給

【研究代表者】桜井 博（ナノ材料計測科 粒子計測研究室長）

【研究担当者】飯田 健次郎、加藤 晴久、坂口 孝幸、高橋かより、高畑 圭二、水野 耕平、

大沼 恵美子（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

粒径、気中と液中各々における粒子数濃度、比表面積、高分子分子量の標準について、依頼試験業務や標準物質供給を行うとともに、標準の新規開発や高度化を進めることを目標としている。今年度は、超臨界流体クロマトグラフィー法を用いた均一重合度オリゴマー標準物質と、ナノ粒子比表面積標準物質（酸化チタン3種）の開発を完了した。また、液中粒子数濃度標準の粒径範囲下限を2 μm へ拡張した。動的光散乱法、静的光散乱法、流動場分離法、計数ミリカン法、電気移動度法、パルス磁場勾配核磁気共鳴法による粒径、粒子質量、分子量の値付けを高精度化する研究を進めた。発生器型気中粒子数濃度標準の完成に向けた研究を進めた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕粒径、粒径分布、粒子質量、粒子数濃度、比表面積、分子量

〔テーマ題目39〕不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

〔研究代表者〕田中 秀幸（計量標準システム科 計量標準基盤研究室）

〔研究担当者〕田中 秀幸、城野 克広、城 真範（常勤職員3名）

〔研究内容〕

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓発活動を行うことを目標としている。今年度は、測定結果の同等性評価、校正期間や補正限界の最適化、抜取検査を含む実用的問題にモンテカルロ法、及びベイズ統計を利用した手法の提案・高度化を行った。さらに、中上級者を対象とした2日間にわたる不確かさ講習会の開催、校正・計測に関わる不確かさ評価の技術相談、不確かさクラブの主宰と不確かさクラブ総会の開催を含む普及・啓発活動を行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕不確かさ評価、試験所間比較、トレーサビリティ、適合性評価、ベイズ統計

〔テーマ題目40〕有機化学標準の開発と供給

〔研究代表者〕沼田 雅彦（計量標準システム科 有機標準基盤研究室長）

〔研究担当者〕沼田 雅彦、石川啓一郎、清水 由隆、羽成 修康、北牧 祐子、山崎 太一、吉村 恵美子、谷口 幸子、藤木 直美（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

JCSS 基準物質でもある MTBE と1,4-ジオキサン、および定量 NMR 用の3,5-ビス（トリフルオロメチル）安息香酸の3種の認証標準物質の開発を行い、ISO/IEC

17025及び ISO ガイド34に基づく品質システム整備等を行った。また、認証標準物質2種類（高純度 cis-1,2-ジクロロエチレンおよびバイオエタノール）の有効期限延長を行った。その他の既存の認証標準物質については安定性試験等安定供給に必要な作業、ピアレビュー対応などを行った。来年度以降開発予定の高純度（クロロ）フェノール類5種の候補標準物質について、純度評価法の検討などを行った。バイオディーゼル燃料標準物質については、候補標準物質の調製を行い、NIST と共同して元素分析についての国際比較（CCQM-K123）の提案を行った。また、均質性を確認した後、引き続き安定性試験を実施している。さらに、定量 NMR 技術に関する国際比較（CCQM-P150）を主催し、20機関からの報告結果の解析を継続中である。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕高純度有機化合物、有機標準液、燃料

〔テーマ題目41〕化学計量トレーサビリティ体系の高度化に関する研究

〔研究代表者〕井原 俊英（計量標準システム科 化学計量システム研究室長）

〔研究担当者〕井原 俊英、齋藤 剛、加藤 尚志、齋藤 直樹、山中 典子、鈴木 彰子、村上 雅代、大手 洋子、大塚 聡子、鮑 新努、宇佐美 佳代（常勤職員4名、他7名）

〔研究内容〕

国家計量標準機関の供給する標準物質（以下、国家標準物質）が整備されていない化学物質については、計量トレーサビリティの確保された標準物質の市場への供給がなされておらず、これまでは正確な計量が困難な状況にあった。そこで、標準物質の値付けに用いる校正技術を高度化することにより、国家標準物質の整備されていない化学物質であっても計量トレーサビリティを確保できる迅速かつ簡便な計測手法を開発した。農薬類標準物質及びアミノ酸類標準物質を中心に実用化研究を行っており、平成23年度より開始した産総研依頼試験による高純度有機標準物質の純度校正では、約170種の化学物質の校正サービスを提供中である。また、純度校正の中核技術として用いている定量 NMR（核磁気共鳴）法に関しては、日本薬局方及び食品添加物公定書に収載された。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕標準物質、計量トレーサビリティ

〔テーマ題目42〕ナノ・高分子標準物質の開発供給

〔研究代表者〕松山 重倫（計量標準システム科 計量標準基盤研究室）

〔研究担当者〕松山 重倫、衣笠 晋一、折原 由佳利（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

ナノ・高分子関連標準物質の研究開発については、プラスチック中の低分子成分含有量に関する認証標準物質について、RoHS 指令対応の標準物質に対する安定性試験と有効期限延長を1件行った。頒布中の認証標準物質2種に対して安定性試験を実施、頒布前の候補標準物質2種に対する安定性予備試験を行った。また、候補標準物質の混練り作業を2種実施した。

高分子分析あるいは分子特性解析技術においては、コロナ CAD 検出器の検出挙動を検討した。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 高分子標準、RoHS 指令、添加剤分析用標準

【テーマ題目43】 計量情報システムの適合性評価技術の研究

【研究代表者】 松岡 聡（計量標準システム科 計量標準基盤研究室）

【研究担当者】 松岡 聡、渡邊 宏（常勤職員2名）

【研究内容】

法定計量業務の支援の一環として、非自動はかり指示計のソフトウェア試験についての技術相談窓口に貢献した。また、企業などへの普及啓発の一環として計量器ソフトウェアクラブを力学量関連計測クラブと合同会合として開催し、計量器ソフトウェア認証についての発表を行い、計量器についてのソフトウェア認証の重要性について解説した。

計量器ソフトウェアの評価技術の研究としては、新しい評価技術の開発を目標として、計算アルゴリズムによる計算値の不確かさを評価する枠組みを整備するため、プログラム意味論を応用して計算値と一緒に誤差の伝播を求める手法を検討した。また、プルーフネットについての様々な計算を自動的に行う proof net calculator をプログラミング言語 Scala を用いて開発した。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 計量器ソフトウェア、ソフトウェア認証、ソフトウェア適合性評価

【テーマ題目44】 特定計量器の基準適合性評価に関する業務

【研究代表者】 上田 雅司

（計量標準技術科 型式承認技術室長）

【研究担当者】 上田 雅司、池上 裕雄、分領 信一（常勤職員3名）

【研究内容】

型式承認業務は、当科が担当するアネロイド型血圧計（電気式・機械式）、体温計（抵抗・ガラス製）、環境計量器に当たる振動レベル計、濃度計（大気）、濃度計（pH）及び非自動はかり（大型はかり）等の特定計量器のうち、34型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式の承認をするとともに、承認型

式軽微変更届出139件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IEC ガイド65）に則って、当科が実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。

その他、OIML（国際法定計量機関）の活動による、国際文書、勧告の発行に関する国内の各分野の作業委員会において、委員会メンバーとしてその内容の検討や審議を行う。また、これらの国際規格を国内規格へ反映する活動を行う。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 特定計量器の基準適合性評価、OIML、医療用計量器、環境計量器

【テーマ題目45】 法定計量業務及び計量標準供給業

【研究代表者】 三倉 伸介

（計量標準技術科 校正試験技術室）

【研究担当者】 三倉 伸介、田中 洋、西川 賢二、戸田 邦彦、浜川 剛、上田 雅司（兼務）（常勤職員6名）

【研究内容】

当科が担当する基準器検査（基準巻尺、特級基準分銅、基準手動天びん、基準台手動はかり、基準直示天びん、基準ガラス製温度計、基準フラスコ、基準ビュレット、基準液柱型圧力計、基準重錘型圧力計、基準密度浮ひょう、液化石油ガス用基準浮ひょう型密度計、基準酒精度浮ひょう、基準比重浮ひょう、基準重ボーメ度浮ひょう）2358件及び計量器の型式承認試験（体温計（抵抗・ガラス製）、アネロイド型血圧計（電気式・機械式））33件、比較検査（酒精度浮ひょう）13件、及び依頼試験（ガラス製体積計、内径・外径、標準球）4件を品質マニュアル（技術マニュアル）の適正な運用を図りつつ実施した。また、JCSS 体積計分科会、密度計分科会及び特定計量器に関する JIS 規格（体温計（抵抗・ガラス製）、ガラス製温度計）について、規格調整分科会及び専門委員会の審議に主導的に対応し、規格の発行に寄与した。その他、経済産業省からの依頼による試買品検査（一般体重計、調理用はかり）に対応した。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 法定計量、計量標準供給

【テーマ題目46】 長さゲージへの標準供給に関する研究

【研究代表者】 三倉 伸介

【研究担当者】 三倉 伸介、浜川 剛（常勤職員2名）

【研究内容】

法定計量業務のつくば集約に先行して移転した装置の再設定等を行った。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 長さゲージ

④【計測フロンティア研究部門】

(Research Institute of Instrumentation Frontier)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：山内 幸彦

副研究部門長：齋藤 直昭

首席研究員：鈴木 良一

所在地：つくば中央第2、第5、西事業所、中部センター

人員：54名 (54名)

経費：1,112,250千円 (397,277千円)

概要：

当部門では先端計測・解析技術の開発により科学技術や産業技術の発展に寄与することを目的に、計測機器開発：今まで未知であった対象を計測可能にする新たな計測技術や機器の開発、解析手法開発：計測結果から重要な情報を引き出す解析技術の開発、標準開発：技術の標準化や計測の基準となるデータベースの整備、の3つのフロンティア開拓に取り組んでいる。また、開発した技術を活用して、今までは理解できなかった現象や、その現象が発現する機構を解明するなど、社会に役立つ情報を提供している。このような研究開発を推進するために、特徴あるコア技術を持つ8つの研究グループをつくばセンターと中部センターに配置している。各グループの特徴は以下のとおりである。

- ・陽電子プローブグループ (つくば)
陽電子を使った原子スケールの欠陥計測と量子ビーム源の開発、小型化、省エネルギー化技術
- ・超伝導分光グループ (つくば)
超伝導検出器の開発と超伝導検出器を用いた各種分析装置の高度化
- ・イオン化量子操作グループ (つくば)
レーザー、イオンビーム等を活用した量子操作技術の開発と開発技術を用いた質量分析装置の高度化
- ・小型量子ビーム源グループ (つくば)
電子加速器技術を基盤とした X 線、テラヘルツ波等の分析プローブ開発とその計測分析への応用
- ・構造物画像診断グループ (つくば)
超音波、光ファイバ、干渉縞などを活用した材料、構造物の検査技術の開発
- ・ナノ顕微分光グループ (つくば)
各種顕微鏡、分光法によるナノ材料とその作製プロセスの計測、解析、評価、及び工業標準化
- ・精密結晶構造解析グループ (つくば)
X 線構造解析、固体 NMR 等による物質、材料の構造や状態の解析
- ・マルチスケール統合解析グループ (中部)
各種分光法と統計的手法による材料機能発現機構

の解析と評価・分析手法の規格化

各グループは有するコア技術を磨くとともに、新しい計測、分析技術の芽を育てている。

第3期中期目標期間 (2010年度～2014年度) においては、社会ニーズに応えるための重点課題として次の5つのテーマを設定し、各グループの連携により推進している。

1. ライフイノベーションのための計測分析技術開発 (有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発)
2. グリーンイノベーションのための計測分析技術開発 (多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究)
3. 安心安全のための計測分析技術開発 (インフラ診断技術の開発)
4. 先端計測分析機器の公開 (材料評価のための先端計測及び分析機器開発)
5. 国際標準 (ISO-IEC-JIS)、データベース (物質の分析・評価技術の開発と標準化)

以下に重点課題の進捗状況、外部資金による研究テーマ、及び各グループの活動状況を述べる。

【重点課題1】ライフイノベーションのための計測分析技術開発：超伝導分光 G、小型量子ビーム源 G、ナノ顕微分光 G、マルチスケール統合解析 G、イオン化量子操作 G

タンパク質の凝集が関係する特定疾患がある。その凝集の初期状態観察や凝集メカニズムを解明するために、計測分析技術開発を実施した。具体的には、凝集するタンパク質の構造解析や定量的評価を目指した円二色性分光計測技術開発と、凝集体やタンパク質複合体の分析を目指した超伝導分子検出器を搭載した質量分析技術の開発である。円二色性分光では、放射光ではなくランプ光源を用いた卓上型の真空紫外領域に対応した円二色性計測装置の高度化に成功した。特に縮小光学系の採用により、光スポットサイズを従来の10mm から40×80μm にまで縮小化することに成功した。これにより必要試料量を大きく低減、感度の向上に成功した。また本装置を用いて単糖から3糖の真空紫外円二色性スペクトル計測にも成功した。質量分析では、分子量に依存しない検出感度を有している超伝導検出器において、検出器構造に由来する超伝導電流の再分配により、カウントロス問題が発生していることを発見した。新たなデザインを考案することによりカウントロス問題を解決し、イオンビーム径同等の1cm サイズの超伝導検出器を実現する道筋を立てた。

X 線やテラヘルツ波を利用した生体イメージングは、産総研コヒーレント・テラヘルツ光源を用いることにより、0.1～5.0THz のコヒーレント放射の生成、及びリアルタイム・プロファイルイメージングに成功した。上記周波数範囲のうち0.1～2.0THz では、生体

に作用する模擬麻薬の吸収スペクトル測定を実現した。また、水溶液サンプルの測定として、2.0THz における水和タンパク質（BSA）の測定に成功した。

生体中ナノ物質のリスク評価に関して、ナノ粒子を貪食した肺胞マクロファージについて、受容体タンパク質である Toll 様受容体4の免疫染色イメージングを用いて、ナノ粒子貪食後のマクロファージの活性化状況の追跡を可能にした。また、切片化していないシロイヌナズナの芽生え・根及び葉の乾燥物に直接紫外パルスレーザーを照射してイオン化し、超高分解能フーリエ変換質量分析（FT MS）イメージングを行うことに成功した。装置に組み込むレーザー及び集光光学系を見直すことで、計測スループットを3倍以上向上することに成功した。また、FTMS イメージングにより生ずる大容量データから生体関連物質の局在性に関する情報を効率的に抽出するソフトウェアの開発に成功した。

【重点課題2】グリーンイノベーションのための計測分析技術開発（多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究）：陽電子プローブ G、超伝導分光 G、イオン化量子操作 G、ナノ顕微分光 G、精密結晶構造解析 G、マルチスケール統合解析 G

グリーンテクノロジー分野において重要な役割を果たす機能性材料やデバイス等の開発を推進するためには、機能発現機構などを詳しく調べることができる計測分析技術が必要とされている。そのための先端的な計測分析技術として、陽電子欠陥計測、過渡吸収分光、X 線構造解析、軽元素 X 線吸収分光等の分光分析、イオン化量子操作・質量分析等、統合的解析技術の開発などの計測・解析技術の開発を行い、グリーンイノベーション推進に貢献する。

本年度は、陽電子ビームを用いた原子レベルの欠陥計測装置において-150~200度の試料温度制御下での欠陥測定を可能にした。X 線吸収分光測定では、ダイヤモンド半導体中窒素の X 線吸収分光測定を実現した。X 線構造解析では、バイアス補正による密度変数の推定を実現し、単結晶構造の席占有率の精密化に成功した。イオン化量子操作ではナノ秒4色位相制御レーザー場フーリエ合成を行うとともに、有機材料分析でクラスター励起二次イオン質量分析を実証した。過渡吸収分光では、光触媒 in-situ 測定を実現し、水分分解初期過程として助触媒との反応を観測した。解析技術では、ヘテロ相関解析手法を確立し、有機材料の結晶相増加が変形を抑制することを明示した。

【重点課題3】安全安心のための計測分析技術開発（インフラ診断技術の開発）：構造物画像診断 G、陽電子プローブ G、小型量子ビーム源 G

各種のセキュリティ検査技術は、安全安心社会の

実現に必要不可欠である。構造物の安全性確保のために、全視野計測による構造物の変形分布評価技術、高エネルギーX線源を用いた非破壊検査技術を開発する。

全視野計測技術では市販のデジタルカメラを用いて、北九州市にあるスパン長約370メートルの若戸大橋の変形分布計測を行った。橋梁の交通量を監視するビデオカメラ映像で大型トラックが通過する時間に撮影された画像から橋梁が大型トラックの通過に伴って数センチメートルの大きさでたわんでいることを評価した。

小型 X 線源によるプラント配管等の検査を実現するために、厚さ70mm 以下の厚さのカーボンナノ構造体を用いた X 線源を開発するとともに、小型放射線線量計開発では移動しながらの線量モニタリング用の線量計開発に着手した。

コンクリート構造物の非破壊検査を行うには X 線透過力を高める必要があり、高エネルギーX線を小型システムで発生する装置開発を行った。具体的には C バンド（5GHz）高周波電子銃の開発を行い、電子加速に成功した。

【重点課題4】先端計測分析機器の公開（材料評価のための先端計測及び分析機器開発）：ナノ顕微分光 G、超伝導分光 G、陽電子プローブ G、精密結晶構造解析 G

当部門が開発した先端計測分析機器をユーザーに公開し、市販装置では対応できない研究開発課題の解決にチャレンジして適用例を蓄積する。同時に、ユーザーズを反映させて改良を行うことで、分析解析手法を高度化して確立する。これらの計測分析の支援によりイノベーション推進に貢献する。

陽電子プローブアナライザー装置に、高分解能半導体検出器を用いた消滅ガンマ線の検出機構を追加し、陽電子寿命快速と電子運動量分布測定の複合欠陥の評価を可能にした。表面プローブ顕微鏡では、溶液中での精密な形状計測技術を開発し、かつ、探針起因のナノ構造の形状測定誤差を半減した。また、新規にレーザー生成プラズマを用いて生成したパルス光を光源とする極端紫外光励起光電子分光装置（EUPS）の公開を開始した。これら開発した公開装置で、企業等からのさまざまな相談や支援依頼に対応し、所内外に対して350件（昨年度231件）の研究開発支援を実施した。

【重点課題5】国際標準（ISO-IEC-JIS）、データベース（物質の分析・評価技術の開発と標準化）：構造物画像診断 G、ナノ顕微分光 G、マルチスケール統合解析 G

計測分析技術を広く普及させるためには、国際標準化が必要不可欠である。工業用カーボン材料などの熱膨張係数を2000℃以上の温度で計測可能にした。原子間力顕微鏡（AFM）の一種である電気測定 AFM に

ついて、産総研が作成した試料を用いた国内機関による持ち回り試験を行ったところ、機関間で一致した結果が得られた。この成果に基づき、民間企業との共同研究を開始することができた。

データベースについては固体 NMR のスペクトルデータの整備を継続して行った。

内部資金：

戦略予算

「超伝導計測デバイスの開発」

外部資金：

経済産業省受託

「平成25年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力） 微細形状計測」

「戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：ナノ材料の安全性評価基盤に関する国際標準化）」

文部科学省受託

「微細構造解析プラットフォーム実施機関」

財団等受託研究費

「産業用 X 線照射装置の大線量冷陰極 X 線管の開発」

「鉄筋コンクリート用小型リアルタイム X 線非破壊検査装置の開発」

「次世代構造部材創製・加工技術開発」

「小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による最適なイメージング手法の開発」

科研費補助金

「ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究」

「分子性結晶三ヨウ化ホウ素と四ヨウ化スズの高压力下の構造物性研究」

「マイクロリアクター内のソノケミストリーとソノルミネッセンスの研究」

「新奇な圧力誘起水素-炭素間相互作用の制御とその機構解明」

「質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析」

「超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析」

「レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精細医用イメージング技術の研究」

「イオン・陽電子同時照射系を用いるトランジェント陽電子計測法の開発」

「分子トンネルイオン化の量子制御を利用したレーザー場フーリエ合成」

「レーザーコンプトン散乱 X 線による可視不能生体材料のリアルタイム可視化装置の開発」

「二成分系ガスハイドレートのケージ占有性とゲスト-

ホスト間相互作用」

「有機導体の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発」

「固体 NMR による固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価」

「指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発」

「水晶振動子型水素漏洩検知器の屋外使用のための温度・湿度補正法に関する研究」

「イオン価数弁別可能な超高速超伝導ナノストリップライン分子検出器の開発」

「近接場過渡吸収イメージング分光装置の開発と次世代有機太陽電池への応用」

「生体光計測のための強度相関イメージング技術の研究」

「基板吸収型超伝導トンネル接合 X 線検出器の開発」

「イオン液体を用いた高集束性液滴ビーム源の開発：有機系試料の高精度 SIMS への展開」

「構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価」

「ファイバ・リング・レーザを用いた FBG 振動検出システムの開発」

「位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御と物質濃縮への応用」

「実時間観察可能な陽電子顕微鏡の開発」

「テラヘルツ領域での先駆的な円二色性・光学活性計測手法の構築と検出への挑戦」

「糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発」

「超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム2D テラヘルツ分光システムの開発」

「格子画像の位相情報に基づく大型構造物の高精度高速全視野変位・ひずみ計測法の開発」

「超短パルス制動ガンマ線を用いた欠陥分布3次元イメージングに関する研究」

「引張りによる高分子部材の構造変化を検出するレオ・オプティカル近赤外分光器の開発」

「強磁性体/超伝導体接合におけるアンドレーエフ反射およびスピン緩和に関する研究」

「FT-ICRMS 分析を用いた森林の溶存有機物の構成種とその変動メカニズムの解明」

「コヒーレント逆コンプトン散乱による大強度軟 X 線発生原理実証」

「コンビナトリアル手法を取り入れた照射環境下での経年劣化現象の解明・評価技術研究」

「微小カイラル超伝導体のエッジ電流による磁化の SQUID 測定」

「立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用」

発表：誌上発表140件、口頭発表330件、その他31件

陽電子プローブグループ

(Positron Probe Group)

研究グループ長：鈴木 良一

(つくば中央第2)

概要：

機能性材料の開発では材料中の原子レベル～ナノレベルの欠陥や空隙がその特性に大きな影響を及ぼすため、これらの極微構造を詳しく分析・評価できる技術が望まれている。当研究グループでは高品質・高強度の陽電子ビームやイオンビームを発生し、これらを計測プローブとした新しい極微構造評価技術の開発を行っている。

多くの機能性材料は、温度等によってその特性が大きく変化することから、今年度は、高強度短パルス陽電子ビームによる陽電子寿命測定装置の試料部の温度を制御できるようにして、原子～ナノレベルの空隙の温度依存性の観測を可能にした。

陽電子発生用電子加速器の技術を応用して非破壊検査用の超小型 X 線源の開発を行い、化学プラントの配管等の検査に利用できる厚さ70mm 以下の針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた可搬型 X 線源を開発した。また、携帯型放射線線量計の技術を応用して、移動しながら線量をモニタできる線量計の開発に着手した。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 4、テーマ題目 8

超伝導分光グループ

(Superconducting Spectroscopy Group)

研究グループ長：小池 正記

(つくば中央第2)

概要：

急速に高度化する産業分野、科学技術分野において、従来の分光分析手法の限界を越える性能の実現が必要不可欠になっている。超伝導を計測技術に応用すると、極微小エネルギー量子の検出、高い量子効率、高速応答を実現できる。このため、超伝導検出器を分光法に応用して、従来の限界を越える性能を有する計測分析装置として仕上げることをミッションとする。例えば、半導体検出技術では困難な軟 X 線のエネルギー分散分光が可能で、半導体中微量軽元素ドーパントの X 線吸収微細構造 (XAFS) 分光に応用している。質量分析は、分子量とイオンの電荷数の比 (m/z 値) によってイオンを分離分析する分析法で、 m を一意に決定できない、中性粒子を分析できないという限界があるが、超伝導検出器により、これらの限界を克服する真の質量分析が可能になる。生体高分子等のようなナノ粒子と X 線光子といった光量子を観測対象として、二原子分子といった低分子から非共有結合タン

パク質複合体のような数 MDa までの広い分子量範囲を分析対象とする。従来の質量分析の原理的制限を越える質量分析性能や、超精密な元素の分離を軟 X 線領域で可能とする光子分光性能を実現する。このような性能を、タンパク質凝集関連疾患の凝集メカニズム解明等に活用する。

平成25年度は、ライフイノベーション関連の計測分析技術開発において、分子量を一意に決定する超伝導ストリップイオン検出器の開発を進展させた。具体的には、検出器の信号読出し方式を新たに工夫し、大面積化を計った。また、トンネル接合検出器のパターンの3次元化を試み、先端計測および分析機器として、微量軽元素のナノ構造分析のために蛍光収量 X 線吸収分光システムの装置利用公開を進めた。さらに、計測デバイス作製用クリーンルームの効率的な運用を進めた。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 4、テーマ題目 6

イオン化量子操作グループ

(Ionization and Quantum Manipulation Group)

研究グループ長：齋藤 直昭

(つくば中央第2、第5)

概要：

生命現象の源であるナノ物質 (タンパク質など)、大気環境中の超微粒子等の物質、先端技術である高機能材料やナノデバイス等のナノ物質の計測・解析・評価技術の研究開発は重要である。その中で、質量分析は、「質量」の計測のみでなく、構造や反応性等の様々な性質の分析と評価が可能であるため、非常に重要な分析方法である。当グループでは、レーザー技術、イオンビーム技術、ソフトイオン化技術等を利用した試料抽出技術やイオン化技術等の質量分析に関する要素技術の研究開発、及び、これら先端的な要素技術から構成される質量分析装置の開発とその応用に関する研究開発を実施している。

今年度は、位相制御レーザー光の制御技術と物質表面改質手法の開発、特定原子種のレーザーイオン化超高度測定技術の改良、イオン液体クラスターイオンビームの生成制御技術の改良と TOF-SIMS 分析への適用、イオン付着イオン化質量分析の構造分析機能付加のための四重極-TOF 機構の構築と性能評価、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセス及び計測・解析・評価技術の研究開発を行なった。

小型量子ビーム源グループ

(Compact Quantum Beam Source Group)

研究グループ長：豊川 弘之

(つくば中央第2)

概要：

ライフインベーション、国民の安全安心への貢献を目的として、小型電子加速器技術をベースにした量子ビーム源の開発と利用研究、および放射線計測・イメージングの新技术に関する研究を行う。第3期中に、小型加速器を用いた高強度量子ビームと利用技術の実用化を目指す。得られた研究成果は、迅速な研究成果発信や装置公開を通じて産総研やユニットのミッションに貢献する。

今年度は、円偏光軟 X 線と光電子顕微鏡を用いた磁区観察手法の開発を行い、磁石表面の磁区の可視化に成功した。電子線形加速器を用いた再放出型陽電子顕微鏡の開発に取り組み、陽電子ビームの集束に成功した。新規セラミックシンチレータを用いて、陽電子消滅ガンマ線を計測する小型検出器システムを開発し、陽電子寿命の測定に成功した。テラヘルツ領域におけるフレネルロム型位相子を設計し、光学特性評価システムを構築した。カソードに電界放出冷陰極を装荷し、高周波の印加のみによって電子を発生して MeV 領域まで加速する、テーブルトップサイズの高周波電子銃を開発した。同電子銃へ C バンド (5GHz) 高周波を印加し、エネルギー100keV 以上の X 線発生に成功した。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 3

構造物画像診断グループ

(Structure Image Diagnosis Group)

研究グループ長：津田 浩

(つくば中央第2、西事業所)

概要：

全視野計測による材料の微視的変形から構造物全体の巨視的変形評価技術の開発、超音波伝搬状況を可視化することで構造物中の欠陥を容易に検出する構造物健全性評価システムの開発、並びに炭素材料の適用環境における材料特性評価とその評価手法の開発を行っている。

今年度の成果を以下に記す。モアレ現象を利用した全視野計測技術を材料の微視的な変形分布に適用する際に必要なサブミリ間隔の格子模様を UV エッチングにより作成することを試み、様々な格子パターンを作成することに成功した。同技術をスパン長約370メートルの北九州市若戸大橋のたわみ計測に適用して、ミリメートルオーダの精度でトラック通過に伴いたわみが大きくなることを定量評価した。また超音波可視化探傷においては電子デバイスなどに内在する欠陥を検出するシステムを民間企業と共同で開発した。工業用カーボン材料の使用環境である高温物性の計測では JIS R2207法に基づいて、2400℃までの高温での熱膨張を非接触法および接触法の両法で測定するプロトタイプ機を試作した。炭素繊維の単繊維による材料力学的特性評価では、曲げ試験方法を確立するため、スパ

ン長さなど試験条件が曲げ特性の測定結果に及ぼす影響を調べた。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5

ナノ顕微分光グループ

(Nanoscale MicroSpectroscopic Analysis Group)

研究グループ長：中村 健

(つくば中央第2、第5)

概要：

薄膜とこれに関わる表面・界面は典型的なナノ材料であり、機能性素子の要素として現代社会の基盤である種々の大規模システムを構築している。当グループでは、本年度も引き続き反応性の高い活性種が重要な役割を果たすこれらナノ材料及びその作製プロセスに関して、計測・分析・評価技術の研究開発を進めている。ナノ材料に関しては、構造・形状、組成、状態を各々各種顕微鏡法、質量分析法、分光法・光学的手法により計測分析する研究開発を進めた。ナノ材料の作製プロセスに関しては、ナノ材料作製で重要な活性種の巨視的・微視的状态を計測分析してプロセス制御に資する研究開発を進めた。なお本年5月に、計測対象を表す活性種計測技術研究グループから計測手法を象徴する新グループ名に変更して、現在に至っている。

今年度は、レーザー過渡吸収分光法によるナノ材料界面の分析・評価における励起光及び検出光の独立制御による測定の間隔分解能の向上、産総研オリジナルのレーザー生成プラズマ励起光電子分光法 (EUPS) によるナノ材料最表面分析・評価機器の公開、透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いたナノ粒子評価手法の ISO/TC229における国際標準化推進への展開、ISO/TC201における国際標準化策定の推進を通じた電気測定用の原子間力顕微鏡 (AFM) 等の走査プローブ顕微鏡 (SPM) 及び二次イオン質量分析法 (SIMS) による表面分析の高精度化、水晶振動子センサーを用いたプラズマ雰囲気等のナノ材料プロセス中の分圧計測技術の開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセスとその計測・分析・評価技術の研究開発を行なった。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 4、テーマ題目 5

精密結晶構造解析グループ

(Accurate Crystal Structure Analysis Group)

研究グループ長：後藤 義人

(つくば中央第5)

概要：

次世代産業における有望な材料の研究開発あるいは化学物質の安全安心な取扱い指針の確立のため、X 線結晶構造解析、固体 NMR (核磁気共鳴) 等の手法を中心に、主に固体の化学結合状態、原子配列・分子配

向状態の解析および相の同定に関する高度な計測解析評価技術を用いて、物質の重要な知見である原子構造・状態変化、イオン・分子種の移動現象の機構解明などを目的とした研究をおこなっている。とりわけ、環境・エネルギー分野において重要な次世代高性能エネルギー材料の開発のために、結晶構造、イオンの拡散機構および構造相転移等の現象を精密に評価する基盤技術の開発および知識の体系化を進めており、グリーンイノベーションの創出に向けた貢献を目指している。さらに、軽元素含有材料の結晶構造あるいは組成・状態変化について、精密 X 線回折測定、分光測定等の温度・圧力変化を含めた実験データを基に定量的な評価を行うために、計算化学、統計科学等の数理科学的方法の利用を目指して推定する手法の構築を進めている。

今年度は、単結晶精密構造解析法において、密度変数の推定による結晶構造モデル評価規準の構築を目指し、資源の豊富な軽元素である Ca を含有する Tc=20K 級の新規超伝導体の精密結晶構造解析を行った結果、単結晶構造の席占有率を0.1パーセント台の精度まで明らかにすることができた。また、固体 NMR 装置の公開により内外との共同研究を進めた。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4

マルチスケール統合解析グループ

(Multiscale Integration Analysis Group)

研究グループ長：兼松 渉

(中部センター)

概要：

非石油由来の高分子材料や排ガス浄化用触媒材料などグリーンイノベーションに資する新材料およびそのプロセスの設計指針を明らかにするために、系統的な計測とそのデータの解析により新知識の獲得・体系化を図る。具体的には、材料機能発現のために意図的に導入された不均質性（例えば、マトリクス中に分散されたナノ粒子の分散・化学結合状態などの空間ゆらぎや結晶構造の場所による違いなど）に注目し、これらと材料機能との間の関係を定量的に記述することを目指す。研究手段としては、分光学的手法等を用いて原子・分子レベルからサブミリサイズまでの異なるスケール（マルチスケール）での計測を行い、各種統計理論などによる解析（統合解析）を行って、どのスケールの因子が他の因子とどのように関連しながら機能発現を支配しているかを明らかにする。また得られた知識を基に、新材料の特性評価手法を中心とする JIS/ISO 等の工業標準提案にも取り組む。

今年度は、タケ材の水熱処理および化学処理によるマイクロナノ分子レベル構造の変化をそれぞれ走査型電子顕微鏡・固体核磁気共鳴・赤外吸収分光を用いて計測・解析した。それらから得られる情報を基に、タ

ケ材のナノレベルの構造モデルを構築した。また、二次元相関解析の一種であるヘテロ相関解析手法を、生分解性のポリ乳酸を主成分とする有機無機複合材料の赤外吸収スペクトルと熱機械スペクトルとの間の相関解析に適用することで、結晶相の増加が変形を抑制することを明示できた。一方、JIS/ISO 等の工業標準提案に向けた取り組みに関しては、マグネシウム中不純物酸素分析手法が ISO 新業務項目 (NWIP) として承認され、ジルコニア中イットリアの分析手法が JIS R1695として発行された。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

[テーマ題目1] ライフイノベーションのための計測分析技術開発

[研究代表者] 山本 和弘 (イオン化量子操作グループ)

[研究担当者] 浮辺 雅宏、高橋 勝利、志岐 成友、柏谷 裕美、全 伸幸、小池 正記、田中 真人、黒田 隆之助、平 義隆、豊川 弘之、早川 由夫、太田 一徳、井藤 浩志、藤原 幸雄、齋藤 直昭、中村 健 (常勤職員17名)

[研究内容]

ライフイノベーションのための計測技術開発として、組織から分子レベルの生体計測技術により生命現象を解明ために、飛行時間型質量分析法による分子量測定、質量分析分子イメージング、免疫透過電子顕微鏡法による生体内ナノ粒子物質イメージング、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、X 線及びテラヘルツイメージングの開発を行った。

- 1) 質量分析のための超伝導ストリップイオン検出器開発において、液体ヘリウムフリーの環境下で、単一磁束量子 (SFQ) 回路に基づく時間デジタル変換器 (TDC) の正常動作を確認した。また、超伝導検出器として世界最大サイズである1cm 角の超伝導ストリップイオン検出器 (SSID) を作製し、生体分子の検出に成功した。
- 2) 超高分解能フーリエ変換質量分析 (FT MS) とレーザーイオン化を組み合わせた分子イメージングにおいて、レーザーを高繰返し化し、集光光学系を改良するなどして、マトリクスフリー質量イメージングを6倍高スループット化した。
- 3) ナノ粒子の安全性評価において、ナノ粒子を貪食した肺胞マクロファージにおいて Toll 様受容体4産生の免疫組織学的解析手法を確立した。
- 4) 小型円二色性装置に縮小光学系を組み込むことで、光スポットのマイクロビーム化 (40×80μm) に成功し、必要試料量を10分の1以下にするなど、装置の高感度化に成功した。
- 5) テラヘルツイメージング分光装置では、発生源電子の超短パルス化を達成することでこれまでのイメージ

ング上限0.6THz から0.9THz 以上の画像を実現し、短波長化に成功した。X 線イメージング装置では LCS 用レーザーの高調波生成を実施した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕質量分析、TOF-MS、MALDI、ESI、生体分子、超伝導デバイス、円二色性、真空紫外、円偏光、透過型電子顕微鏡、TEM

〔テーマ題目2〕グリーンイノベーションのための計測分析技術開発

〔研究代表者〕鈴木 良一（陽電子プローブグループ）

〔研究担当者〕鈴木 良一、鈴木 淳、永井 秀和、大村 英樹、齋藤 直昭、中村 健、古部 昭広、松崎 弘幸、後藤 義人、山脇 浩、藤久 裕司、竹谷 敏、兼松 渉、丸山 豊、新澤 英之、木野村 淳、大島 永康、大平 俊行、小林 慶規、小池 正記（常勤職員20名）

〔研究内容〕

省エネルギーや創エネルギーに資する機能性材料や電子デバイス等では、微量元素や微小領域からマクロな領域に到る構造が機能発現に重要な役割を果たしている。これらを計測し制御することによって様々な機能を発現させることができる。しかしながら、軽元素や原子が抜けた空孔・空隙などは従来の計測技術では材料開発に必要な情報を得ることができない場合が多い。具体的事例としては、海水淡水化分離膜、ガスバリア膜、バイオプラスチック、太陽電池・燃料電池材料、光触媒、ワイドギャップ半導体、超伝導体などが挙げられる。これらの材料の詳細な評価を行うため、以下のナノ材料計測分析技術の高度化を進めた。

陽電子ビームを用いた原子レベルの欠陥計測装置においては、環境を変化させた時の機能性薄膜のサブナノ空隙計測を可能にするため-150~200度の試料温度制御下での測定を可能にした。X 線吸収分光測定では、ダイヤモンド半導体中の微量窒素の X 線吸収分光測定を実現した。X 線精密結晶構造解析では、バイアス補正による密度変数の推定を実現し、単結晶構造の席占有率の精密化に成功した。イオン化量子操作ではナノ秒4色位相制御レーザー場フーリエ合成を行うとともに、有機材料分析でクラスター励起二次イオン質量分析を実証した。過渡吸収分光では、光触媒 in-situ 測定を実現し、水分解初期過程として助触媒との反応を観測。解析技術では、ヘテロ相関解析手法を確立し、有機材料の結晶相増加が変形を抑制することを明示した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕陽電子欠陥計測、レーザー過渡吸収分光、X 線吸収分光、X 線構造解析、質量分析、相関解析

〔テーマ題目3〕インフラ診断技術の開発

〔研究代表者〕津田 浩（構造物画像診断グループ）

〔研究担当者〕卜部 啓、宮内 秀和、山本 哲也、遠山 暢之、李 志遠、王 慶華、鈴木 良一、加藤 英俊、豊川 弘之、平 義隆（常勤職員11名）

〔研究内容〕

本課題では構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発することを目標とし、具体的にはデジタルカメラを用いた高精度な変位分布計測技術、および超音波探傷装置や可搬型 X 線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。本年度は以下の研究を行った。1) サンプルングモアレ法による橋梁モニタリングを吊橋とコンクリート橋の二つに対して行った。吊橋は周期的なトラス構造を有することから、トラス構造を利用することで橋梁のたわみを計測できることを明らかにした。またコンクリート橋には床版と側板に格子模様を取り付け、橋梁の床面と側面が同期してたわむことを明らかにした。2) X 線を利用した非破壊検査技術については、カーボンナノ構造体電子源を利用した X 線管を用いて、配管などの狭隘部の検査を実現するため厚さ70mm 以下で110keV 以上の X 線を発生でき、焦点サイズが1mm 以下の可搬型パルス X 線源を開発した。放射線線量計開発では、個人向けの携帯型放射線線量計の技術をベースに、ロボット等に搭載して移動しながら線量をモニターするための線量計の設計及び原理実証試験を行った。3) 陽電子を利用した非破壊検査については、超短パルスガンマ線を用いた光子誘起陽電子寿命測定システムの時間分解能を評価した。評価結果は約170ピコ秒であり、陽電子寿命を測定するに十分な値であった。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕変形分布計測、構造物検査、イメージング技術、放射線線量計、光子誘起陽電子消滅

〔テーマ題目4〕材料評価のための先端計測及び分析機器開発

〔研究代表者〕齋藤 直昭

〔研究担当者〕志岐 成友、全 伸幸、浮辺 雅宏、小池 正記、古部 昭広、松崎 弘幸、井藤 浩志、中村 健、後藤 義人、大島 永康、木野村 淳、オローク ブライアン、鈴木 良一、大平 俊行、松林 信行、大久保 雅隆（常勤職員17名）

〔研究内容〕

新たな産業の創出と発展を先導するための先端計測や分析機器の開発と、オープンイノベーション通じた社会

への貢献のため、下記のユーザーニーズに対応した改良研究と装置の利用公開を行った。

- 1) 垂直入射型陽電子ビームラインに高分解能半導体検出器による電子運動量分布測定機能を付加し、複合欠陥の評価を可能にした。化合物半導体 (GaN) の塑性変形による欠陥種の同定などの評価に適用できた。
- 2) X線吸収分光装置では、エネルギー範囲拡大のため基板吸収型 STJ 検出器の試作を行い、X線検出器として動作することを確認した。5.9keV におけるエネルギー分解能は135eV (FWHM) であった。また、従来測定が不可能であった、窒素ドープダイヤモンドの窒素吸収端スペクトルの測定に成功した。
- 3) 可視-近赤外過渡吸収分光装置では、有機系太陽電池や発光素子のデバイスや要素材料、新しいハイブリッドナノ材料などの過渡吸収測定を行い、デバイスおよび材料開発の研究に有用なデータを取得してユーザーに提供した。研究機関に対しては基礎物性評価、企業に対しては実用化が期待されるデバイスやその材料の機能性評価に貢献した。
- 4) 表面プローブ顕微鏡では、実形状を精密に測定するために、溶液中での精密な形状計測技術の開発を行った。具体的には、大気測定では Adhesion Force が探針の動作を妨げることや、AFM 測定は測定時間が長いことなどの問題を解決するために、探針・試料を溶液中にに入れて探針先端と試料間の付着力を低減し、ファンデルワールス力等の長距離力の影響を軽減して安定な動作と高速な動作を可能にした。これらにより、探針に起因するナノ構造の形状測定誤差を半減できた。
- 5) 固体 NMR 装置では、固体酸触媒の酸性質を評価する方法を開発した。リン原子を含む塩基性プローブ分子を酸触媒に導入する新規な方法を提案した。試料は空気中の湿気を嫌うため、雰囲気を完全に制御して試料調製を行う手順を確立した。測定した固体高分解能 NMR スペクトルから酸性質の評価ができ、提案した方法の有効性を確認した。
固体触媒材料の表面状態観測では、リン原子を含む塩基性プローブ分子を用いて固体酸触媒の酸性質を評価する方法を適用し、触媒材料の設計・合成へフィードバックを行った。
- 6) 超電導アナログデジタル計測デバイス開発拠点 (CRAVITY) で、超伝導デジタル回路のチップ配布を開始し、かつ、公開セミナーを開催した。支援件数23件を達成し、登録ユーザー数は31名であるが、技術代行支援で実質的なユーザー数は45名であった。装置利用の課金収入は約1500万円であった。H26年3月には CRAVITY に関するシンポジウムを開催し、約60名の出席者を得た。
- 7) IBEC 機器公開によりユーザーの計測分析ニーズに対応し、所内外に対して合計350件の支援を実施した。支援時間割合 (平均) 30%以上の目標を達成した。

TecBIZ Expo 2013などの展示会にて公開機器についてのシンポジウムを開催した。

[分 野 名] 計測・計量標準

[キーワード] 蛍光 X 線、超伝導検出器、陽電子、欠陥計測、固体 NMR、レーザー分光法、過渡吸収分光法、走査プローブ顕微鏡 (SPM)、原子間力顕微鏡 (AFM)

[テーマ題目5] 物質の分析・評価技術の開発と標準化

[研究代表者] 兼松 渉

(マルチスケール統合解析グループ)

[研究担当者] 岩下 哲雄、永井 英幹、森川 久、

柘植 明、兼松 渉、山内 幸彦、

井藤 浩志、野中 秀彦、藤原 幸雄、

鈴木 淳、中村 健、大久保 雅隆

(常勤職員12名)

[研究内容]

本課題では、物質の分析・特性評価に必要な計測技術の研究及び標準化を行う。本年度は、以下の研究開発を進めるとともに、規格発行に向けた国内外の関係者との意見調整などを行った。1) 超高温熱膨張計測装置のプロトタイプ機を開発し、カーボン系材料の熱膨張率を最高2400℃まで接触および非接触法により同時計測を可能にした。2) ジルコニア中イットリアの化学分析手法に関する新規格 JIS R1695が発行された。マグネシウム中不純物酸素分析手法が ISO 新業務項目 (NWIP) として承認された。3) ISO 提案を目指している電気測定 AFM (走査型拡がり抵抗顕微鏡 (SSRM) 及び走査型キャパシタンス顕微鏡 (SCM)) において、デバイス材料中のキャリア濃度測定方法と標準試料の構成要件の最適化を行ったところ、イオン注入法と常温接合技術を用いて産総研が作製した試料の国内での持ち回り試験 (RRT) の結果が一致する等の進捗があったと同時に、これら成果を踏まえた民間企業との共同研究へも発展した。4) 超電導センサ通則に関する NWIP を IEC 専門委員会に提出した。

[分 野 名] 計測・計量標準

[キーワード] 超高温、熱膨張、イットリア、化学分析、転動疲労、原子間力顕微鏡、標準試料、超伝導センサー

[テーマ題目6] 軟 X 線光子に対する波高値スペクトル評価技術の確立

[研究代表者] 藤井 剛 (計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 志岐 成友、浮辺 雅宏、加藤 英俊、鈴木 良一 (常勤職員4名)

[研究内容]

超伝導トンネル接合 (STJ) アレイ検出器は、軟 X 線領域で半導体検出器より5倍以上高いエネルギー分解能を実現している。我々は、STJ 検出器を搭載した X

線吸収微細構造分析装置 (SC-XAFS) を開発し、SiC 中の300ppm 窒素ドーパント分析に成功した。より低濃度成分の分離分析を行うには、STJ 検出器の感度及びエネルギー分解能の向上が求められている。クリーンルーム整備により STJ 素子を安定的かつ短時間 (4日程度) で作製することが可能となった。一方で、容易に軟 X 線領域の光子を発生させる線源が無いため、放射光施設を使わずに検出器の応答特性評価を行うことが出来ない。

本研究では、軟 X 線源の開発とその線源を搭載した STJ 検出器評価用装置の開発を行った。開発した線源は、カーボンナノ構造体 (CNX) から成る電子源とアルミニウムターゲットで構成される。CNX に負の電圧を印可し、CNX から放出される電子をターゲットに入射し、特性 X 線を発生させる。1素子の大きさが100 μm 角の STJ 検出器を用いて測定した結果、印可電圧3 kV、電流0.1mA で、Al-K α (1487eV) を1kcps 以上計測した。この高輝度な線源を用いることで、エネルギー分解能を5分程度で評価することが可能となった。また、16個の波高値スペクトルを同時に測定可能な読み出し回路を整備することで、同一チップ上の素子の応答特性を16素子同時に評価することが可能となった。この装置開発により、放射光施設でしかできなかった軟 X 線に対する応答特性評価を実験室で行うことが可能となり、1か月で4チップ程度の特性評価が可能となった。

今後、本装置を使い、軟 X 線に対してより最適化された検出器を開発し、SC-XAFS の性能向上につなげる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】軟 X 線、検出器、超伝導、カーボンナノ構造体

【テーマ題目7】「革新的ソフトマテリアル」開発に向けた計測・解析技術の予備的研究

【研究代表者】兼松 渉 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】西田 雅一、早川 由夫、丸山 豊、新澤 英之 (常勤職員4名)

【研究内容】

プロジェクト開始が期待される「革新的ソフトマテリアル」の構造解析に必要な計測・解析技術候補の適用可能性について検証を行った。硬軟二種類のポリマーを混練し、軟質ポリマーを適度に硬化 (架橋) させることによって海島構造のような高次構造を有するソフトマテリアルのモデル材料を作成することに成功した。このモデル材料に対して低加速電圧 X 線 CT による観察を行った結果、ポリマーが二相に分かれる海島構造が確認できるとともに、軟質相に選択的に無機粒子が分布することが分かった。CT により得られた海島構造に関する三次元データに対して空間統計解析を行ったところ、成形時の材料流れに起因する異方性が生じていることが分かった。また、固体核磁気共鳴による解析の結果、軟質ポリマー

の架橋反応の進行度を交差分極測定により評価できることを明らかにした。これらの成果から、系統的に用意された材料に対して機能の評価を行い、上記の計測解析手法によりその構造の特徴を数値化することで、所要の機能を得るための構造およびそれを得るためのプロセスを提示できるものと期待された。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】ソフトマテリアル、ポリマー、高次構造、X 線 CT、空間統計、固体 NMR

【テーマ題目8】超伝導加速器による短パルス陽電子ビーム発生と材料計測への応用

【研究代表者】オローク・ブライアン

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】オローク・ブライアン、鈴木 良一、大島 永康 (常勤職員3名)

【研究内容】

陽電子は物質中で電子と消滅して γ 線 (光子) を放出する。陽電子消滅分光は、試料中の欠陥等を非破壊的に評価する最も有効な手法である。産総研では、電子線形加速器を利用して発生した高強度低速陽電子ビームにより世界最先端測定技術を開発してきた。近年陽電子ビームをマイクロビーム化することにより欠陥イメージングや実環境測定を成功した。その技術を公開し、産業ニーズに十分対応可能な施設を構築することを目標とし、陽電子ビーム強度を増強するための超伝導加速器の開発を開始した。

共振周波数500MHz の超伝導加速器モジュールによって5MeV の電子ビームを発生させるため、25年度には超伝導加速器用冷凍機システムを構築して液体ヘリウムの温度 (4K) まで冷却することに成功した。開発した電子入射器で発生した電子ビームを超伝導加速器に入射し、2MeV 以上の電子加速に成功した。今後は電子入射器を改造し、目標の5MeV 以上を達成して、高強度低速陽電子ビーム発生を目指す。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】低速陽電子ビーム、超伝導加速器、電子銃、陽電子発生

【テーマ題目9】プロトン導電性の新規マトリクスを用いた二次イオン質量分析 (SIMS) の高感度化技術の開発：プロトン付加反応の促進による有機・生体関連分子の二次イオン収率の増大

【研究代表者】藤原 幸雄 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】藤原 幸雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

二次イオン質量分析 (Secondary Ion Mass Spectrometry : SIMS) は、一次イオンビームを試料表面に照射することで生じた二次イオンを質量分析する手

法である。従来の SIMS では、酸素やセシウム等のイオンビームを用いていたが、高分子量域の二次イオンがほとんど検出できないという課題があった。

しかし、近年、クラスターイオンビーム照射を用いることで、有機材料等を構成する大きな分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学や医学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。クラスターイオンビーム照射の場合には、試料分子の分子構造を保持しつつ、気相 (=真空) 中に脱離させることができる点が大きな特徴である。

一方、クラスターSIMS の課題は、二次イオン収率の向上である。一般的に、イオンビーム照射によって試料表面から脱離する粒子の殆どは、二次イオンではなく電氣的に中性な原子や分子である。従って、有機・生体関連分子をソフトに、かつ効率的に二次イオン化する新しい技術が必要となる。

本研究は、分析試料の前処理を工夫することにより、SIMS の高感度化を目指すものである。本年度は、SIMS 装置の改造や分析試料設置部の製作等を行い、次年度における SIMS 分析の準備を進めた。次年度は、有機系試料に対する SIMS 分析を実施し、本手法の有用性を調べる予定である。

[分野名] 計測・計量標準

[キーワード] 表面分析、イオン化

⑤【計量標準管理センター】

(Metrology Management Center)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3-9

人員：26名 (19名)

概要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[計量標準管理センター]

センター長 白田 孝

[計量標準計画室]

室長 竹歳 尚之 他

[標準供給保証室]

室長 岸本 勇夫 他

[標準物質認証管理室]

室長 加藤 健次 他

[国際計量室]

室長 加藤 英幸 他

[計量研修センター]

センター長 衣笠 晋一 他

計量標準計画室 (Metrology Planning Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

計量標準の開発や供給を通じて産業界や社会のイノベーションを促進させるため、研究実施部門と密接に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・技術資料の発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、産技連知的基盤部会、NMIJ 計測クラブ、計測標準フォーラムなどと連携し、NMIJ ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

標準供給保証室 (Metrology Quality Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務 (申請書受付、証明書発行など) を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC ガイド65に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・ 特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・ 特定計量器の型式承認試験
- ・ 特定二次標準器の校正
- ・ 特定副標準器の校正
- ・ 技能試験参照値の付与
- ・ 研究開発品の頒布
- ・ その他計量に係わる試験・校正サービス

標準物質認証管理室 (Reference Materials Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務 (標準物質認証委員会の開催、標準物質認証書の発行等)、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

国際計量室

(International Metrology Cooperation Office)

(つくば中央第3-9)

概要:

計量標準・法定計量に関わる国際戦略策定の取りまとめ。国際メートル条約、及び国際法定計量条約に関係する各種国際会議・委員会・作業委員会（国際度量衡委員会、国際法定計量委員会等）への対応。国際相互承認（CIPM MRA、OIML MAA）への対応。計測標準研究部門が参加する国際比較等の支援・管理。二国間 MoU に基づく国際活動の取りまとめ。JICA プロジェクト等の研修事業の支援。途上国向け技術研修の受入支援。国際機関事務局（APMP 及び APLMF）との連絡・調整などを実施している。

計量研修センター (Metrology Training Center)

(つくば中央第1)

概要:

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化し、産総研に合流した。

年間約600人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習（濃度、騒音、振動関係）、及び計量行政機関の職員並びに計量士になろうとする者のための特定教習などを企画し実施している。また、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

業務報告データは、計量標準総合センターの業務報告データに記載。

⑥【計量標準総合センター】

(National Metrology Institute of Japan)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3

概要:

計量標準総合センター (National Metrology Institute of Japan : NMIJ) は、計測標準研究部門、計量標準管理センターに加え、10月の組織規則の改正により、計測フロンティア研究部門、生産計測技術研究センター、計測・計量標準分野研究企画室が追加され、現在計5部署から構成される。計量標準の整備は計測技術の研究開発とともに、計量標準総合センターの重要なミッションであり、産業技術の基盤として大きな発展が望まれている。計測標準研究部門と計量標準管理センターが互いに連携を取りながら、経済産業

省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行うとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献している。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。なお計量標準総合センターの計量標準以外の活動については該当する部署の記載を参照されたい。

計量に関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、計量標準管理センターの計量標準計画室を事務局とする計量業務運営協議会（9月まで計量標準総合センター運営委員会）及びその下部の物理標準分科会、化学標準分科会、法定計量分科会を、それぞれ定期的に開催している。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及
- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の国家計量標準機関 [NMI] との研究協力・技術協力など）
- 5) 計量や計測に関する人材の育成
- 6) 計量法に基づく計量器の型式承認、基準器検査等

 関連組織 (2014/3/31現在)

[計量標準総合センター] 代表 三木 幸信

[計測標準研究部門]

部門長 千葉 光一 他

[計量標準管理センター]

センター長 臼田 孝 他

 業務報告データ

- ・計量標準全体会合 2回
(4月1日、1月6日)
- ・計量業務運営協議会 (9月まで計量標準総合センター運営委員会) 47回
- ・第3期中期計画における2013年度の計量標準整備種類数 24
- ・2013年度供給開始標準項目
物理標準 14、標準物質 23
- ・ピアレビュー及び ASNITE-NMI 認定審査
技術ピアレビュー・ASNITE-NMI 認定の合同審査を通じて、校正サービスの5技術分野及び標準物質について認定を継続・拡大した。

研 究

- ・ JCSS 審査等への技術専門家の派遣
延べ100件、技術専門家の派遣を実施した。
- ・ 講演会等 6回
- 1. 食総研・産総研ジョイントシンポジウム2013「その分析値は信頼できますか？－食品中の有害元素分析と精度管理－」(NMIJ、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所主催、フード・フォーラム・つくば 後援) 7月11日 産総研臨海副都心センター別館 東京
- 2. NMIJ 標準物質セミナー2013「きっと役立つ分析ノウハウと標準物質」(NMIJ 主催) 9月5日 幕張メッセ
- 3. 産総研オープンラボ 分野講演会「活動の場を広げる計量標準」10月31日 産総研つくばセンター
- 4. 計測標準フォーラム第11回講演会 NMIJ 計量標準セミナー～産業の安全・安心を支える標準物質～(NMIJ 主催、標準物質協議会 協力) 11月8日 大田区産業プラザ PiO
- 5. 計量標準総合センター2013年度成果発表会 1月23日～24日 産総研つくばセンター共用講堂
- 6. 計測クラブ総会 1月23日～24日 産総研つくばセンター共用講堂
- ・ 技能試験
- 1. NMIJ 分析技能向上支援プログラム「農薬残留分析の信頼性向上のための技能試験-第2回玄米中の農薬分析-」 5月7日～7月26日、参加者58名
- 2. NMIJ 分析技能向上支援プログラム「バリデーションと不確かさ評価のための技能試験-第6回：玄米中無機元素分析-」 9月16日～11月16日、参加者159名
- ・ 主なイベント参加
- 1. 「JASIS2013」出展 9月4日～6日 幕張メッセ
- 2. 「計測展2013TOKYO」ブース出展 11月6日～8日 東京ビッグサイト
- ・ 出版物発行 1回
- 1. 産総研計量標準報告 Vol. 9No. 1発刊 (2014. 3)

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種 類	受理個数	検査・試験個数	不合格個数	不合格 (%)
イ	検定	0	0	0	-
ロ	型式承認	101	107	7	6.5
ハ	基準器検査	2,722	2,737	16	0.6
ニ	比較検査	13	7	0	0.0

校正・試験等

	種 類	受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正 (特定二次標準器)	440	459
へ	依頼試験(一般)	3,048	3,568
	依頼試験(特殊)・技能試験用校正	228	229
	特定標準器による校正 (特定副標準器)	19	17
	OIML 適合性試験	8	8
ト	研究開発品	10	10

イ、検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所				
ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	-
	関西センター	0	0	0	-
総 計		0	0	0	-

ロ、型式承認

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種 類	項 目	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)	
		新規	追加	計					
タクシメーター	つくばセンター	1	0	1	2	2	0	0.0	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	合 計	1	0	1	2	2	0	0.0	
質量計	非自動はかり	つくばセンター	11	16	27	27	26	1	3.7
		関西センター	0	5	5	5	5	0	0.0
		合 計	11	21	32	32	31	1	3.1
温度計	ガラス製体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	抵抗体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	7	2	9	11	10	1	9.1
		小 計	7	2	9	11	10	1	9.1
合 計		7	2	9	11	10	1	9.1	
体積計	水道メーター	つくばセンター	8	5	13	18	14	4	22.2
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	8	5	13	18	14	4	22.2
	温水メーター	つくばセンター	0	1	1	1	0	1	100.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	1	1	1	0	1	100.0
	燃料油メーター	つくばセンター	0	3	3	3	3	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	3	3	3	3	0	0.0
	液化石油ガスメーター	つくばセンター	0	0	0	1	1	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	1	1	0	0.0
	ガスメーター	つくばセンター	0	12	12	10	10	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
小 計		0	12	12	10	10	0	0.0	
合 計		8	21	29	33	28	5	15.2	
圧力計	アネロイド型圧力計	つくばセンター	0	2	2	2	2	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	2	2	2	2	0	0.0
	アネロイド型血圧計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	5	13	18	17	17	0	0.0
		小 計	5	13	18	17	17	0	0.0
合 計		5	15	20	19	19	0	0.0	

研 究

種 類		項 目 実施場所	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)
			新規	追加	計				
熱 量 計	積算熱量計	つくばセンター	0	1	1	1	1	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		合 計	0	1	1	1	1	0	0.0
騒 音 計	普通騒音計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	精密騒音計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
合 計			0	0	0	0	0	0	-
照 度 計		つくばセンター	1	2	3	3	3	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		合 計	1	2	3	3	3	0	0.0
濃 度 計	ジルコニア式酸素濃 度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	溶液導電率式二酸化 硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	磁気式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	紫外線式二酸化硫黄 濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	紫外線式窒素酸化物 濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	非分散型赤外線式二 酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
	非分散型赤外線式窒 素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
	非分散型赤外線式一 酸化炭素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
	化学発光式窒素酸化 物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	ガラス電極式水素イ オン濃度検出器	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
ガラス電極式水素イ オン濃度指示計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	2	0	2	2	2	0	0.0	
	小 計	2	0	2	2	2	0	0.0	
合 計			6	0	6	6	6	0	0.0
合 計		つくばセンター	21	42	63	68	62	6	8.8
		関西センター	18	20	38	39	38	1	2.6
総 計			39	62	101	107	100	7	6.5

ハ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種 類	項 目		受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)	
	実施場所						
長さ	基準巻尺	つくばセンター	0	0	0	-	
		関西センター	26	26	0	0.0	
		合 計	26	26	0	0.0	
質量基準器	基準手動天びん	つくばセンター	48	48	0	0.0	
		関西センター	100	103	4	3.9	
		小 計	148	151	4	2.6	
	基準台手動はかり	つくばセンター	0	0	0	-	
		関西センター	0	0	0	-	
		小 計	0	0	0	-	
	基準直示天びん	つくばセンター	6	6	1	16.7	
		関西センター	5	5	0	0.0	
		小 計	11	11	1	9.1	
	特級基準分銅	つくばセンター	0	0	0	-	
		関西センター	1,114	1,115	4	0.4	
		小 計	1,114	1,115	4	0.4	
	合 計			1,273	1,277	9	0.7
	温度基準器	基準ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	-
			関西センター	137	137	0	0.0
合 計			137	137	0	0.0	
体積基準器	基準フラスコ	つくばセンター	0	0	0	-	
		関西センター	61	61	0	0.0	
		小 計	61	61	0	0.0	
	基準ビュレット	つくばセンター	0	0	0	-	
		関西センター	16	16	0	0.0	
		小 計	16	16	0	0.0	
	基準ガスメーター	つくばセンター	64	67	0	0.0	
		関西センター	0	0	0	-	
		小 計	64	67	0	0.0	
	基準水道メーター	つくばセンター	42	42	1	2.4	
		関西センター	0	0	0	-	
		小 計	42	42	1	2.4	
	基準燃料油メーター	つくばセンター	68	68	0	0.0	
		関西センター	0	0	0	-	
		小 計	68	68	0	0.0	
	基準タンク	つくばセンター	97	98	0	0.0	
		関西センター	0	0	0	-	
		小 計	97	98	0	0.0	
基準体積管	つくばセンター	32	33	0	0.0		
	関西センター	0	0	0	-		
	小 計	32	33	0	0.0		
合 計			380	385	1	0.3	

研 究

種 類	項 目		受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所					
密度基準器	基準密度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	77	77	0	0.0
		小 計	77	77	0	0.0
	液化石油ガス用 浮ひょう型密度計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	62	63	1	1.6
小 計	62	63	1	1.6		
合 計		139	140	1	0.7	
圧力基準器	基準液柱型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	162	165	2	1.2
		小 計	162	165	2	1.2
	基準重錘型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	365	366	3	0.8
小 計	365	366	3	0.8		
合 計		527	531	5	0.9	
騒音	基準静電型マイクロホン	つくばセンター	15	15	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		合 計	15	15	0	0.0
振動	基準サーボ式ピックアップ	つくばセンター	4	5	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		合 計	4	5	0	0.0
濃度	基準酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	36	36	0	0.0
		合 計	36	36	0	0.0
比重基準器	基準比重浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	154	154	0	0.0
		小 計	154	154	0	0.0
	基準重ボーメ度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	31	31	0	0.0
小 計	31	31	0	0.0		
合 計		185	185	0	0.0	
合 計	つくばセンター	376	382	2	0.5	
	関西センター	2,346	2,355	14	0.6	
総 計		2,722	2,737	16	0.6	

二、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種 類	項 目		受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所					
酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-	
	関西センター	13	7	0	0.0	
合 計		13	7	0	0.0	

ホ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正(特定二次標準器)

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01. 長さ	1	0	1	1	0	1
光周波数コム装置	1	0	1	1	0	1
02. 幾何学量	2	0	2	2	0	2
ロータリーエンコーダ	2	0	2	2	0	2
03. 時間	124	0	124	136	0	136
周波数標準器	124	0	124	136	0	136
04. 質量	109	0	109	109	0	109
標準分銅	109	0	109	109	0	109
05. 力	16	0	16	14	0	14
実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	16	0	16	14	0	14
06. トルク	4	0	4	4	0	4
参照用トルクレンチ	4	0	4	4	0	4
07. 圧力	16	0	16	16	0	16
ピストン式重錘型圧力標準器	16	0	16	16	0	16
09. 真空	2	0	2	2	0	2
粘性真空計	2	0	2	2	0	2
10. 流量	10	0	10	11	0	11
ISO型トロイダルスロート音速ノズル	1	0	1	1	0	1
気体流量校正装置	0	0	0	1	0	1
石油用流量計	9	0	9	9	0	9
超音波流速計	0	0	0	0	0	0
微風速校正風洞	0	0	0	0	0	0
11. 密度	2	0	2	2	0	2
シリコン単結晶	2	0	2	2	0	2
14. 音響	10	0	10	10	0	10
標準マイクロホン	10	0	10	10	0	10
16. 振動加速度	1	0	1	1	0	1
振動加速度計	1	0	1	1	0	1
19. 直流・低周波	32	0	32	32	0	32
交直変換器	5	0	5	5	0	5
交流抵抗器	2	0	2	2	0	2
電圧発生装置	5	0	5	5	0	5
標準キャパシタ	4	0	4	4	0	4
標準抵抗器	12	0	12	12	0	12
誘導分圧器	4	0	4	4	0	4
20. 高周波	50	0	50	52	0	52
ピストン減衰器	1	0	1	1	0	1
固定長エレメント型ダイポールアンテナ	1	0	1	1	0	1
光パワー測定装置	3	0	3	4	0	4
光電検出器	2	0	2	2	0	2
高周波インピーダンス	20	0	20	20	0	20
高周波電圧	1	0	1	1	0	1
高周波電力 2.9mm 同軸	4	0	4	4	0	4
高周波電力 7mm 同軸	9	0	9	10	0	10
同軸可変減衰器	8	0	8	8	0	8
同軸固定減衰器	1	0	1	1	0	1
21. 測光量・放射量	6	0	6	6	0	6
分光応答度	3	0	3	3	0	3
分光放射照度	3	0	3	3	0	3
22. 放射線	14	0	14	15	0	15
β 線吸収線量測定器	1	0	1	1	0	1
放射線線量計	13	0	13	14	0	14

研 究

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
23. 放射能	0	0	0	6	0	6
放射能測定装置(遠隔校正)	0	0	0	6	0	6
24. 中性子	1	0	1	1	0	1
中性子検出器	1	0	1	1	0	1
25. 温度	20	0	20	20	0	20
貴金属熱電対	14	0	14	10	0	10
白金抵抗温度計	6	0	6	10	0	10
26. 湿度	20	0	20	19	0	19
露点計	20	0	20	19	0	19
28. 硬さ	0	0	0	0	0	0
ロックウェル硬さ標準片	0	0	0	0	0	0
合 計	440	0	440	459	0	459

へ、依頼試験

依頼試験

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01. 長さ	32	0	32	32	0	32
ブロックゲージ絶対測定	22	0	22	22	0	22
距離計	4	0	4	4	0	4
波長(周波数)安定化レーザー	5	0	5	5	0	5
標準尺絶対測定(指定線間)	1	0	1	1	0	1
02. 幾何学量	61	0	61	62	0	62
CMMによる幾何形状測定	40	0	40	42	0	42
オートコロメータ	4	0	4	3	0	3
ステップゲージ	3	0	3	3	0	3
ボールプレート・ホールプレート	1	0	1	1	0	1
触針式段差・深さ	1	0	1	1	0	1
線幅(フォトマスク)	1	0	1	1	0	1
多面鏡	3	0	3	3	0	3
表面粗さ測定	1	0	1	1	0	1
平面度	7	0	7	7	0	7
03. 時間	68	0	68	68	0	68
周波数(遠隔校正)	60	0	60	61	0	61
周波数発振器 原子発振器・商用発振器	8	0	8	7	0	7
04. 質量	61	0	61	61	0	61
特性試験	30	0	30	30	0	30
分銅又はおもり	31	0	31	31	0	31
05. 力	1	0	1	1	0	1
高精度力計	1	0	1	1	0	1
06. トルク	6	0	6	6	0	6
トルクメータ	6	0	6	6	0	6
参照用トルクレンチ	0	0	0	0	0	0
07. 圧力	2	0	2	2	0	2
液体	1	0	1	1	0	1
気体	1	0	1	1	0	1
09. 真空計	13	0	13	13	0	13
リーク	3	0	3	3	0	3
真空計	2	0	2	2	0	2
標準コンダクタンス	8	0	8	8	0	8
10. 流量	11	0	11	9	0	9
液体小流量	1	0	1	0	0	0
液体大流量及び中流量	5	0	5	5	0	5
気体中流速	2	0	2	2	0	2
石油小流量(軽油・灯油)	1	0	1	0	0	0
石油中流量(軽油・灯油)	1	0	1	1	0	1
石油中流量(軽油・灯油・低粘度工業用潤滑油(スピンドル油))	1	0	1	1	0	1
11. 密度	2	0	2	2	0	2
シリコン単結晶	1	0	1	1	0	1
固体材料	1	0	1	1	0	1
12. 粘度・動粘度	2	0	2	9	0	9
粘度標準液	2	0	2	9	0	9
13. 体積	1	0	1	1	0	1
体積(衡量法)	1	0	1	1	0	1
14. 音響	3	0	3	3	0	3
音響校正器	1	0	1	1	0	1
音場感度(計測用マイクロホン)	2	0	2	2	0	2
15. 超音波	29	0	29	29	0	29

研究

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
音場感度 (ハイドロホン)	27	0	27	27	0	27
超音波パワー	1	0	1	1	0	1
超音波音場パラメタ	1	0	1	1	0	1
17. 衝撃加速度	1	0	1	1	0	1
電圧感度	1	0	1	1	0	1
19. 直流・低周波	3	0	3	3	0	3
インダクタ	1	0	1	1	0	1
交流電圧計	0	0	0	0	0	0
変流器	2	0	2	2	0	2
20. 高周波	46	0	46	48	0	48
アンテナ係数試験	3	0	3	3	0	3
レーザパワー	4	0	4	5	0	5
応答非直線性 (光パワーメータ)	4	0	4	4	0	4
応答非直線性 (光パワーメータ) の波長依存性 試験	2	0	2	2	0	2
光ファイバパワー	1	0	1	1	0	1
高周波インピーダンス	15	0	15	15	0	15
高周波電力	7	0	7	7	0	7
低周波磁界強度	1	0	1	1	0	1
同軸可変減衰器	3	0	3	3	0	3
導波管可変減衰器	1	0	1	1	0	1
利得 (ホーンアンテナ)	5	0	5	6	0	6
21. 測光量・放射量	19	0	19	20	0	20
照度応答度	1	0	1	1	0	1
分光応答度	15	0	15	15	0	15
分光拡散反射率 (可視域)	2	0	2	2	0	2
分光放射照度	1	0	1	2	0	2
22. 放射線	2,563	0	2,563	3,043	0	3,043
β線	589	0	589	589	0	589
照射線量 (率) 測定器	26	0	26	26	0	26
水吸収線量	6	0	6	6	0	6
放射線量検出素子	1,942	0	1,942	2,422	0	2,422
23. 放射能	5	0	5	3	0	3
放射能濃度	5	0	5	3	0	3
24. 中性子	1	0	1	1	0	1
中性子源校正試験	1	0	1	1	0	1
25. 温度	9	0	9	10	0	10
カプセル型白金抵抗温度計	0	0	0	2	0	2
貴金属温度計	0	0	0	0	0	0
非接触温度計・校正装置	9	0	9	8	0	8
26. 湿度	7	0	7	9	0	9
物質分率表示が可能な微量水分計	1	0	1	1	0	1
露点計	6	0	6	8	0	8
27. 固体物性	20	0	20	20	0	20
熱拡散率	0	0	0	0	0	0
熱膨張率 (線膨張係数)	20	0	20	20	0	20
29. 衝撃値	1	0	1	1	0	1
衝撃試験機	1	0	1	1	0	1
30. 粒子・粒子特性	5	0	5	6	0	6
粒径	0	0	0	1	0	1
粒子数濃度	5	0	5	5	0	5
31. 純度	42	0	42	74	0	74
高純度有機標準物質	42	0	42	74	0	74
32. 薄膜・多層膜	3	0	3	3	0	3

産業技術総合研究所

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
膜厚	3	0	3	3	0	3
51. 計量器の構成要素及び検査装置の試験	26	0	26	23	0	23
質量計用ターミナル・デジタルディスプレイ	9	0	9	9	0	9
質量計用ロードセル (OIML R60 に対応する型式)	1	0	1	1	0	1
質量計用指示計 (アナログ信号)	7	0	7	4	0	4
特定計量器外部接続装置の性能試験	5	0	5	5	0	5
燃料油メーター用ホース	1	0	1	1	0	1
燃料油メーター用表示装置	3	0	3	3	0	3
52. その他	5	0	5	5	0	5
体積	2	0	2	2	0	2
流量	3	0	3	3	0	3
合 計	3,048	0	3,048	3,568	0	3,568

研 究

へ. 依頼試験

依頼試験(特殊)・技能試験用校正

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
05. 力	1	0	1	1	0	1
高精度力計	1	0	1	1	0	1
10. 流量	1	0	1	2	0	2
気体小流量	0	0	0	1	0	1
微風速	1	0	1	1	0	1
11. 密度	0	2	2	0	2	2
密度浮ひょう	0	1	1	0	1	1
重ボーム度浮ひょう	0	1	1	0	1	1
13. 体積	0	0	0	0	0	0
フラスコ (受用)	0	0	0	0	0	0
メスシリンダー (受用)	0	0	0	0	0	0
14. 音響	1	0	1	1	0	1
サウンドレベルメータ	1	0	1	1	0	1
音響校正器	0	0	0	0	0	0
16. 振動加速度	0	0	0	0	0	0
振動加速度計	0	0	0	0	0	0
19. 直流・低周波	2	0	2	2	0	2
キャパシタ	1	0	1	1	0	1
交直電圧比較装置	1	0	1	1	0	1
20. 高周波	3	0	3	3	0	3
高周波インピーダンス	1	0	1	1	0	1
高周波電力	2	0	2	2	0	2
25. 温度	1	0	1	1	0	1
貴金属熱電対	1	0	1	1	0	1
28. 硬さ	7	0	7	7	0	7
ビッカース硬さ標準片	4	0	4	4	0	4
ロックウェル硬さ標準片	3	0	3	3	0	3
52. その他	210	0	210	210	0	210
家庭用はかり	180	0	180	180	0	180
非自動はかり (3級, 4級)	30	0	30	30	0	30
合 計	226	2	228	227	2	229

へ、依頼試験

特定標準器による校正(特定副標準器)

種 類	実施場所	受 理 個 数			校 正 個 数		
		つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
19. 直流・低周波		8	0	8	8	0	8
交流電圧用交直変換器		4	0	4	4	0	4
交流電流用交直変換器		1	0	1	1	0	1
電圧発生装置		1	0	1	1	0	1
標準抵抗器		2	0	2	2	0	2
21. 測光量・放射量		3	0	3	0	0	0
分光放射照度標準電球		3	0	3	0	0	0
25. 温度		8	0	8	9	0	9
温度計用		4	0	4	5	0	5
放射温度計校正用		4	0	4	4	0	4
合 計		19	0	19	17	0	17

へ、依頼試験

OIML 適合性試験

種 類	項 目 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	関西センター	0	0	0	-
自動車等給油メーター	つくばセンター	2	2	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
質量計用ロードセル	つくばセンター	4	4	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
水道メーター	つくばセンター	1	0	0	-
	関西センター	0	0	0	-
合 計		8	8	0	0.0

ト、研究開発品

種 類	実施場所	頒 布 個 数		
		つくばセンター	関西センター	計
1. 熱拡散率試験片 (4 枚)		0	0	0
2. 石英ヨウ素セル		0	0	0
3. パッシブ型シールドループアンテナ		2	0	2
4. 標準コンダクタンスエレメント		8	0	8
5. ジョセフソン電圧標準素子		0	0	0
合 計		10	0	10

②認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJ CRM）を随時頒布している。

認証標準物質の一覧表
(NMIJ 認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	2
NMIJ CRM 1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 15%)	2
NMIJ CRM 1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	2
NMIJ CRM 1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	2
NMIJ CRM 1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	2
NMIJ CRM 1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	2
NMIJ CRM 1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	2
NMIJ CRM 1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	2
NMIJ CRM 1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	2
NMIJ CRM 1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	2
NMIJ CRM 1011-b	鉄-炭素合金 (C 0.1%)	6
NMIJ CRM 1012-b	鉄-炭素合金 (C 0.2%)	6
NMIJ CRM 1013-b	鉄-炭素合金 (C 0.3%)	6
NMIJ CRM 1014-b	鉄-炭素合金 (C 0.5%)	6
NMIJ CRM 1015-b	鉄-炭素合金 (C 0.7%)	6
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1017-a	EPMA 用ステンレス鋼	4
NMIJ CRM 1018-a	EPMA 用 Ni (36%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA 用 Ni (42%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA 用高ニッケル合金	0
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	34
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	3
NMIJ CRM 3003-a	三酸化二ひ素	15
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	11
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	7
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	5
NMIJ CRM 3007-a	しゅう酸ナトリウム	12
NMIJ CRM 3008-a	塩化ナトリウム	4
NMIJ CRM 3011-a	塩化アンモニウム	0
NMIJ CRM 3012-a	トリス (ヒドロキシメチル) アミノメタン	0
NMIJ CRM 3201-a	塩酸 (0.1 mol kg ⁻¹)	2
NMIJ CRM 3401-a	一酸化窒素	0
NMIJ CRM 3402-b	二酸化硫黄	0
NMIJ CRM 3403-a	亜酸化窒素標準ガス (高濃度、窒素希釈)	0
NMIJ CRM 3404-c	酸素	1
NMIJ CRM 3406-d	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-a	二酸化炭素	0
NMIJ CRM 3408-a	窒素希釈酸素 (10 μmol/mol)	0
NMIJ CRM 3601-a	ナトリウム標準液 Na (1000)	0
NMIJ CRM 3602-a	カリウム標準液 K (1000)	0
NMIJ CRM 3604-a	マグネシウム標準液 Mg (1000)	1
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al (1000)	2
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu (1000)	1
NMIJ CRM 3607-a	亜鉛標準液 Zn (1000)	1

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb (1000)	2
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd (1000)	1
NMIJ CRM 3610-a	マンガン標準液 Mn (1000)	2
NMIJ CRM 3611-a	鉄標準液 Fe (1000)	2
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni (1000)	2
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co (1000)	2
NMIJ CRM 3614-a	ひ素標準液 As (1000)	2
NMIJ CRM 3615-a	アンチモン標準液 Sb (1000)	2
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi (1000)	2
NMIJ CRM 3620-a	リチウム標準液 Li (1000)	0
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba (1000)	1
NMIJ CRM 3622-a	モリブデン標準液 Mo (1000)	1
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr (1000)	2
NMIJ CRM 3624-a	ルビジウム標準液 Rb (1000)	0
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl (1000)	1
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn (1000)	2
NMIJ CRM 3628-a	セシウム標準液 Cs (1000)	0
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In (1000)	2
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga (1000)	2
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V (1000)	1
NMIJ CRM 4001-b	エタノール	3
NMIJ CRM 4002-a	ベンゼン	16
NMIJ CRM 4003-b	トルエン	12
NMIJ CRM 4004-a	1,2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	<i>o</i> -キシレン	2
NMIJ CRM 4012-a	<i>m</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4013-a	<i>p</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4014-a	1,1-ジクロロエチレン	0
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム (トリブロモメタン)	0
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	2
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	0
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	3
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	1
NMIJ CRM 4038-a	1,2-ジクロロプロパン	0
NMIJ CRM 4039-a	1,4-ジクロロベンゼン	1
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	10
NMIJ CRM 4051-b	メタン	0
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	0
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	9
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	11
NMIJ CRM 4056-a	ペルフルオロオクタン酸	4
NMIJ CRM 4202-a	<i>p,p'</i> -DDE 標準液	3
NMIJ CRM 4203-a	γ -HCH 標準液	3
NMIJ CRM 4206-a	PCB28標準液	0
NMIJ CRM 4207-a	PCB153標準液	0
NMIJ CRM 4208-a	PCB170標準液	0
NMIJ CRM 4209-a	PCB194標準液	0
NMIJ CRM 4210-a	PCB70標準液	0
NMIJ CRM 4211-a	PCB105標準液	0
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	1

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 4214-a	<i>p,p'</i> -DDT, <i>p,p'</i> -DDE, γ -HCH 混合標準液	0
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	11
NMIJ RM 4216-a	トルエン (燃料中硫黄分分析用-ブランク)	9
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	0
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液 (メタノール溶液)	1
NMIJ CRM 4221-a	ジブチルスルフィド (燃料中硫黄分分析用-高純度)	1
NMIJ CRM 4222-a	水分分析用標準液 (0.1 mg/g)	3
NMIJ CRM 4403-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、排出レベル)	0
NMIJ CRM 4404-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4405-a	C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4406-a	SF ₆ ・C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	7
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	10
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	5
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	8
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	5
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	2
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン (多分散)	2
NMIJ RM 5009-a	ポリスチレン8500	2
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	1
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	5
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	2
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	6
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	4
NMIJ CRM 5202-a	SiO ₂ /Si 多層膜標準物質	7
NMIJ CRM 5203-a	GaAs/AlAs 超格子	2
NMIJ CRM 5204-b	極薄シリコン酸化膜	1
NMIJ CRM 5205-a	デルタ BN 多層膜	1
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン (熱分析用標準物質)	17
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性 (PVC)	5
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性 (PMMA)	8
NMIJ CRM 5504-a	動的粘弾性 (PE-UHMW)	3
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性 (PEEK)	5
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験 (PVC)	2
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験 (PMMA)	0
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	0
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	0
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 3×10^{15} atoms/cm ²)	1
NMIJ CRM 5604-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 6×10^{14} atoms/cm ²)	1
NMIJ CRM 5605-a	ハフニウム定量用酸化ハフニウム薄膜	1
NMIJ CRM 5701-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (120nm)	11
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	2
NMIJ CRM 6002-a	テストステロン	2
NMIJ CRM 6003-a	プロゲステロン	4
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	9
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	3
NMIJ CRM 6006-a	尿素	2
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	1
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	1
NMIJ CRM 6009-a	トリオレイン	2
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	4

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	5
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	4
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	4
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	4
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	7
NMIJ CRM 6017-a	L-アルギニン	4
NMIJ CRM 6018-a	L-リシンー塩酸塩	3
NMIJ CRM 6019-a	L-チロシン	1
NMIJ CRM 6020-a	L-トレオニン	1
NMIJ CRM 6021-a	L-セリン	1
NMIJ CRM 6022-a	グリシン	4
NMIJ CRM 6023-a	L-メチオニン	0
NMIJ CRM 6024-a	L-ヒスチジン	2
NMIJ CRM 6025-a	L-シスチン	0
NMIJ CRM 6026-a	L-グルタミン酸	2
NMIJ CRM 6027-a	L-アスパラギン酸	1
NMIJ CRM 6201-b	C反応性蛋白溶液	0
NMIJ CRM 6204-a	定量解析用リボ核酸 (RNA) 水溶液	8
NMIJ CRM 6401-b	コルチゾール分析用ヒト血清 (4濃度レベル)	3
NMIJ CRM 6901-b	C-ペプチド	2
NMIJ CRM 7202-b	河川水 (微量元素分析用 添加)	112
NMIJ CRM 7302-a	海底質 (有害金属分析用)	11
NMIJ CRM 7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	12
NMIJ CRM 7304-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用一高濃度)	0
NMIJ CRM 7305-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用一低濃度)	2
NMIJ CRM 7307-a	湖底質 (多環芳香族炭化水素分類分析用)	3
NMIJ CRM 7308-a	トンネル粉じん (多環芳香族炭化水素分析用・有害元素分析用)	1
NMIJ CRM 7401-a	サメ肝油 (塩素系農薬類分析用)	0
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	33
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	19
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末 (有機汚染物質分析用)	0
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末 (微量元素・ひ素化合物分析用)	41
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル I)	44
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル II)	44
NMIJ CRM 7503-a	白米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	80
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末 (残留農薬分析用)	2
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末 (微量元素分析用)	11
NMIJ CRM 7507-a	ネギ粉末 (残留農薬分析用)	1
NMIJ CRM 7508-a	キャベツ粉末 (残留農薬分析用)	5
NMIJ CRM 7509-a	大豆粉末 (残留農薬分析用)	6
NMIJ CRM 7510-a	リンゴ粉末 (残留農薬分析用)	2
NMIJ CRM 7511-a	大豆粉末 (微量元素分析用)	5
NMIJ CRM 7512-a	ミルク粉末 (微量元素分析用)	11
NMIJ CRM 7531-a	玄米粉末 (カドミウム分析用)	55
NMIJ CRM 7532-a	玄米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	1
NMIJ CRM 7541-a	玄米 (放射性セシウム分析用)	58
NMIJ CRM 7541-b	玄米 (放射性セシウム分析用)	2
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	23
NMIJ CRM 7902-a	絶縁油 (ポリクロロビフェニル分析用一高濃度)	2
NMIJ CRM 7903-a	絶縁油 (ポリクロロビフェニル分析用一低濃度)	0
NMIJ CRM 7904-a	重油 (ポリクロロビフェニル分析用)	0
NMIJ CRM 7905-a	重油 (ポリクロロビフェニル分析用一ブランク)	1
NMIJ CRM 7906-a	ポリクロロビフェニル混合標準液 (KC 混合物ノナン溶液)	0

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 7912-a	砒酸 [As(V)]水溶液	32
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシン酸水溶液	34
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (α型)	5
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素微粉末 (β型)	4
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) I	3
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) II	13
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (イミド分解合成)	5
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (低純度)	3
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (高純度)	3
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	8
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb; 高濃度)	4
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb; 低濃度)	5
NMIJ CRM 8106-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb; 高濃度)	1
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	26
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	4
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン (高濃度)	11
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	10
NMIJ CRM 8113-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	7
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 低濃度)	18
NMIJ CRM 8116-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	7
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	9
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb; 高濃度)	26
NMIJ CRM 8137-a	臭素分析用 PP 樹脂ペレット	2
NMIJ CRM 8151-a	ポリプロピレン (フタル酸エステル類分析用)	21
NMIJ CRM 8202-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 低濃度)	2
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 高濃度)	0
NMIJ CRM 8301-a	バイオエタノール	0
化学系標準物質計		1,357
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 1	9
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状: 2	1
NMIJ RM1102-a-1	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 1	2
NMIJ RM1102-a-2	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状: 2	3
NMIJ RM1104-a	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素)	1
NMIJ RM1301-a	熱拡散時間標準薄膜 (窒化チタン薄膜/石英ガラス基板)	1
NMIJ RM1401-a	熱伝導率標準物質 (等方性黒鉛)	0
NMIJ CRM5803-a-1	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用): 形状 1	9
NMIJ CRM5803-a-2	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用): 形状 2	0
NMIJ CRM5804-a	熱拡散率測定用等方性黒鉛	11
NMIJ CRM5806-a	比熱容量測定用単結晶シリコン (低温用)	0
物理系標準物質計		37
合 計		1,394

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先国	出張目的
169件	台湾	国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	フランス	
	タイ	
	米国	
	南アフリカ	
	中国	
	ドイツ	
	スリランカ	
	スイス	
	韓国	
	ポルトガル	
	インドネシア	
	イギリス	
	その他	

外国人招へい

件数	招へい国	招へい目的
11	韓国、台湾、シンガポール、 オーストラリア、米国、 カナダ、チェコ	ピアレビュー
6	タイ、インドネシア	技術研究協力 (メトロロジー・ハブ・イン・アセアン)

産総研技術研修による外国人の受入

分野	人数(人)	相手国
電気標準	1	台湾
環境標準	1	タイ
放射線標準	1	マレーシア

JICA 予算による外国人の受入

0件

外国機関との研究協力覚書締結

0件

国際比較

分野 (BIPM)	件数
時間・周波数	0
長さ	2
質量関連量	2
音響・超音波・振動	1
測温	2
物質量	4
測光・放射	0
放射線	5
電気・磁気	1
合計	17

研 究

④講習・教習

平成25年度計量教習実績

計量標準管理センター 計量研修センター

講習・教習名		対 象 者	期 間		場 所	受講者数
一般計量教習	前 期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	H25. 4. 10～ 7. 5	3月	つくば	13
	後 期		H25. 9. 18～12. 13	3月	つくば	27
一 般 計 量 特 別 教 習		計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H26. 1. 9～ 3. 7	2月	つくば	30
環境計量特別教習	濃 度 関 係		H26. 1. 9～ 2. 28	7週間	つくば	8
	騒音・振動関係	H26. 3. 3～ 3. 18	2.5週間	つくば	3	
短期計量教習	第一回	計量行政機関等の職員	H25. 7. 9～ 8. 6	1月	つくば	30
	第二回		H25. 8. 19～ 9. 13	1月	つくば	18
特 定 教 習	計量検定所・計量検査所 新任 所 長 教 習	都道府県及び特定市の新任所長	H25. 6. 3～ 6. 5	3日	つくば	22
	計量検定所・計量検査所 幹 部 職 員 教 習	都道府県及び特定市の幹部計量公務員	H25. 7. 24～ 7. 26	3日	つくば	13
	都道府県・特定市計量行政 新 人 教 習	都道府県及び特定市の新任計量公務員	H25. 5. 15～ 5. 17	3日1週間	臨海	32
			H25. 5. 22～ 5. 24	3日1週間	関西	44
	指 定 製 造 事 業 者 制 度 教 習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H25. 7. 1～ 7. 12	2週間	つくば	19
	環 境 計 量 証 明 事 業 制 度 教 習	都道府県及び特定市の職員	H25. 6. 10～ 6. 21	2週間	つくば	14
技 術 教 習	都道府県及び特定市の計量公務員	H25. 10. 24～10. 25	2日	つくば	20	
特 定 計 量 証 明 事 業 管 理 者 講 習		当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以上等の者	H25. 10. 21～10. 25	1週間	つくば	8
特 定 教 習	計測における不確かさ研修（中・上級コース）	計量関係技術者	H25. 11. 21～11. 22	2日	つくば	23
計 量 研 修	APMP・CMM 計測技術研修	APMP 域内 NMI 所属校正業務従事者	H25. 8. 21 ～8. 23	3日間	タイ	10
	MAT 2014（化学標準分野研修）	ASEAN 諸国の NMI に所属の研究者	H26. 2. 17～ 2. 21	5日間	つくば	12
環 境 計 量 講 習	濃 度 関 係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H25. 7. 16～ 7. 19	各4日間	つくば	30
			H25. 7. 30～ 8. 2			27
			H25. 8. 20～ 8. 23			27
			H25. 8. 27～ 8. 30			29
			H25. 9. 10～ 9. 13			22
			H25. 9. 24～ 9. 27			16
			H25. 10. 8～10. 11			17
			H25. 11. 5～11. 8			18
	騒 音 ・ 振 動 関 係		H25. 9. 2～ 9. 6	1週間	つくば	28
			H25. 9. 30～10. 4			26
		H25. 12. 2～12. 6			20	
合 計 (人)						606

6) 地質分野

(Geological Survey and Applied Geoscience)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：佃 栄吉
副研究統括：矢野 雄策

概要：

研究統括は、理事長の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の統括管理を行っている。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の企画及び立案に参画するとともに、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

地質分野研究企画室 (Research Planning Office of
Geological Survey and Applied Geoscience)

所在地：つくば中央第2、つくば中央第7
人員：7名 (6名)

概要：

当研究企画室は、独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第10条及び組織規則第7条の規定に基づき、研究所の業務のうち、地質分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

1. 分野の運営に関する業務
2. 原課及びその他関連機関への対応
3. 学会、業界、企業等の外部機関との連携促進に関する業務
4. 国際案件に関する業務
5. 地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応
6. 研究統括及び副研究統括の支援

そして、これら業務の結果として地質分野における傑出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外そして海外での産総研地質分野の存在アピール向上に貢献している。

1. については、研究戦略や予算編成等の、分野の基本方針の策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、及び分野融合プロジェクトの企画並びに総合調整を行っている。

2. については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

3. については、関連する業界団体との定期懇談会やシンポジウムの開催、オープンラボ出展の取りまと

めを行う等、外部機関との積極的な連携の強化を図っている。

4. については、地質調査総合センター (GSJ) としての MOU 締結等の海外地質調査所や地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等、分野の国際活動を推進している。

5. については、地質分野に関係する自然災害に備えた緊急連絡体制の整備を行い、災害発生に際しては社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行う。なお、平成25年度においては、前年度に引き続き東北地方太平洋沖地震対応のほか、西之島における噴火活動に関して、各研究ユニットとの連携のもと、現地調査のための研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図 (2014/3/31現在)

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 伊藤 順一 他

②【活断層・地震研究センター】

(Active Fault and Earthquake Research Center)

(存続期間：2009.4～2014.3)

研究センター長：岡村 行信
副研究センター長：桑原 保人
主幹研究員：杉山 雄一
主幹研究員：小泉 尚嗣

所在地：つくば中央第七

人員：29名 (29名)

経費：1,077,763千円 (478,961千円)

概要：

活断層・地震研究センターは、活断層評価の高度化、海溝型地震評価の高度化、地震災害評価の高度化をミッションとする5年を期限とする研究ユニットとして2009年4月に設置された。その特徴は、地形・地質学に重点を置いた過去の地震活動を解明する研究を実施するとともに、地球物理学的な地震発生メカニズムに関する調査研究も融合させ、広い視点からの研究を展開することにある。今までに、活断層に関しては、活動履歴や地震規模を解明するためのトレンチ調査をはじめとする野外調査や将来の活動を予測するための物理モデルの構築などを実施し、海溝型地震に関しては、過去の巨大津波の規模と履歴を明らかにするための津波堆積物や変動地形調査及び東海・東南海・南海地震を予測するための深部滑りの観測と解析などを進

め、地震災害の予測に関しては、地震発生時の地盤変形や地震動を予測するモデルの構築などを行ってきた。

本研究センターの最終年度に当たる平成25年度は以下の研究を実施した。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震後に配分された補正予算による津波堆積物調査や活断層調査を引き続き実施した。

地質分野全体の協力によって進められている政策課題「沿岸域地質・活断層調査」では、駿河湾の沿岸海域における海陸のシームレス地質情報の整備を進めた。また、産総研内の競争的資金についても、3つの課題が認められ産総研内の地質分野以外の研究ユニットや産総研外の研究機関との共同研究を実施した。

外部予算は、文部科学省、京都大学、九州大学、海洋研究開発機構、科学技術振興機構、(株)大崎総合研究所、原子力安全基盤機構、日本学術振興会などからの17件の課題について獲得し、陸域及び海域の活断層調査や地震観測及び地震災害予測のための研究・調査を実施した。

取材や講演の要望に対しては積極的に対応し、社会への情報提供と研究成果の普及に努めた。また、学会及び学術雑誌での成果発表、産総研のウェブページ、ニュースなどを通じた情報発信も迅速に行い、「活断層・古地震研究報告」第13号を編集・刊行した。

本研究センターは、5年間で過去の地震の復元に基づいた将来の地震の予測研究を目指したが、その半ばで東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震は我々の研究の方向性が正しいことを証明したが、同時に多くの課題も突きつけた。それらの教訓を活かし、平成26年度からは活断層・火山研究部門で研究を進展させていくこととなった。

内部資金：

イノベーション推進本部予算（裁量）「地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化」

重点研究加速予算（戦略予算）「南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究」

融合・連携推進予算（戦略予算）「地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築」

外部資金：

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「活断層の補完調査」

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「地域評価のための活断層調査（九州地域）」

文部科学省 科学技術基礎調査等委託事業「沿岸海域に

おける活断層調査」

九州大学 「警固断層帯（南東部）における重点的な調査観測」

海洋研究開発機構 「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」

科学技術振興機構 「鉱山での地震被害低減のための観測研究 震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究」

(株)大崎総合研究所 「動力学シミュレーションにおける傾斜逆断層の解析的検討」

原子力安全基盤機構 「平成25年度 柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網の整備作業」

日本学術振興会 科研費新学術領域研究「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」

日本学術振興会 科研費挑戦的萌芽研究「岩石の不安定挙動への分岐とその準備過程」

日本学術振興会 科研費基盤研究（B）「南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究」

日本学術振興会 科研費基盤研究（C）「非火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決と微動発生機構の解明」

日本学術振興会 科研費基盤研究（C）「石垣島・宮古島の津波堆積物の調査－巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み」

日本学術振興会 科研費基盤研究（C）「津波痕跡を用いた地震規模推定法の高度化研究」

日本学術振興会 科研費若手研究（B）「自然地震データと物理モデルを用いた速度レンジでの摩擦特性の推定」

日本学術振興会 科研費若手研究（B）「延岡症状断層下盤メランジェの変形構造の解明」

日本学術振興会 科研費研究活動スタート支援「P波振動特性の統計的性質とそれを考慮した高感度地震検出手法の開発」

発表：誌上発表46件、口頭発表156件、その他83件

活断層評価研究チーム

(Active Fault Evaluation Team)

研究チーム長：吉岡 敏和

(つくば中央第七)

概要：

活断層の過去の活動を把握し、将来の活動を予測するための調査・研究を行う。国の地震調査研究推進本部が選定した「基盤的調査観測の対象活断層」等の重要活断層について、位置・形状、活動度、最新活動時期、活動間隔などを明らかにするための調査・研究を行った。調査の方法は、地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査、海域活断層の音波探査などで、調査結果は、既存の文献資料とともに活断層データベースとして整理し、インターネット上で公開している。また、活断層の評価手法の高度化のため、連動型地震の予測手法に関する研究、最近の地震断層に関する詳細な研究、孤立した短い活断層の研究も併せて行った。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 2、テーマ項目 9、テーマ項目 12、テーマ項目 14、テーマ項目 17、テーマ項目 18、テーマ項目 20

地震発生機構研究チーム

(Seismogenic Process Research Team)

研究チーム長：桑原 保人

(つくば中央第七)

概要：

本研究チームでは、地質学的調査を主体とした履歴情報に加え、地殻活動のモニタリング、モデリングといった地球物理学的な研究から得られる地下の深部構造、応力情報等を融合させることにより、物理モデルに基づく内陸地震および海溝型地震の予測技術の開発を目指す。本年度は主に日本列島中部地域を対象に、これまで構築して来た日本列島の有限要素レオロジー構造モデルに57の活断層を埋め込み、それぞれの活断層で個別に地震が発生する地震サイクルシミュレーションモデルのプロタイプを作成した。さらに南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地震観測や地震地下水観測網の一部の維持なども行っている。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 2、テーマ項目 3、テーマ項目 6、テーマ項目 9、テーマ項目 11、テーマ項目 12、テーマ項目 14、テーマ項目 15、テーマ項目 16、テーマ項目 23、テーマ項目 28、テーマ項目 32

地震素過程研究チーム

(Laboratory Seismology Research Team)

研究チーム長：増田 幸治

(つくば中央第七)

概要：

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に

資するため、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の提案につながるような、深部における変形プロセス解明を目指す。断層破砕帯の変形過程解明のための詳細な構造地質学的解析、地殻深部の高温高压環境を実現できる実験装置を使用した変形・破壊実験等を行った。過去に地下深部にあって現在地表に露出している岩石を地質学的に調べて、地下深部における岩石の変形機構と過去の応力状態を明らかにした。実験室で高温高压の地下深部環境を作り出して、地下深部で起こっているすべり現象を再現することで、地震発生の際の断層や岩石の変形様式の解明に取り組んだ。さらに、断層周辺の応力状態と地震切迫度の関係を示すモデル構築のために、室内 AE 実験によって基礎データを取得した。

研究テーマ：テーマ項目 4、テーマ項目 6、テーマ項目 9、テーマ項目 11、テーマ項目 14、テーマ項目 22、テーマ項目 25、テーマ項目 26、テーマ項目 31

地震地下水研究チーム

(Tectono-Hydrology Research Team)

研究チーム長：松本 則夫

(つくば中央第七)

概要：

国の東海地震予知事業および地震調査研究業務を分担し、地殻活動と地下水変動の関係を解明するために、地下水等の観測・研究業務を行っており、地震に関連する地下水変化における日本の中核的研究チームである。東海・近畿・四国地域を中心に、全国に50以上の観測点を展開し、地下水の水位・自噴量・水温等の観測とともに、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予知研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは電話回線等を通じて当チームに送信され、それらのデータを用いて地下水等の変動メカニズム解明のための研究と、深部ゆっくりすべりや深部低周波微動のモニタリングを行っている。特に重要なデータは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じてデータベースとして公開しており (https://gbank.Gsj.jp/wellweb/GSJ/index_shtml)、地震防災対策強化地域判定会（東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関）・地震予知連絡会・地震調査委員会にデータを報告・説明している。平成25年度には、地下水位・水圧変化にて、短期的ゆっくりすべりが検出できることを世界で初めて示し国際誌に掲載され、また、産総研・防災科研・気象庁データを統合した短期的ゆっくりすべりの解析手法を用いて、四国から東海地域の過去3年間の短期的ゆっくりすべり

を高精度に決定し、発生履歴・すべり速度を詳細に明らかにしたことが特筆すべき成果である。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5、テーマ題目 6、テーマ題目 11、テーマ題目 14、テーマ題目 15

海溝型地震履歴研究チーム

(Subduction Zone Paleoearthquake Research Team)

研究チーム長：宍倉 正展

(つくば中央第七)

概要：

くり返し発生する海溝型地震の中でもまれに巨大化し、異常に大きな津波を伴って甚大な被害をもたらすことがある。2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)は、まさにその典型例であった。このような巨大地震は、津波や地殻変動の痕跡を地層や地形に残すことが知られていることから、本研究チームでは沿岸域での低地や湖沼の堆積物調査、生物遺骸群集や離水海岸地形の調査などを実施し、過去に海溝型巨大地震の履歴解明のための研究を行っている。さらに、これらの調査で明らかになった津波堆積物の分布域や地殻変動量などの観察事実について、定量的に説明できる断層・津波波源モデルを構築するため、津波及び地殻変動シミュレーションなどの検討を行い、過去に発生した海溝型巨大地震像の復元と将来の巨大津波の予測のための研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目 7、テーマ題目 13、テーマ題目 16、テーマ題目 21、テーマ題目 27、テーマ題目 29

地震災害予測研究チーム

(Earthquake Hazard Assessment Team)

研究チーム長：阿部 信太郎

(つくば中央第七)

概要：

地震による被害軽減に資することを目指して、主に地震時の断層変位による表層地盤の変形予測手法に関する研究を行った。本研究においては、新たに取得した探査データに既存の探査データも加えて総合的に解釈し、綾瀬川断層南東延長部における伏在断層の存否等を検討した。また、これまでに開発してきた拡張有限要素法コードについては、三次元、粘弾性、弾塑性を扱えるように改良するとともに、パラメータ設定等において解析者の主観性を可能な限り排除するシミュレーション手法に高度化した。

以上の研究成果を踏まえて、深谷断層帯の地盤変形予測に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目 8、テーマ題目 12、テーマ題目 15、テーマ題目 16、テーマ題目 19、テーマ題目 21、テーマ題目 22、テーマ題目

24、テーマ題目 30

[テーマ題目 1] 活断層評価の研究

[研究代表者] 吉岡 敏和 (活断層評価研究チーム)

[研究担当者] 吉岡 敏和、吾妻 崇、宮下 由香里、丸山 正、近藤 久雄、長 郁夫、村上 文敏、谷口 薫、宮本 富士香、中井 未里 (常勤職員6名、他4名)

[研究内容]

断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図るため、日本およびトルコ共和国の活断層について、古地震調査を実施した。短い活断層から発生する地震の評価手法開発のため、空中写真判読のクロスチェックに基づく活断層の長さの精査を行った。また断層破砕物質を用いて活断層の活動性を評価するための研究についても、断層岩の鉱物化学分析や試料採取を行った。

調査結果の普及と有効活用の目的ですでに公開中の活断層データベースについては、外部クラウドサーバーへの移行を完了とともに、より使いやすいデータベースを目指して、検索画面等の改修を行った。

1) 内陸および沿岸海域の活断層調査

本年度においては、トルコ・北アナトリア断層系で追加の古地震調査を実施し、最近4回分と5回分の累積地震時変位量を復元した。これらをもとに、地震時変位量を指標とした連動性評価手法を構築した。また、糸魚川-静岡構造線活断層系中部において古地震調査を実施し、諏訪湖断層群に沿った横ずれ地形の検出と最新活動時期の検討等をおこなった。短い活断層の評価手法については、データ精度向上のため、作並-屋敷平衡層、沼越峠断層、天竜付近の推定活断層、福知山付近の活断層等において空中写真判読のクロスチェックに基づく活断層の長さの精査を行った。さらに、断層破砕物質を用いた断層活動性評価手法の一般化に向け、湯ノ岳断層、警固断層帯、宇美断層等の断層岩の鉱物化学分析を実施した。また、塩ノ平断層のトレンチ調査を実施し、断層岩試料を採取した。

2) 活断層データベースの整備

活断層データベースについては、すでにインターネットで公開中であるが、より安定的・継続的な公開のため、外部クラウドサーバーへの移行を完了した。またそれに伴い、検索画面表示を全面的に改良し、地図を大きく表示できるようにしたほか、電子国土(地理院地図)の最新版への対応、国土地理院の都市圏活断層図や産総研の活火山データベース等へのリンク設定を行った。さらに、気象庁の防災情報を自動受信し、最近2週間に発生した地震の震源位置を表示できるようにした。

[分野名] 地質

[キーワード] 活断層、地震、古地震、活動性、評価、情報、データベース、インターネット

〔テーマ題目2〕内陸活断層帯の地震時変位量の連動型古地震像復元手法

〔研究代表者〕近藤 久雄（活断層評価研究チーム）

〔研究担当者〕近藤 久雄、谷口 薫、加瀬 祐子、杉戸 信彦（法政大学）、木村 治夫（電力中央研究所）
（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

地質分野重点推進予算により、糸魚川－静岡構造線活断層系の古地震シナリオマップ作成に向けた手法整備を実施した。断層系中央部の諏訪湖セグメント境界付近で0.5m メッシュ数値標高モデルを用いた変動地形解析、トレンチ・ボーリング・地下レーダ探査をおこなった。その結果、既往成果と総合して、最新活動では諏訪湖セグメント境界が連動したのではなく、境界よりも北部の区間が西暦762年地震、南東の区間が西暦841年？地震を生じたことが明らかになった。また、四賀桑原地点では2400-7700年前に最新活動が生じ、左横ずれ約10m の地震時変位が生じた可能性を指摘した。今後、より詳細に地震時変位量を復元し、平均変位速度等についても検討する。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕活断層、古地震、連動型地震、活動時期、活動性、地震時変位量、糸魚川－静岡構造線活断層系

〔テーマ題目3〕地震発生の物理モデルに関する研究

〔研究代表者〕桑原 保人（地震発生機構研究チーム）

〔研究担当者〕長 郁夫、加瀬 祐子、桑原 保人、今西 和俊、木口 努、中井 未里、武田 直人（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、大地震の発生予測精度の向上のため、モニタリングと物理モデルに基づいた予測手法を開発することを目的とする。活断層で発生する大地震については、主に糸魚川－静岡構造線断層帯（以下、糸静線）をターゲットに、断層の深部構造や応力状態のモニタリング結果を取り入れ、地震の発生時期と破壊の連動性の予測を行う。そのために必要な研究開発要素は、1)糸静線の深部構造モデル、2)糸静線の応力状態の把握、3)複雑な断層形状での3次元動的断層破壊のシミュレーション技術、4)粘弾性3次元不規則構造モデルでの地震発生サイクルシミュレーション技術、である。また、その他の重要な断層について、周辺の応力場を明らかにする。

海溝型巨大地震については、東南海・南海地震の発生予測精度の向上のために、沈み込み帯の深部低周波地震発生域の応力状態モニタリング手法を開発する。研究開発要素は、広い帯域の地震計3次元アレイ観測システムの展開と解析による、深部低周波地震の物理モデルの構築、それによる応力状態推定手法の開発である。将来的

には東南海・南海地震の発生シミュレーターに上記観測結果を取り込んだ予測手法に発展させる。

1) 糸魚川－静岡構造線での地震発生シミュレーターの開発

糸魚川－静岡構造線（糸静線）断層帯の変動・応力場再現のためのシミュレーションモデルについて、中部地域に分布する57断層でそれぞれ地震が発生した場合の3次元不均質地殻モデルの粘弾性応答が計算可能となるようにプログラムを改良し、断層間の相互作用を考慮した地震サイクルシミュレーションが可能なプロトタイプモデルとして提示した。さらに、同断層帯で地震が発生した場合の地震規模を評価するため、動的破壊の数値計算用のプログラムの改良を行い、およそ30度までの低角傾斜の断層における数値計算を可能とした。

3) 東海・東南海・南海地震の予測精度向上のための物理モデル構築

深部低周波微動の物理モデルを明らかにするため、紀伊半島にある産総研・飯高観測点周辺で38台の高感度地震計と3台の広帯域地震計からなるアレイ観測を引き続き実施した。今年度は直下で起こった微動活動を4回（4月、7月、9月、1月）欠測なく捉えることができ、微動の物理モデル構築に向けたデータ蓄積が実現できた。データの一部を別課題（火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決と微動発生機構の解明）で活用しながら、次年度からの解析に向けたデータ整理を行った。

4) 地震地下水観測維持費（地震）

産総研の保有する地下水モニタリング施設のうち5カ所と東南海・南海地震予測のための観測網のうち地震計に関わるシステムの観測維持とデータの整理を行った。結果は随時、地震予知連絡会等で公表した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震発生物理モデル、動的破壊、深部構造、応力場、糸魚川－静岡構造線、南海トラフ

〔テーマ題目4〕地震素過程に関する研究

〔研究代表者〕増田 幸治（地震素過程研究チーム）

〔研究担当者〕増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、高橋 美紀、北島 弘子（常勤職員5名）

〔研究内容〕

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指した。運営費交付金によって実施。長石質岩石の焼結技術について、粒度分級工程を見直した。長石では、焼結前の粒度を1 μ m 未満に揃えて実験したものの、1150 $^{\circ}$ Cでは融解し、1050 $^{\circ}$ Cでは殆ど焼結しないことを確認した。湿度の精密管理による乾燥条件下においても、融点が低くかつ拡散係数が小

さい長石質の岩石を焼結させる技術開発が必要と分かった。花崗岩の三軸圧縮クリープ試験を行った。微小破壊活動に及ぼす周期的封圧変動の影響を調べ、軸圧増加速度一定の条件では、軸圧の増加とともに封圧変動と微小破壊活動の相関が強くなるのに対し、軸圧一定の条件では、相関が急激に失われることがわかった。

【分 野 名】地質

【キーワード】脆性－塑性遷移、長石、不安定すべり、三軸圧縮破壊実験、微小破壊

【テーマ題目5】地下水等総合観測による地震予測精度向上に関する研究

【研究代表者】松本 則夫（地震地下水研究チーム）

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、高橋 誠、北川 有一、板場 智史、落 唯史、武田 直人、石川 有三、梅田 康弘（関西センター）、佐藤 努（地質情報研究部門、兼任）、加納 靖之（京都大学）、中村 衛（琉球大学）、角森 史昭（東京大学）、浅井 康広（東濃地震科学研究所）、田阪 茂樹（岐阜大学）、石井 紘（東濃地震科学研究所）、大久保 慎人（東濃地震科学研究所）、山本 明彦（愛媛大学）、頼 文基（台湾国立成功大学）、村瀬 雅之（日本大学）（常勤職員6名、他14名）

【研究内容】

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会）の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。

平成25年度には、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用し、地下水等観測データを地震防災対策強化地域判定会等に報告した。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析を継続し、短期的ゆっくりすべりと深部低周波微動の解析結果を地震調査委員会などの各種委員会や地震に関する地下水観測データベースで公開した。地下水位・水圧変化にて、短期的ゆっくりすべりが検出できることを世界で初めて示した。1946年南海地震前の目撃証言の収集を継続し、上下変動推定の成果をまとめた。台湾成功大学との共同研究「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」を引き続き推進し、成功大学において第13回ワークショップを開催した。琉球大学と協力して1999年集集地震時の台湾での地下水位変化に対する地震動の寄与の周波数依存性を見積もった。

【分 野 名】地質

【キーワード】地震予測、地下水、地殻変動、東海地震、南海地震、東南海地震、ゆっくりすべり、

深部低周波微動

【テーマ題目6】東南海・南海地震予測のための地下水等観測施設整備

【研究代表者】小泉 尚嗣（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】小泉 尚嗣、高橋 誠、松本 則夫、北川 有一、板場 智史、梅田 康弘、桑原 保人、今西 和俊、木口 努、佐藤 隆司、武田 直人、佐藤 努（地質情報研究部門、兼任）、山口 和雄（地質情報研究部門）、高橋 浩（地質情報研究部門）、森川 徳敏（地質情報研究部門）、石井 紘（東濃地震科学研究所）、大久保 慎人（東濃地震科学研究所）、浅井 康広（東濃地震科学研究所）、（常勤職員13名、他5名）

【研究内容】

東南海・南海地震予測のために、産業技術総合研究所（産総研）は、平成18年度から、紀伊半島・四国周辺に地下水等総合観測施設の整備を行っている。平成25年度は、平成23年度補正予算（繰越）による施設整備費を用いて、愛知県西尾市における観測点整備を完了した。

【分 野 名】地質

【キーワード】地震予測、地下水、地殻変動、東南海地震、南海地震

【テーマ題目7】海溝型地震の履歴と被害予測の研究

【研究代表者】穴倉 正展（海溝型地震履歴研究チーム）

【研究担当者】穴倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、行谷 佑一、谷川 晃一郎（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

海溝型地震は通常、数十年から百年程度のサイクルで発生するが、数百年から千年に1度、まれに巨大化することが近年の古地震調査によって知られ、2011年東北地方太平洋沖地震はその典型例である。本研究の目的は、海溝型巨大地震の履歴を解明すること、および過去の巨大地震に伴う津波や地殻変動を復元して地球物理学的検証から震源・波源の断層を推定することである。本年度は、日本海溝沿いでは、仙台湾および仙台北野、北茨城でそれぞれ採取した地質柱状試料の¹⁴C年代測定、1930年代に採取された貝類試料中に含まれる¹⁴C濃度の測定、青森県～茨城県沿岸の中世の津波に関する古文書調査、869年貞観地震の断層モデルの再評価、三陸海岸の広田湾における津波堆積物調査の準備、相模トラフ沿いでは千葉県館山市で採取した地質柱状試料の¹⁴C年代測定、南海トラフ沿いでは静岡県の浜松平野、太田川低地、榛原低地、相良低地、和歌山県の串本でそれぞれ採取した地質柱状試料の¹⁴C年代測定などを実施した。

【分 野 名】地質

【キーワード】 日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、海溝型地震、津波、地殻変動、津波堆積物、断層モデル

【テーマ題目8】 地震災害予測の高度化に関する研究

【研究代表者】 阿部 信太郎（地震災害予測研究チーム）

【研究担当者】 堀川 晴央、竿本 英貴、林田 拓己（建築研究所）、木村 治夫（電力中央研究所）、関口 春子（京都大学）、吉田 邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

本研究では、地震被害軽減に資するよう地震動予測および断層運動に伴う地表変形に関する調査・研究を実施している。本年度は新たに反射法地震探査を実施し、綾瀬川断層延長部に伏在断層による撓曲構造を確認した。また、既存反射法データの再解析により関東平野深部にリフティングに伴う断層活動によって形成されたハーフグラベン構造を確認した。既存反射法地震探査データの再処理により捉えた関東平野の深部地質構造に関する成果は、首都圏の地震動評価の高度化に大きく貢献すると共に、この地域の既存データが未抽出な重要情報を多数含んでいる可能性が高いことを示唆する。地盤変形シミュレーションについては、有限要素法コードを三次元、粘弾性、弾塑性を扱えるように改良するとともに、地表変形の情報から地下の断層形状を自動的に推定可能な解析手法へ高度化した。

【分野名】 地質

【キーワード】 地盤変形予測、反射法地震探査、有限要素モデル、深谷断層、綾瀬川断層

【テーマ題目9】 融合課題

【研究代表者】 桑原 保人（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】 今西 和俊、重松 紀生、吾妻 崇、丸山 正、道家 涼介（温泉地学研究所）（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本研究は、地震の発生・災害の予測に有効な研究の中で、特に、専門の異なる研究者が融合する事で研究の著しい進展が期待できる研究テーマとして、活断層の深部形状推定手法の開発と、地下深部の応力場と地表部の断層運動方向の整合性の把握を目標に、下記のテーマを実施した。

1) 地震学的に見た応力と地質・地形学的に見た断層運動の整合性の検討

断層における応力場と地表部の断層運動方向の整合性の把握するため、H24年度より継続して、跡津川断層を対象に地質・地形学的に見た断層運動と地震学的に見た応力を比較した。H24年度までの調査において、跡津川断層中部・東部では、データを取得した露頭位

置に問題があった。このことから調査前にDEMデータに基づき断層位置を特定し、調査を行った。しかし断層の露出は限られデータ取得は困難であった。なお1箇所の基盤岩中の露頭は見られたが、明瞭な条線がなかった。このため、X線CT解析により断層の内部構造を明らかにして運動方向を出すことを目的とした試料採取を行った。

また活動性の比較という観点から、現在の活動性が低いとされる三重県の中央構造線、茨城県・福島県の棚倉構造線において断層すべり方向のデータを取得した。両断層とも十分なデータは得られているが、過去の活動履歴の重複が見られ、地震データとの比較を行う前に活動履歴の分離が必要である。

【分野名】 地質

【キーワード】 融合研究、跡津川断層、断層運動方向、地殻応力

【テーマ題目10】 沿岸海域の地質構造調査

【研究代表者】 岡村 行信（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】 岡村 行信、佐藤 智之、荒井 晃作（地質情報研究部門）（常勤職員3名）

【研究内容】

駿河湾内のプレート沈み込み境界と陸上の富士川河口断層帯との連続性を明らかにするため、富士川河口から由比沖においてマルチナロービーム音響測深機を用いた精密地形調査を、静岡沖から沼津沖でブーマー及びブウォーターガンを音源とするマルチチャンネル音波探査をそれぞれ400km及び200kmの測線に沿って実施した。地形調査では、富士川河口断層帯の海域延長部より西側で複雑な地形が発達することが明らかになった。音波探査ではいくつかの不整合を認識したが、現状では明瞭な断層は確認できなかった。今後、音波探査データの再処理を進め、さらに詳しい解析を実施する予定である。

【分野名】 地質

【キーワード】 駿河湾、富士川河口断層帯、海底音波探査、海底地形調査、海底層序

【テーマ題目11】 巨大地震のリスク評価

【研究代表者】 石川 有三

【研究担当者】 石川 有三、桑原 保人、小泉 尚嗣、松本 則夫（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本テーマでは、歴史地震を含むアジア太平洋地域の地震データベースを構築するため、過去の観測データをデジタル化し、震源パラメータを再決定する。また、各国の歴史地震震源カタログを元に統一した広域のカタログに編集し、これらの成果に基づき超巨大地震の発生メカニズムを調べ、発生の特性と繰り返し機構の解明につとめ、リスク評価の基礎資料とする。その目的でベトナムとフィリピンの歴史地震資料を重複などの整理を行い

東アジア歴史地震カタログと統合した。更に、マグニチュードをより統一的にするため、1980年台に提案されたモーメントマグニチュードを過去に遡って適用できるように過去データの豊富な気象庁データでモーメントマグニチュードを推定する方法を求めた。また、活断層のデジタルデータもサハリン、日本、台湾、フィリピンの既存データを収集した。中国についてはデータが公開されていないため衛星データを利用した活断層抽出手法を検討した。これらは、G-EVER（アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスク対策）プロジェクトに活用される。

【分野名】地質

【キーワード】地震、巨大地震、歴史地震、リスク、アジア、太平洋、G-EVER

【テーマ題目12】関東地域における地震テクトニックマップの試作

【研究代表者】今西 和俊（地震発生機構研究チーム）

【研究担当者】今西 和俊、桑原 保人、内出 崇彦、松下 レイケン、阿部 信太郎、堀川 晴央、吉見 雅行、吾妻 崇、大坪 誠（地質情報研究部門）、宮川 歩夢（地質情報研究部門）（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

将来どのような規模・発生様式の地震が起こり得るのかを正確に評価する上で、高い空間分解能を持つ応力情報をもとに地震発生場の地域性を総合的に検討した地図—地震テクトニックマップ—の整備が急務の課題である。そこで H25年度より関東地域の25km 以浅をケーススタディとして試作に取り組み始めた。今年度は主に過去10年程の間に発生した微小地震解析を実施し、決定精度の高い震源分布とメカニズム解を決定した。関東平野北西縁断層帯と立川断層帯を含む地域では逆断層型と横ずれ型の微小地震が全域にわたって発生していることがわかった。圧縮軸方位に着目すると明瞭な空間分布が確認でき、中でも関東平野北西縁断層帯を境に大きく変化していることが注目される。震ヶ浦南端直下では西南西—東北東から北西—南東方向に伸張軸を持った正断層型がまとまって起こっていることも明らかとなった。また、山梨県北東部において6点の臨時観測を開始し、定常観測点が疎で地震データが不足していた地域の応力場推定の準備を行った。

【分野名】地質

【キーワード】地震テクトニックマップ、関東地域、応力、地質情報、臨時観測

【テーマ題目13】補正予算（津波災害リスクの調査・研究）

【研究代表者】岡村 行信（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】澤井 祐紀、田村 亨（地質情報研究部門）、原 淳子（地質情報研究部門）、中島 礼（地質情報研究部門）、穴倉 正展、藤原 治、行谷 佑一、石原 吉明（情報技術研究部門）、中村 良介（情報技術研究部門）、岩男 弘毅（地質調査情報センター）、岡村 行信、谷川 晃一郎、前杵 英明（広島大学）、越後 智雄（地域環境地盤研究所）、松永 恒雄（環境研究所）、石黒 聡士（環境研究所）、小熊 宏之（環境研究所）、山野 博哉（環境研究所）（常勤職員11名、他7名）

【研究内容】

東北地方太平洋沖地震の後、東北地方以外の沿岸域でも巨大津波リスク評価の必要性が認識されるようになり、2011年度第3次補正予算を用いて津波堆積物調査を広域的に展開していくこととなった。対象地域は、東北地方、房総半島、静岡県、三重県、和歌山県などで、ボーリング調査、地形調査などを実施した。さらに津波浸水計算を行うための過去の海岸地形データの作成や、浅海域の海底地形レーザー測量などを実施した。これらの調査によって、新たな過去の津波や地殻変動のデータを収集することができた。

1) 東北地方における津波堆積物調査

仙台湾の水深約30m までの海底において、グラブ採泥器で50地点、長さ1m 程度ショートコアで44地点、長さ4m 程度ロングコアで15地点から堆積物を採取し、堆積物の組成、堆積構造、化学分析などを行った。水深17~20m 以浅には砂が分布し、その沖で海底勾配が急減して粘土とシルトが分布する。堆積物中の貝殻は津波によって大きく輸送されていない。有機物量は水深19~22m 地点で多く、Cu、Zn、As、Pb の濃度も高くなる。柱状試料で生物擾乱が増加する境界が認められ、その上部が津波によって再移動、再堆積した可能性がある。仙台市若林区の南長沼周辺で、ジオスライサーを用い津波堆積物の剥ぎ取り標本作製した。

2) 房総半島沿岸における古地震調査

房総半島に発達する段丘の分布・形状を詳細に解析するため、地上レーザー計測を行った。また、房総半島内の河川沿いでも航空レーザー測量によって2m メッシュのデジタル標高データを作成した。また、これらの段丘の成因及びその年代を明らかにするため、ボーリング作業を夷隅川低地、御宿低地、鴨川低地、千倉低地、館山低地、香地域で実施した。それらの結果の解析を進め、房総半島の隆起イベントの年代や津波堆積物の有無を解明する予定である。

3) 静岡県沿岸の古地震・津波堆積物調査

南海トラフで発生する巨大地震の規模と履歴を明らかにするため、浜松平野西部で16地点、太田川低地で

7地点、榛原低地及び相良低地で25地点のボーリング調査を行った。浜松平野では約7500年前以降の、太田川低地では約9000年前以降の地層を採取し、複数の津波堆積物を見いだすと共に、それぞれの地域の平野の成長過程とその間の沈降運動を解明できるデータを取得した。榛原低地及び相良低地では、津波堆積物である可能性がある粗粒堆積物を採取した。また、榛原・相良地域は東海地震では隆起域に当たるが、14世紀以降に関しては隆起の累積がほとんど認められないことが明らかになった。

4) 三重県中部における津波堆積物調査

三重県津市周辺の沖積平野で、津波の浸水履歴を明らかにする目的で、17地点のボーリング調査を実施した。そのうち3地点はオールコアボーリングとした。それらの試料は、基底に河川性の礫質堆積物を含み、その上に湿原環境を示唆する泥炭層が覆い、表層は土壌からなる。泥炭層中には薄い砂層が確認でき、津波堆積物かどうかの検討を今後進める。

5) 紀伊半島南部における古津波調査

紀伊半島の橋杭岩及びその周辺において、台風前後の2時期の地上レーザースキャン及び浅海部のラジコンボートを用いた深淺測量を実施し、デジタル地形データ（陸域では10cm、海域では2mの精度）を作成した。その結果に基づいて、橋杭岩周辺に散乱する巨礫の分布及びそれぞれの形状を明らかにした。また、串本町の陸繋島砂洲の南端付近で実施した6本のボーリング調査で得られた試料について、鬼界アカホヤテフラや9枚前後の津波堆積物の可能性がある砂層の年代について分析した。これらのデータに基づいて、紀伊半島南部を襲った津波の発生履歴と規模を明らかにする予定である。

6) 津波計算用の明治時代以前の地形データ整備

津波堆積物や歴史記録に基づいた過去の津波に関する情報から、津波規模を推定し津波の波源モデルを構築するため、沿岸地域の地形データの整備を行った。まず、既存の公表されているデジタルデータを用い0.1秒間隔の地形データを作成した。その後、太平洋沿岸については国土地理院が発行する旧版地図を根拠に、海岸及び河川の堤防などを除去し、周辺の標高から補完すると共に、埋め立て地は海域化した。平野の拡大や浸食など自然現象による地形変化は反映できなかったため、それぞれの地域の調査に基づいた補正を今後行う必要がある。

7) 航空機搭載型測深 LiDAR による浅海域細密地形データの整備

地形が複雑な海岸から内陸へ浸水する津波シミュレーションの精度を向上させるため、浅海域の航空機を用いた水深測量を、三陸海岸、伊豆半島周辺、志摩半島周辺、紀伊水道などで実施し、データが得られた範囲で5m メッシュのデータを作成した。本測量は海水

を透過するレーザー光を用いるがその透明度によって、調査可能水深が大きく異なる。最大では30～40m の水深まで測量できたが、20m 程度の水深までしか測定できなかった場所もある。本調査は降雨による海水の濁りの影響や風の影響を強く受けるが、内湾の養殖いかだが多数設置されているような場所でも効率的に調査できる。このような本調査の制約とメリットも明らかになった。

[分野名] 地質

[キーワード] 日本海溝、相模トラフ、南海トラフ、津波堆積物、レーザー測量、津波シミュレーション、仙台湾、海底堆積物、化学分析、再堆積、地殻変動、房総半島、レーザー測量、地中レーダー、浜松平野、太田川低地、沖積平野、地殻変動、浜堤列、三重県、紀伊半島、橋杭岩、地上レーザー計測、深淺測量、アカホヤテフラ、三陸海岸、伊豆半島、志摩半島、航空レーザー計測、デジタル地形データ、旧版地図、人工改変

[テーマ題目14] 地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化

[研究代表者] 石川 有三（地震地下水研究チーム）

[研究担当者] 石川 有三、宝田 晋治（地質情報研究部門）、小泉 尚嗣、桑原 保人、高田 亮（地質情報研究部門）、近藤 久雄、重松 紀生、古川 竜太（地質情報研究部門）丸山 正（常勤職員8名、他1名）

[研究内容]

本テーマでは、統一的な基準でアジア地域のデータ整備を進め、CCOP 関係各国との協力を通して、より信頼性の高い地震、火山データベースやハザードマップ、リスクマップ作成のための活動を展開する。これらの成果を Global Earthquake Model (GEM) や Global Volcano Model (GVM) 等のデータベースにも反映させることにより、国際標準化が進むことが期待される。今年度は G-EVER (アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスク対策) 推進チームを中心に、アジア太平洋地域の研究機関等の訪問や研究協力を実施し、東アジア地域地震火山災害図の作成、アジア太平洋地域地震火山ハザードシステム構築等の地震・火山噴火のハザード、リスクに関する活動を推進した。具体的には、インドネシア、フィリピン、シンガポール、イタリアと地震火山ハザード情報整備プロジェクトに関する連携を進めた。また、イタリア GEM 本部を訪問し、アジアの活断層情報整備に関する研究打ち合わせを実施した。さらに仙台市において、第2回 G-EVER 国際シンポジウムを開催した。これらの活動を含め、アジア科学技術会議

(SCA2013)、IAVCEI2013 (国際火山学会)、AGU (米国地球物理学連合) において、G-EVER に関する研究成果発表を行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地震、火山噴火、リスク、国際標準、アジア、太平洋、G-EVER

〔テーマ題目15〕 南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

〔研究代表者〕 松本 則夫 (地震地下水研究チーム)

〔研究担当者〕 松本 則夫、小泉 尚嗣、桑原 保人、高橋 誠、今西 和俊、北川 有一、安藤 亮輔、板場 智史、落 唯史、武田 直人 (常勤職員8名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、短期的ゆっくりすべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明のために平成22年度から開始した。

平成25年度には、昨年開発した4成分の水平歪センサーで計算できる4組の水平歪に着目した短期的ゆっくりすべりの客観的な検出方法について、地下水等データ解析・表示システムへの実装にむけて仕様を決定した。また、昨年までに開発した産総研・防災科研・気象庁データを統合した短期的ゆっくりすべりの解析手法を用いて、四国から東海地域の過去3年間の短期的ゆっくりすべりを高精度に決定し、発生履歴・すべり速度を詳細に明らかにした。三重県松阪市に設置した地震計約40点からなる3次元地震計アレイ観測を継続し、従来の観測網では検出できない詳細な微動の移動パターンの推定を継続した。また、微動の発震機構解の推定方法を開発し、同機構解の推定を行った。国土地理院が公開する GNSS データを解析した結果、南海地域では1997年以降、長期的深部すべりの前後でプレート固着の状況が変化しなかったことを明らかにした。また、東海地域の長期的ゆっくりすべりと固着との関係についての結果が国際誌に掲載された。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地震予測、歪、傾斜、地下水、ゆっくりすべり、深部低周波微動、東南海地震、南海地震

〔テーマ題目16〕 地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

〔研究代表者〕 桑原 保人 (活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕 桑原 保人、吉見 雅行、行谷 佑一、堀川 晴央、長谷川 功 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研融合・連携推進予算 (戦略予算) によって昨年度より開始した。当研究センターでは、産業種別ごとの地震の周波数毎の揺れと津波に対するフラジリティカーブ作成および南海トラフの地震について、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の推定を行うことである。研究期間は H23年10月から H26年3月であり、最初の1年間はフィージビリティ研究として行った。

最終年度である本年度は、産業種別ごとのフラジリティカーブ作成に関しては、福島県、宮城県の公設試と協力して得られた企業約800社のアンケート回答データや、東北大学と清水建設 (株) との協力関係を構築して得られた約7000社 (東北大) および500社 (清水建設) のデータについて被害状況を分析した。これらの被害データと、産総研 QuiQuake システムによる東北沖地震の揺れ推定データ、昨年度作成した宮城県全域の津波高さ分布の補完データを合わせ、揺れと津波に関する産業フラジリティカーブを得た。さらに、理論計算および QuiQuake の改良による東北地方の揺れの周期依存を2通り計算し、周期依存の揺れのフラジリティーカーブの作成を試みた。なお、予備的な結果としては、必ずしも周期依存性は明確では無かった。また、東海・東南海・南海地震について、安全科学研究部門で実施する2次被害予測のシミュレーションシステムへの入力データとして、各種の起こりうる地震を想定し、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の計算を実行し、結果を得ることができた。

以上の結果は、学会等で公表した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティカーブ、揺れ、津波

〔テーマ題目17〕 活断層の補完調査

〔研究代表者〕 吉岡 敏和 (活断層評価研究チーム)

〔研究担当者〕 吉岡 敏和、粟田 泰夫、宮下 由香里、近藤 久雄 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成25年度の調査対象断層帯は、奈良盆地東縁断層帯 (京都盆地-奈良盆地断層帯南部) であり、断層帯の位置形状を詳細に解明するとともに、後期更新世末以降の断層活動時期をより限定するために、空中写真および

DEM から作成した立体等高線図の判読と、断層帯西縁の帯解断層を横切る S 波反射法地震探査・地中レーダー探査・ボーリング調査およびトレンチ調査を実施した。この結果、従来知られていた長さ約35km のうち、明瞭な変動地形を伴う断層は南部の約21km に限られた。帯解断層の奈良市今市町付近での各種調査によれば、基盤の大坂層群は緩やかな撓曲状の変形を示し、約2-3万年前の段丘堆積相当層にも変形が推定されたが、古墳・奈良時代以降の非変形の旧河道堆積物が傾斜した大坂層群を不整合に覆うことが確認できた。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、奈良盆地東縁断層帯、補完調査、文部科学省、地震調査研究推進本部

【テーマ題目18】地域評価のための活断層調査（九州地域）

【研究代表者】吉岡 敏和（活断層評価研究チーム）

【研究担当者】吉岡 敏和、堤 浩之（京都大学）、
宮下 由香里、近藤 久雄、楮原 京子
（山口大学）（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成25年度は2年計画の1年目にあたり、九州地域の活断層のうち、小倉東断層、福智山断層帯、西山断層帯／嘉麻峠区間、佐賀平野北縁断層帯を対象に、断層の位置・形状、活動度等を明らかにするための調査を実施した。

1) 小倉東断層

小倉東断層では、過去複数回の活動時期を明らかにすることと、断層の延長部分の活動性を明らかにすることを目標とし、初年度としては、次年度以降に詳細な活動履歴調査を実施するための断層位置の特定および堆積物の分布状況等を明らかにするための群列ボーリング調査等を行った。その結果、2地点でのボーリング調査で、基盤岩の地質境界にあたる地点で上位の堆積物に1~2m の落差が認められ、堆積物が断層変位を受けていることが推定された。

2) 福智山断層帯

福智山断層帯では、最新活動時期を含む活動履歴をより精度よく求めることを目標とし、断層帯北部でのトレンチ調査、および断層帯中南部での群列ボーリング調査を実施した。その結果、トレンチ調査では基盤をなす急傾斜した芦屋層群の砂岩泥岩互層の上位に、低下側のみ礫層及びシルト層が分布し、両者の境界には風化による粘土が分布するのが確認された。群列ボーリング調査では、基盤岩上面に撓曲状の段差が認

められるとともに、基盤岩中には断層破碎帯が確認された。

3) 西山断層帯／嘉麻峠区間

西山断層帯／嘉麻峠区間では、断層の活動性や過去の活動時期を明らかにすることを目標とし、初年度においては大縮尺空中写真や地形図の判読および地表踏査を行った。また断層変位を受けた地形面のボーリングおよびピット掘削調査、極浅層反射法地震探査を行った。その結果、区間中部の小石原地区において、第四紀後期の礫層を変位させる明瞭な断層露頭が確認された。さらに北部のボーリング調査および南部での反射法地震探査により、基盤岩上面に上下変位があることが推定された。

4) 佐賀平野北縁断層帯

佐賀平野北縁断層帯では、断層の分布・形状を明らかにするとともに、断層の活動性および過去の活動時期を明らかにすることを目標とし、初年度においては測線長7km 程度の P 波反射法地震探査、および探査記録と地層の対比を行うための層序ボーリング調査を実施した。また、段丘面の変位が確認された地点で、段丘面の年代を確認するためのボーリング調査等を実施した。その結果、反射法地震探査では、基盤岩上面が南に向かって傾斜していることが確認された。またボーリング調査では、阿蘇4火砕流堆積物に断層変位によると考えられる落差があることが確認された。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、活動性、地域評価、九州、地震調査研究推進本部

【テーマ題目19】沿岸海域における活断層調査

【研究代表者】阿部 信太郎（地震災害予測研究チーム）

【研究担当者】阿部 信太郎、池原 研（地質情報研究部門）、西田 尚央（地質情報研究部門）、杉山 雄一、岡村 行信、内田 康人（北海道立総合研究機構）、坂本 泉（東海大学）、山本 博文（福井大学）（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成21年4月に策定した「新たな活断層調査について」に基づき、高田平野断層帯／直江津沖の断層、野坂・集福寺断層帯／野坂断層帯（海域部）及び三方・花折断層帯／三方断層帯（海域部）について、既存の探査データも参照し、延長部も含めて海域部の全体的な位置・形状を確認し、全長を明らかにするとともに、活動履歴の解明するため、海上音波探査、海底堆積物採取等を実施した。

1) 高田平野断層帯／直江津沖の断層

陸域の高田平野西縁断層から直江津沖の断層に至る領域における活構造の有無、直江津沖の断層の北端部

を確認するため、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査を実施した。その結果、高田平野西縁断層の海域延長部に撓曲構造が確認された。また、直江津沖の断層の北東延長上にも活褶曲が確認され、陸域の高田平野西縁断層は、地質構造としては米山崎沖の褶曲帯に連続していることが明らかになった。また、高田平野西縁断層の海域延長部に確認された活撓曲付近において、パイプロコアラを実施した。その結果、沖積層基底面に対応する反射面が同定され、陸域から海域に連続する撓曲構造に完新世以降の活動が示唆された。

2) 野坂・集福寺断層帯／野坂断層帯（海域部）

野坂断層帯海域部については、陸上部と共に15～17世紀に活動したか不明であり、これに先立つ完新世の活動についてもデータが得られていない。このため、同断層帯海域部の過去の活動時期、平均変位速度及び単位変位量の解明を目的として、マルチチャンネル及び高分解能シングルチャンネル音波探査と海上ボーリングを実施した。その結果、本断層帯は少なくとも約4～6千年前、約8千年前、約9千～1万5百年前に活動し、完新世の平均上下変位速度は0.6～0.8m/千年、1回の活動に伴う単位上下変位量は約1.7～3.3mであったことが明らかになった。15～17世紀に野坂断層帯海域部が活動したか否かについては、確定的なデータを得ることができなかった。

3) 三方・花折断層帯／三方断層帯（海域部）

三方断層帯海域部については1662年寛文地震時に活動したか不明であり、これに先立つ完新世の活動についてもデータが得られていない。このため、同断層帯海域部の過去の活動時期、平均変位速度及び単位変位量の解明を目的として、マルチチャンネル及び高分解能シングルチャンネル音波探査と海上ボーリングを実施した。その結果、本断層帯は約1万3千年前以降、少なくとも3回活動し、この間の平均上下変位速度は0.7～1.0m/千年であることが分かった。また単位上下変位量は約2～3mであった可能性が高い。最新活動は約6.5～7千年前以降であることがわかったが、これが1662年寛文地震に対応するか否かについては、確定的なデータが得られなかった。

[分野名] 地質

[キーワード] 高田平野断層帯、高田平野西縁断層、直江津沖の断層、活撓曲、音波探査、パイプロコアラ、野坂・集福寺断層帯、野坂断層、活断層、活動履歴、海上ボーリング、三方・花折断層帯、三方断層、活断層、1662年寛文地震

[テーマ題目20] 警固断層帯（南東部）における重点的調査観測

[研究代表者] 吉岡 敏和（活断層評価研究チーム）

[研究担当者] 吉岡 敏和、宮下 由香里、吾妻 崇、水野 清秀（地質情報研究部門）
（常勤職員4名）

[研究内容]

本研究は、福岡県に位置する警固断層帯南東部が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、九州大学からの再委託で実施しているもので、平成25年度は3年計画の最終年度にあたり、「陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査」および「陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化」について分担実施した。このうち、陸上における活断層の詳細位置、断層形状および変位量分布の把握としては、警固断層帯（南東部）の地表付近での詳細な断層位置と分布形状および変位量分布を把握するため、警固断層、宇美断層および日向峠-小笠木峠断層帯を含む全域について詳細な地形面区分を行った。また断層の分布位置形状および変位量のデータを整理し、それらをデータベース化するとともに、地形分類図、活断層分布図と合わせて GIS 化した。陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化としては、陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の活動履歴をより高精度に求めることを目的に、これまでの調査結果に基づいて、春日市の九州大学筑紫キャンパス内においてトレンチ調査等を実施した。その結果、地層の堆積状況や基盤岩の破碎状況を確認することができ、断層の通過範囲を限定することができた。

[キーワード] 活断層、警固断層帯、位置、活動時期、九州大学

[テーマ題目21] 南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

[研究代表者] 宍倉 正展（海溝型地震履歴研究チーム）

[研究担当者] 宍倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、行谷 佑一、松本 弾、谷川 晃一郎、安藤 亮輔、鈴木 淳（地質情報研究部門）（常勤職員7名、他1名）

[研究内容]

本プロジェクトは、近い将来の発生が危惧される南海トラフ沿いの巨大地震・津波による災害の軽減に貢献するため、大学や研究機関が自治体と連携し、地域連携減災研究、巨大地震発生域調査観測研究、地震発生シミュレーション研究の3つの分野で調査研究を実施している。活断層・地震研究センターでは、これらのうち、巨大地震発生域調査観測研究の一環として陸域津波履歴調査を、地震発生シミュレーション研究の一環としてモデル構築・シナリオ研究の一部をそれぞれ担当している。平成25年度は、陸域津波履歴調査では、高知県南国市十市地区を中心に津波堆積物の検出を目的とした掘削調査を実

施し、9地点でボーリング掘削、3地点でジオスライサー掘削による地質柱状試料を採取した。このほか既存のボーリング試料の観察や隆起痕跡の調査も実施した。モデル構築・シナリオ研究では、歴史地震の断層モデルとサイクルに関する計算手法の検討を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波堆積物、地震サイクルモデル

〔テーマ題目22〕震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

〔研究代表者〕佐藤 隆司（地震素過程研究チーム）

〔研究担当者〕佐藤 隆司、雷 興林（地圏資源環境研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて震源極近傍で観測することにより、地震発生過程解明および鉱山での地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での観測結果を解釈する際の基礎データとする。

今年度は、5月から7月まで、南アフリカ Witwatersrand 大学の博士課程学生を招聘し、実験指導をした。南ア金鉱山深度約3km から採取した橄欖岩および頁岩試料を用いた破壊実験を行い、AE 時空間分布から岩石試料の破壊過程を調べた。また、破壊後の試料の CT 画像を撮影し、破壊面の形状と AE 震源分布の比較を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕南アフリカ金鉱山、地震被害低減、震源極近傍観測、室内岩石破壊試験、アコースティック・エミッション (AE)

〔テーマ題目23〕動力学シミュレーションにおける傾斜逆断層の解析的検討

〔研究代表者〕加瀬 祐子（地震発生機構研究チーム）

〔研究担当者〕加瀬 祐子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

動力学シミュレーションによる鉛直横ずれ断層と傾斜60度逆断層の応力形状係数 c 値の関係（横ずれ>逆断層）が、無限長断層の関係（横ずれ<縦ずれ）と異なっていることに対する検討をおこなった。縦ずれの近似解としては、無限長断層に対する解析解（Starr, 1928）が用いられてきたが、Starr (1928) の問題設定では、断層中央において traction が0にならないため、ここに自由表面が存在する半無限媒質中の地表まで達する縦ずれ断層の近似としては適切ではない（笠原、1983）。そこで、全無限媒質中に長方形の断層面を仮定し、短辺（断層の

幅に相当）方向に剪断応力がはたらく場合（縦ずれに相当）の動学的破壊を計算した。その結果、断層の長辺（断層の長さに対応）が長くなるに従って、 c 値は Starr (1928) の解に収束する傾向を示し、この値は、鉛直横ずれ断層の c 値よりも常に大きかった。以上より、地表まで達する縦ずれ断層の c 値が横ずれ断層のものよりも小さいことは問題ないと考えられる。ただし、今後、静的問題として同様の検討をおこない、同様の結果が出ることを確かめる必要がある。

傾斜角や応力降下量のばらつきを考慮してパラメータスタディを行い、 c 値の変動を確認した。応力降下量が同じであれば、傾斜角による c 値のばらつきは極めて小さい。また、応力降下量が小さすぎるために破壊が広がりにくい場合を除いて、応力降下量による c 値のばらつきも十分に小さい。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕動学的断層破壊シミュレーション、逆断層、応力形状係数、断層パラメータ

〔テーマ題目24〕H25柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網の整備作業

〔研究代表者〕阿部 信太郎

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕阿部 信太郎、竿本 英貴、林田 拓己（外来研究員）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

新潟県南部地域に展開中の GPS 連続観測点30点と微動・地震動連続観測点15点の継続的な運用を確保するため、データ収集等保守作業を行った。通常の保守に加え、大雪等に備えるため GPS アンテナのケーブル接続部の交換・補強を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震観測、GPS 観測

〔テーマ題目25〕巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

〔研究代表者〕高橋 美紀（地震素過程研究チーム）

〔研究担当者〕高橋 美紀、北島 弘子、金川 久一

（千葉大学）、堤 昭人（京都大学）、

廣瀬 丈洋（海洋研究開発機構）、

谷川 亘（海洋研究開発機構）

（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

新学術領域研究「超深度掘削が拓く巨大海溝型地震の新しい描像」の課題の一つである「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」では南海トラフ掘削コア等の試料の物性から海溝型巨大地震の発生メカニズムの解明を目指している。今年度は本課題の最終年度であり、主に産総研で分担した実験は摩擦発熱による断層岩近傍のイライト化を実験に再現することである。

膨潤性を示す Na スメクタイト30wt%+石英70wt%の混合ガウジ1gに0~1mol/lの濃度のKCl溶液0.5ccを加え、垂直応力1~2MPa、変位速度1.3m/sで摩擦実験を行った。その結果、KCl濃度の増加に伴って定常摩擦強度が増加する傾向が認められた。また、0.5mol/l以上のKCl濃度の実験では、すべり面の温度が120℃以上に達した試料において、膨潤性を示さないKスメクタイトとわずかなイライトが認められた。以上の実験結果は、摩擦発熱によって膨潤性を示すスメクタイトが膨潤性を示さなくなるスメクタイトやイライトに変化することを示した。付加体中の断層で見ついている局所的なスメクタイトのイライト化は、地震、つまり高速の破壊が伝播した証拠となりうる。

【分野名】地質

【キーワード】南海トラフ地震発生帯掘削、粘土含有量、摩擦強度、速度依存性

【テーマ題目26】岩石の不安定挙動への分岐とその準備過程

【研究代表者】高橋 美紀（地震素過程研究チーム）

【研究担当者】高橋 美紀、北島 弘子、重松 紀生（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では大地震へと発展するシステムの不安定挙動への準備は、まずシステムの中での剪断面の選択と集中から始まると仮定し、歪軟化準備過程において観測可能な現象を、板状の岩塩を模擬岩体とし平面歪試験の結果から提言することを目的としている。平成25年度の実施内容は大きく2点あり、1点目は試料である岩塩の変形特性を調べることであり、2点目は平面歪試験機の製作である。

岩塩試料の変形特性：オランダ・ユトレヒト大学にて回転式剪断試験機を用い岩塩の変形速度に対する強度・摩擦特性・変形組織について調べた。また、当大学にて実験後の岩塩試料の観察に際し、適切な薄片試料の作り方も学ぶことができた。岩塩と白雲母を8:2で混在させた試料に低速度で剪断歪を与えた後、比較的高速度での変形条件に急変させる実験を実施した。低速度条件では岩塩は流動変形を示し、マイロナイト組織を作ることが分かっている。一方高速条件下では変形に伴い孔隙の多いランダムな組織をとることが分かっている。しかしながら、天然のマイロナイト組織の観察から、シュードタキライトのように高速変形はマイロナイトの面構造を使って変形が集中した結の境界付近に剪断の集中が見られた。また、摩擦挙動も流動から摩擦へのメカニズムのスイッチを示唆する挙動を示した。

平面歪試験装置の製作：岩塩の板状試料の変形と変形場のその場観察のため平面歪試験機を作製した。空気圧を使ってピストンを駆動し、ゆっくりと変形を加え、最終的な破断に至る前の歪の集中過程をカメラで記録する

ことを想定している。

【分野名】地質

【キーワード】平面歪試験機、回転式剪断試験機、岩塩、マイロナイト、速度弱体化、歪軟化

【テーマ題目27】南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究

【研究代表者】穴倉 正展（海溝型地震履歴研究チーム）

【研究担当者】前杵 英明（広島大学）、穴倉 正展、行谷 佑一、越後 智雄（地域地盤環境研究所）（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

南海トラフ沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波の規模とその履歴解明のため、紀伊半島南部沿岸の津波および隆起の痕跡に関する調査を行った。特に和歌山県串本町の橋杭岩周辺では、津波石と思われる漂礫群について、これまで明らかになっている漂礫の位置、形状を確認するとともに、補足の測量を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】南海トラフ、巨大地震、津波、隆起、履歴、津波石

【テーマ題目28】非火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決と微動発生機構の解明

【研究代表者】今西 和俊（地震発生機構研究チーム）

【研究担当者】今西 和俊（常勤職員1名）

【研究内容】

世界各地のプレート境界域で発見された非火山性深部低周波微動（以後、単に微動と呼ぶ）は、巨大地震の発生機構を解明するための重要な手掛かりとして注目されている。本研究は微動の波動特性を最大限に利用したメカニズム解推定法を開発し、微動の発生機構を明らかにするものである。H25年度はS波スプリッティングの影響を補正することで、震源放射に関係したS波の振動方向を正しく推定することに成功した。複数観測点におけるS波の振動方向を最もよく説明する解をグリッドサーチすることでメカニズム解推定が可能となる。2013年4月に紀伊半島北東部で発生した微動活動に適用したところ、北西側が低角で南東側が高角の節面を持つ解が多く確認できた。また、推定誤差を考慮しても横ずれ成分を持つ微動も起こっていることが明らかとなった。本研究は科学研究費補助金（基盤研究C）により実施されている。

【分野名】地質

【キーワード】プレート境界、非火山性深部低周波微動、メカニズム解、波動特性、紀伊半島、臨時観測

【テーマ題目29】石垣島・宮古島の津波堆積物の調査—

巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み

【研究代表者】 宍倉 正展（海溝型地震履歴研究チーム）

【研究担当者】 安藤 雅孝（台湾中央研究院地球科学研究所）、中村 衛（琉球大学）、宍倉 正展（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

琉球海溝沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波について、その履歴解明のために、石垣島においてトレンチ掘削による津波堆積物調査を行った。また一部で有孔虫分析も行った。その結果、1771年八重山津波およびそれより前の津波によって堆積した可能性のある層準を確認した。このほか宮古島の友利、伊良部（2地点）で得られた試料について¹⁴C年代測定を実施した。

【分野名】 地質

【キーワード】 琉球海溝、石垣島、宮古島、巨大地震、1771年八重山津波、津波堆積物

【テーマ題目30】 自然地震データと物理モデルを用いた広い速度レンジでの摩擦特性の推定

【研究代表者】 安藤 亮輔（地震災害予測研究チーム）

【研究担当者】 安藤 亮輔（常勤職員1名）

【研究内容】

東北地方太平洋沖地震の観測結果等にもとづいて、従来断層上の定常的に非地震的に滑る摩擦特性を持つと解釈されていた領域でも、地震時に大きく滑る可能性があるとの指摘が多くされている。しかしながら、そのような可能性について、断層の摩擦特性の推定による直接的な検証は、まだ行われていない。本研究では、観測データと物理モデルにより、この問題の検証を行うことを目的とする。本年度は、研究代表者の担当業務の変更があり、当初予定通りのエフォートを割くことが出来なかったが、解析に用いるデータを研究協力者から入手することができた。

【分野名】 地質

【キーワード】 地震破壊、超巨大地震、摩擦、レオロジー、スロー地震

【テーマ題目31】 延岡衝上断層下盤メランジュの変形機構の解明

【研究代表者】 北島 弘子（地震素過程研究チーム）

【研究担当者】 北島 弘子（常勤職員1名）

【研究内容】

深部付加体を構成するメランジュの力学特性・変形機構を解明するため、延岡衝上断層下盤メランジュの高温高圧三軸変形実験を行った。延岡衝上断層掘削コアのメランジュサンプルを、メランジュ形成時の温度である250℃にて変形させた。有効圧=120MPa（地下約8kmでの間隙水圧が静水圧に近い条件）のときは延性的に、有効圧=20MPa（地下約8kmでの間隙水圧が静岩圧に近い条件）のときは脆性的に変形することが明らかにな

った。

【分野名】 地質

【キーワード】 延岡衝上断層、メランジュ、変形実験、高温高圧、付加体

【テーマ題目32】 P波振動極性の統計的性質と高感度地震検出手法の開発

【研究代表者】 内出 崇彦（地震発生機構研究チーム）

【研究担当者】 内出 崇彦（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は科学研究費補助金（研究活動スタート支援）で実施した。従来より高い感度で多数の地震を自動的に検出することを目指して、P波の振動方向を用いた震源推定法を開発する。複数の観測点での直線の振動の方向を延長することで震央の位置を推定する方法である。

まず、岐阜県飛騨地方の地震波形連続記録を振動極性解析にかけて、直達P波と無関係な直線の振動を調べた。コーダ波によるもの、観測点近傍の擾乱によるものが見られたが、振動の振幅や伏角の情報も利用することで概ね回避できた。この補正をかけて地震検出を行ったところ、気象庁一元化震源カタログの44%を検出した一方で、同カタログにない地震も検出できた。

【分野名】 地質

【キーワード】 地震学、時系列解析、振動極性解析、イベント検出、自動震源決定、岐阜県飛騨地方

③【地圏資源環境研究部門】

(Institute for Geo-Resources and Environment)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：中尾 信典

副研究部門長：光畑 裕司、佐脇 貴幸

総括研究主幹：棚橋 学、丸井 敦尚

所在地：つくば中央第7

人員：60名（60名）

経費：2,040,668千円（555,522千円）

概要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境の分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、持続発展可能な社会の構築に向けて、環境への負荷を最小化しつつ資源の開発や地圏の利用

を行うための研究及び技術開発を行い、その成果を社会に還元することをミッションとする。

ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

1) 土壌汚染評価技術の開発、2) 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発、3) 地層処分にかかわる評価技術の開発、4) 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価、5) 地下水・地熱資源のポテンシャル評価および、6) 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築に関する研究を進める。

これらの研究の推進にあたっては、独立行政法人の位置づけを十分に意識し、基礎研究、戦略基礎研究、応用研究、企業化研究とつながる研究発展の流れの中で、戦略基礎研究（第2種基礎研究）を中心に据え、我が国の経済産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にバランスよく取り組む。

【ユニット戦略課題】

1. 土壌汚染評価技術の開発
2. 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発
3. 地層処分にかかわる評価技術の開発
4. 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価
5. 地下水・地熱資源のポテンシャル評価
6. 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

【内部資金】

「重レアアース鉱床の探査技術の実用化」

「重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発」

「地下微生物を利用したメタンガス合成技術」

「放射性セシウム廃棄物等の管理に関する安全性評価技術」

「ベントナイト性能標準試験法の開発」

「吸着剤を使用した水中の低濃度の放射性セシウムのモニタリング方法の標準化」

【外部資金】

経済産業省 平成25年度地層処分技術調査等事業「地層処分共通技術調査：海域地質環境調査確認技術開発」

経済産業省 平成25年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業「弾性波探査を補完する CO₂挙動評価技術の開発」

経済産業省 平成25年度希少金属資源開発推進基盤整備事業「資源権益確保推進事業のうち資源開発可能性調査に係るもの」

農林水産省 食料生産地域再生のための先端技術展開事業「野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究」

科学技術振興機構（JST）国際科学技術共同研究推進事業（地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）「新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築」

日本鉱業協会「金属鉱床タイプ別 SIP 法電気探査法の実用化に関する研究」

農業・食品産業技術総合研究機構「地域資源を活用した再生可能エネルギーの精算・利用のためのプロジェクト施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 メタンハイドレート開発促進事業「新規取得試料の微生物学的分析」

国立大学法人高知大学「Exp. 337下北沖深部掘削試料の全元素、物理特性、微生物集積の多次元マッピング」

独立行政法人海洋研究開発機構 IODP 掘削提案フィジビリティ研究委託事業「海底地すべりメカニズム解明のための三陸沖科学掘削に向けた海域データ整備」

独立行政法人物質・材料研究機構「低結晶質粘土鉱物・非晶質物質における Cs 吸着特性脱着挙動の検討」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成25年度エネルギー使用合理化希少金属資源開発推進基盤整備事業「アメリカ合衆国ポレートヒル地域選鉱・抽出試験業務」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「孔内用精密制御振源とトモグラフィ解析による表層地盤の S 波速度構造の高精度決定」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「生物的原油分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した油層特性評価技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「ゲノム解析と培養試験による海洋のメタン酸化微生物群の共生機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）「環境微生物集団における未知微生物群の探索」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「イオン吸着型希土類鉱床の探査法の確立と資源量評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「低炭素型枯渇油田再生化技術の開発を目指した原油分解メタン生成メカニズムの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「東京地域における都市地下温暖化の形成過程解明と将来予測に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「重希土類資源として最適な難溶性鉱物の資源評価法の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「地殻から上部マントル環境下におけるかんらん石の3価鉄の存在状態と存在領域の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（新学術領域研究 研究分担）「巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C）研究分担）「ベトナムにおける鉱物資源開発に関するガバナンス」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A）研究分担）「南アフリカ大深度鉱山での AE 計測第二期：地下空洞による岩盤損傷の監視と山跳ね予知」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「シビアな環境汚染除染以降のブラウンフィールド問題とリスクコミュニケーションの課題」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B）研究分担）「丘陵地森林の放射性物質の流出・循環の景観生態学的分析と里山の生態的再生の検討」

発表：誌上発表140件、口頭発表321件、その他104件

地下水研究グループ

(Groundwater Research Group)

研究グループ長：丸井 敦尚

(つくば中央第7)

概要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動・温度分布等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水を主題とする知的基盤情報を水文環境図等により公開するほか、水文データベース、地中熱利用ポテンシャル・データベースを更新する。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5、テーマ題目 6

地圏環境リスク研究グループ

(Geo-Environmental Risk Research Group)

研究グループ長：張 銘

(つくば中央第7)

概要：

土壌・地下水汚染に係る調査・評価技術、浄化・対策技術ならびにリスク評価・管理技術の研究開発と知的基盤整備を重点的に推進する。また、関連開発技術と成果を広く社会へ還元するために、原発事故や二酸化炭素地中貯留、核廃棄物の地層処分、休廃止鉱山跡地管理およびモルスケールマイニングなどの多くの実社会問題にも適用し、社会実装と普及を図る。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 5、テーマ題目 6

CO₂地中貯留研究グループ

(CO₂ Geological Storage Research Group)

研究グループ長：西 祐司

(つくば中央第7)

概要：

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うとともに、環境に負荷を与えない地下利用・資源開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 6

地圏環境システム研究グループ

(Geo-Environmental System Research Group)

研究グループ長：高倉 伸一

(つくば中央第7)

概要：

岩石・岩盤力学、物理探査、地圏流体シミュレーションなど主として物理学的実験およびフィールドワークの手法を用いて、地層処分安全研究、CO₂地中貯留

研究、地熱等資源研究、地下利用技術研究に取り組み、地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源開発に必要な技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目6

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：光畑 裕司

(つくば中央第7)

概要：

地圏の利用や環境保全、資源・エネルギー開発あるいは地質災害に対する防災等のための基盤技術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手法の研究を行うとともに、地層処分や二酸化炭素の地中貯留等における岩盤評価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評価・監視、地熱・鉱物・燃料資源探査などの分野へ物理探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

地圏化学研究グループ

(Resource Geochemistry Research Group)

研究グループ長：佐脇 貴幸

(つくば中央第7)

概要：

地圏内の物質の分布・挙動を、地化学的・地質学的・鉱物学的手法により明らかにする事を目指し、燃料資源、非金属鉱物資源・材料及びこれらに関連する流体等を研究対象として、資源の成因解明・開発、環境保全、製品化等に資する研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目6

地圏微生物研究グループ

(Geomicrobiology Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資源開発、地圏の環境保全や利用に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目6

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resource Geology Research Group)

研究グループ長：鈴木 祐一郎

(つくば中央第7)

概要：

メタンハイドレート等天然ガス資源を初めとする燃料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探査法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の3次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：高木 哲一

(つくば中央第7)

概要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強いレアアース等の希少金属資源および非金属資源の探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目6

[テーマ題目1] 土壌汚染評価技術の開発

[研究代表者] 光畑 裕司

[研究担当者] 光畑 裕司、張 銘、坂田 将ほか
(常勤職員11名、他8名)

[研究内容]

東日本大震災によって発生した津波堆積物の調査と評価に関して、最終報告書を取りまとめるとともに、地質情報展や地質標本館特別展などを介して研究成果を広く公表し、復興支援に力を注げるように努めた。本研究で得られた津波堆積物に含有する重金属類とそのリスクに関する知見は、復興における津波堆積物の有効利活用に関して非常に有用であり、平成25年度6月14日に開催された土木学会平成25年度定時総会において平成24年度土木学会論文賞を受賞した。

放射性セシウムを含む除染土壌等の保管施設とその周辺環境における総合的な環境管理及びリスク評価を目的として、地圏環境リスク評価システム GERAS-3 (詳細型モデル) の放射性物質バージョンを開発した。保管施設より浸出した放射性セシウムの土壌・地下水環境での拡散の評価が可能な数値解析モデルの構築に基づき、Windows 上での初期パラメータの入力や、結果の可視化を容易にするために構築されたプリ・ポストプロセッサと併せて、GERAS-3放射性物質バージョンとして整備し、関係者に限定公開した。また、環境水中における低濃度放射性セシウムの計測技術の開発や環境動態モニタリング、育苗における放射性セシウムの影響回避技

術の確立などの研究を進め、吸着剤を使用した水中の低濃度の放射性セシウムのモニタリング方法の標準化にも着手した。

土壌汚染対策法の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズを背景に、技術の実用化と普及による社会への還元を目標に、関連調査技術、浄化技術及びリスク評価技術に関する体系的な研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもとで継続して実施している。本年度は、これまでの成果を踏まえ、鉛などの重金属類の長期的溶出特性の評価とモデル化に重点を置き、45地点に及ぶ試料を採取し、鉛などの重金属類の溶出特性と有機物含有量、交換態、炭酸塩結合態、Fe-Mn 酸化物結合態、有機物結合態及び鉱物結晶格子態との相関性を明らかにし、存在形態を考慮したリスク評価モデルの考案を実施した。また、リスク評価に基づく浄化対策を国際規格へ反映させるために、H25年度では ISO/TC190 (Soil Quality) 年会に参加し、WG12 (Risk Based Remediation Measures) にて新規規格提案に着手した。また、土壌汚染対策法で規制されている Cr、Cd 及び Pb のほか、メッキ金属として広く一般に使われている Fe、Ni、Cu、Zn、Ag 及び Sn にも着目し、これらに対して発光細菌 (Vibrio fischeri) による急性毒性試験を実施した。

揮発性有機化合物 (VOCs) の原位置浄化技術の実用化に向けて、関連企業と連携し、特に微生物を利活用した低コスト・低環境負荷バイオバイオレメディエーションに関する研究を戦略的に推進し、バイオバイオレメディエーションにおけるクロロエチレン類の汚染濃度が分解・浄化に与える影響を明らかにした。また、天然硫化鉄鉱を用いた残留性塩素系化合物に関するより天然に近い環境における浄化メカニズムの解明を進め、特に亜熱帯地域の沿岸硫酸酸性土壌を対象とした浄化効果の評価を行った。

わが国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム (GERAS) の開発・改良を継続実施している。本年度は、多成分の重金属類に起因する土壌・地下水汚染を対象として、重金属類の溶出、錯生成、沈殿生成、またこれらの反応に伴う pH 変化をも考慮可能なように、GERAS-3 (詳細型モデル) のプログラムコードの改良を施した。このプログラムは、初期パラメータの入力や、結果の可視化を容易にするために構築されたプリ・ポストプロセッサと連動して起動し、地下水の流動に伴う汚染物質の空間的な拡がりや、暴露量に基づきヒトへの健康影響を定量的に評価することを目的とした GERAS-3 重金属バージョンの改良版として関係者に限定公開した。

さらに、汚染土壌や下水スラッジおよび堆積中の PCB と PAH 分析に係る ISO 規格制定のためのリングテストへの参加やスモールスケールマイニング、ベトナ

ムにおける鉱物資源開発に関するガバナンス、ネパールやバングラデシュなどにおける飲用水のヒ素浄化技術の開発、ならびにスリランカでの廃棄物処分場立地に関するリスクマップや適地選定のマニュアル作成等、土壌・地下水汚染調査・研究の国際展開を図った。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、地下水汚染、リスク評価、津波堆積物、放射性セシウム、国際規格

【テーマ題目2】二酸化炭素地中貯留評価技術の開発

【研究代表者】中尾 信典

【研究担当者】中尾 信典、西 祐司、高倉 伸一ほか
(常勤職員22名、他3名)

【研究内容】

大気中の CO₂削減のため、大規模発生源に近い沿岸域において CO₂を地下1,000m 程度の深部に圧入する地中貯留技術が期待されている。弾性波補完モニタリング技術の開発では、重力、自然電位、AE (Acoustic Emission) などの多面的なモニタリング技術を適用し、弾性波探査 (反射法など) を補完できる技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、大規模 CO₂圧入を計画している米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ (SWP) のテスト・サイト (米国テキサス州) においてベースライン測定を継続した後、CO₂圧入開始時データ取得を開始した。最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂飽和度等の変化量を、観測可能な物理量に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO₂挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、潜在リスクを想定した CO₂圧入時の重力と反射法の変動予測計算を行うとともに、電気・電磁気ポストプロセッサの改良、および沿岸域への適用のための機能追加を行った。

遮蔽性能評価技術の開発のうち、ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、前年度作成した長野県松代地域の地質モデルを基に、松代群発地震の震源位置経時変化と整合的な断層挙動パターンを得るためのパラメータのチューニングを行った後、TOUGH-FLAC で用いる各種パラメータの感度解析を行った。また、別所層松代泥岩、北海道・苫小牧の坑井試料を用いたせん断・透水試験等を行った。CO₂移行特性評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO₂長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目指し、従来進めてきた粒径を制御した人工試料に加えて泥岩試料に対して種々の有効圧において浸透実験を実施しシール圧の評価手法の検討を行うとともに、化学的反応プロセスの評価として、炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行い、炭酸塩鉱物の反応速度データを取得した。

基礎的な研究としては、地下貯留系発達状況、水圧破

砕効果、圧入流体挙動を知るための手がかりとして、また社会的受容性の観点から重要な流体の地下圧入により誘発される AE・微小地震について、コアスケールの室内実験と現場スケールにおいて過去の実例や地下流体が駆動する天然地震をナチュラルアナログとして国際共同研究を通じて研究を進めている。今年度は、中国内陸四川盆地の天然ガス田における廃水処分を目的とした枯渇ガス田への注水による誘発地震の最近の例を詳細に解析等を実施した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、地中貯留、環境

【テーマ題目3】地層処分にかかわる評価技術の開発

【研究代表者】光畑 裕司

【研究担当者】丸井 敦尚、光畑 裕司、町田 功、横田 俊之、上田 匠、井川 怜欧ほか
(常勤職員8名、他8名)

【研究内容】

沿岸域において、「原子力政策大綱でいう、地上からの調査」を想定した、ボーリングによる地質・地下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返し地下水の流動解析を行い、沿岸域における塩淡境界の形状把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価する。これによって、ボーリング掘削を含めた地下水調査と物理探査との組合せや関連データベースの活用等を含めた、沿岸域における淡水地下水の賦存状態や断層等による地下水流動の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築することを目的としている。本調査による掘削で得られた地質試料に対して、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。さらに、水理試験や広域超長期地下水流動解析を実施した結果、海底下の淡水地下水領域が形成されたのは氷期の地下水流動によるものであり、海底下の地下水が超長期的に安定して存在していることが判明した。さらに、全国の平野と盆地における堆積層データベースを完成させ、地下水賦存量や各地の地下水流動解析を実施した。この結果、安定した地下水の存在する領域を示すことに成功し、カスタマイズされた地下水データベースと合わせ、本研究に資するデータベースを発信できるようになった。

海域における地質環境調査技術の研究に関しては、物理探査手法により駿河湾地域の海底下の地質構造をとらえることができた。これまでに報告されている断層を含む構造を精度よくとらえることができ、実際の調査における検証の精度等を確認することができた。また、陸域における水文調査により、降水起源の地下水流動が海洋へ流出していることが推定された。さらに海域におけるサイドスキャンソナー調査や音波探査による微地形調査において、海底に存在する湧水が確認され、ラドン調査によって、これが地下水起源であることも判明した。実

際に海底に湧き出す湧水の試料を採取し、陸域の地下水との関係を調査する予定である。また、これらを検証するため、沿岸部（海岸）に深度500m の調査掘削を計画している。この掘削においては、海水の影響を排した地質・地下水試料を採取して、高精度に深部地質環境を把握・評価することが目的である。このため、多段階的な構造を持つ調査井掘削を実施する予定であるが、本年度は掘削位置の選定や調査時期の地元調整などに費やした。このボーリング掘削において、陸域から流下する地下水が海底に流出している様子や氷期に形成された深部地下水流動の痕跡をたどることができれば、水理ヒストリーを踏まえた深部地下水の賦存状況をとらえることができるため、今後の処分地選定のための地下水環境情報を高精度に発信することができる。堆積平野の沿岸海域に存在する淡水地下水領域（海底湧出地下水を含む）の存在を、現地掘削調査や広域・超長期的地下水流動解析などから示すことで、深層地下水環境を高精度に評価する。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】地層処分、深部地下水、断層、深部地質環境

【テーマ題目4】鉱物・燃料資源のポテンシャル評価

【研究代表者】棚橋 学

【研究担当者】高木 哲一、鈴木 祐一郎、坂田 将、佐脇 貴幸、棚橋 学ほか
(常勤職員26名、他13名)

【研究内容】

レアメタル資源国と共同で資源調査を実施し、我が国の資源権益確保に必要な各種資源情報を獲得するために、資源エネルギー庁委託費により選鉱・製錬技術・資源評価技術の高度化、レアアース鉱床の現地調査・情報収集、世界的レアアース資源のデータベース構築・マテリアルフロー解析などを実施した。そのために、高精度年代測定装置 SHRIMP、高電圧パルス選択性粉碎装置 (SELFRAG) 等の先端的機器を用いた高度な化学分析により、国外の有望レアアース鉱床の資源ポテンシャル評価を実施した。国際共同研究推進としては、特にブラジル鉱産局 (DNPM) との研究協力覚書締結の下、5年間の研究協力を開始し、ブラジル国内に賦存するレアアース鉱床に関する地質・品位、開発状況等の共同調査を実施した。また、国内外の学会等で多数の講演、普及活動、技術移転等を実施した。グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業では、アジア鉱物資源データベース構築のためのデータ整備を昨年度に引き続き実施した。ベントナイト資源研究として、東北地方のベントナイト資源の賦存量調査とともに、品質評価のために陽イオン交換容量の測定法の標準化に関する試験を実施した。

日本海の表層型メタンハイドレートの成因・資源ポテンシャル評価のための研究を経産省委託費として本格的

に開始し、調査航海では海底地形調査、海底表層探査、熱流量測定などの調査を実施した。これまでに得られているコアの解析と3D 震探解析を基に、上越海丘のボックスマークと海底谷の成因を考察し、海水準低下期におけるメタンハイドレートの分解による機構を提案し、論文として報告した。熱構造解析ではメタンハイドレート安定領域下限深度を推定することを目的に上越沖の温度構造モデルを構築した。南海トラフ域では熱流量データに基づき、海底下の温度構造モデルの構築をおこない、海底堆積物の現場法による熱伝導率の計測方法の開発を進めた。また現在、海底水温変動を実測するため海底に温度計を設置し、長期間の温度モニタリングを継続中である。三陸沖下北半島東方沖の地質構造解析により、緩傾斜斜面における天然ガスに係わる崩壊型堆積層形成メカニズムを示した。シェールオイルに関して秋田・山形堆積盆での層序試錐「能代 GS-1」および「遊佐 GS-1」のコア試料の有機地化学的分析をおこない女川層の一部が高いポテンシャルを持つことを確認した。

関東地方の水溶性天然ガスに関し、水溶性天然ガスの化学分析結果を総合解析した。関東地方の非火山性温泉（主に深層熱水型）についての泉質とメタンガスの検出の有無を統計的に解析したところ、泉質別では強塩化物泉では8-9割、弱塩化物泉では5割以上の温泉でメタンガスが検出されている。基本的に、メタンガスは強塩化物泉である化石海水に由来し、天水に希釈されることにより溶存ガス量も低くなっていることが確認された。地圏微生物に関する研究では、国内油田から分離・獲得したメタン生成菌の生理学的諸性質を調査した結果、比較的高分子の有機物を直接分解してメタンを生産する代謝機能を有することを発見し、既存のメタン生成菌には知られていない新規のメタン生成経路の存在を明らかにした。天然ガス資源に関する基礎的な研究として、ガスハイドレートの相平衡条件の測定実験を実施し、ハイドレート生成促進剤を用いた場合の二酸化炭素及びエタンのハイドレート相の平衡条件を明らかにした。天然ガス中の $i\text{-C}_4/n\text{-C}_4$ 比と、 $i\text{-C}_4$ 及び $n\text{-C}_4$ の炭素同位体比に関して解析した結果、 $n\text{-C}_4$ の一部が $i\text{-C}_4$ に変化していることが推定された。

【分野名】地質

【キーワード】 鉱物資源、レアメタル、レアアース、ベントナイト、天然ガス、メタンハイドレート、メタン生成

【テーマ題目5】 地下水・地熱資源のポテンシャル評価

【研究代表者】 丸井 敦尚、

【研究担当者】 井川 怜欧、町田 功、柳澤 教雄ほか
(常勤職員11名、他3名)

【研究内容】

地下水資源のポテンシャル評価においては、水文環境図の構築を通して地下水資源の量と質、さらにはその循

環速度に関する情報を発信している。本年度は熊本平野の水文環境図を発行し、その充実に努めた。また、帯水層蓄熱を利用した地中熱システムのポテンシャル評価手法の開発を実施している。このシステムは、日本で普及が始まったシステムと比較して熱効率の良いことは知られているが、厳しい地下水揚水規制などにより一般的な技術にまで至っていないのが現状である。本研究では、山形盆地を対象として適地指標の検討および各指標による適地評価を試みた。今後は、現地実証試験データを取り込んで、現在得られている適地指標の高度化を行う予定である。

地熱資源のポテンシャル評価においては、平成24年度まで実施していた八丈島と南伊豆の2つのモデル地域を対象とした温泉共生型地熱貯留層管理システム実証試験のフォローアップを行った。地熱系モデル開発及びシステム統合化では、平成24年度までに設計した統合化システムについて他の地域の事例を検討し、改良を行った。また、モニタリング技術開発では、平成24年度に投入したトレーサの継続サンプリングを行い、長期的な温泉流動解析を行った。

温泉発電システムの開発と実証では、現地実証試験にもなったモニタリングおよびメカニズムの解析などを行った。モニタリングについては、温泉発電を実施する温泉井戸ならびに周辺1kmの源泉について毎月温泉水を採取し、昨年度に引き続き水質等が安定していることを確認した。また、メカニズムの解析では、温泉のガス分析を行い、メタンガスが主成分となる温泉貯留構造を推定した。

なお、平成25年10月に、再生可能エネルギー研究センターが設立されたことにより、地熱・地中熱の研究については、今後は同研究センターを中心として実施されることになった。

【分野名】地質

【キーワード】 地下水資源、地下水環境、地熱資源、地中熱

【テーマ題目6】 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

【研究代表者】 佐脇 貴幸

【研究担当者】 光畑 裕司、棚橋 学、丸井 敦尚、張 銘、坂田 将、佐脇 貴幸、鈴木 祐一郎、高木 哲一、高倉 伸一、西 祐司ほか
(常勤職員42名、他7名)

【研究内容】

地圏における地下水・熱環境や物質の循環および集積メカニズムの解明を通じて、土壌汚染、地熱資源、鉱物資源、燃料資源等に関する情報を整備し、データベース構築、地圏資源環境に係る各種地球科学図を作成する。

また、地圏の諸現象解明に必要な新たな各種基盤的地質調査技術の開発を行う。平成25年度は、以下の研究を行った。

表層土壌評価基本図に関しては、昨年度から着手した各種地盤の文献情報収集および土壌試料のサンプリングを踏まえ、土壌中に含有する鉛やカドミウムなどの重金属類の含有量と溶出量の化学分析を行った。また、地域の生活パターンを考慮した曝露・リスク解析により、県内表層土壌評価基本図の整備を完了させ、表層土壌評価基本図「茨城県地域」として出版するための準備を整えた。

地下水環境に関しては、平成23年3月の東日本大震災以降、エンドユーザーが求める情報が、より多角化し高精度になってきていることをふまえ、水の資源・環境・地中熱を含めた熱利用等に対するデータの拡充を測ること、さらに過去の列島の水文データをとりまとめた形で今後の出版に向けた知的基盤整備を進めた。従来まで出版してきた水文環境図の内容をさらに充実させ、新基準（地質調査研究報告にて公表）に基づく作図を実施し、水文環境図第7号「熊本地域」を出版した。これに引き続く第8号「石狩平野」の調査出版作業を継続した。

鉱物資源関係では、2012年度までに出版した東アジア鉱物資源図、中央アジア鉱物資源図等をさらに発展させ、500万分の1アジア地質図を基図とした、500万分の1アジア鉱物資源図のための鉱物資源データのコンパイルを継続中である。

燃料資源関係では、関東平野の水溶性天然ガスの分布に関する研究成果について、燃料資源地質図として取りまとめるため、温泉泉質とメタンガスの有無の関係についての地球化学的特徴を明らかにした。地下圏における生物的メタン酸化プロセスの解明を目的として、沖積層コア試料（東京都）中の微生物のメタン生成・酸化活性の測定、遺伝子解析、ガス・水分析を進めた。その結果、天水の混合によって間隙水が淡水化した後でメタン生成が起こり堆積層に蓄積したこと、そのメタンが嫌氣的メタン酸化古細菌の活動によって酸化されたこと、またその酸化プロセスは天水由来の硫酸イオンで規制されていることが推定された。筑豊炭田図は既存資料をまとめ、引き続き編集を進めた。既存燃料資源関係の資料については、層序試錐資料や原料炭調査資料、埋蔵炭田資料などの電子ファイル化を推進した。層序試錐資料については今後整理し、公開についても検討している。

地熱資源関係では、「全国地熱ポテンシャルマップ」（2009）において示された地熱発電可能性と実際の資源の賦存状況に目立った差があるという問題について、従来とは別の資料により貯留層基盤深度データを見直す等の改善を行い、受託研究課題「地熱発電に係る導入ポテンシャル精密調査・分析等」での作業に反映させた。

物理探査技術に関して、福島第一原発事故に起因した土壌・地下水の放射能汚染調査における地盤内の計測ツ

ールとして、汚染された土壌や地下水をサンプリングせず、深度毎の放射性セシウムのガンマ線計測が可能な原位置システムを開発し、放射能汚染地における現地実験を行い、その有効性の確認を行った。また、土壌汚染評価等で実施する土壌コアの X 線 CT 計測について、X 線画像の偽造を抑制可能な造影剤の発見や、重元素の同定や濃度を一定の誤差範囲で推定可能な手法を開発し、X 線 CT 計測の高精度化を図った。

流体の地下圧入に伴う誘発地震は、地下の流体挙動等に関する有用な情報を得られると共に、地下利用の社会的受容性に関わる重要な課題でもあるため、発生条件と回避可能性の究明のための研究を進めている。本年度は、室内実験と過去の実例や天然地震のデータの収集と解析を継続しつつ、フレームワークとなるソフトウェアを用いて中国内陸 四川盆地の天然ガス田における廃水処分を目的とした枯渇ガス田への注水による誘発地震の最近の例を詳細に解析した。

岩盤の掘削技術は、地圏開発・利用分野において根幹となる重要な基盤技術と位置付けられる。本年度は、実用化されつつある PDC パーカッションビットの掘削性能を評価することを目的に、現在普及している WC-Co パーカッションビットとともに掘削試験を行った。その結果、PDC パーカッションビットは極めて優れた耐久性を有することが確認できた。また、PDC ビットの先端に取り付けられている PDC カッターの岩石切削特性を室内実験により評価する手法を確立し、新たな形状・構造の PDC カッターの切削特性を評価した。そして、当該 PDC カッターを取り付けた PDC ビットを作製し、ロータリ掘削性能を実験的に評価した。

【分野名】地質

【キーワード】地質調査、知的基盤、地球科学図、土壌環境評価基本図、水文環境図、鉱物資源図、水溶性天然ガス、沖積層、生物的メタン酸化、炭田図、地熱資源評価、ポテンシャルマップ、ガンマ線計測、X 線 CT 計測、群発地震解析、掘削技術

④【地質情報研究部門】

(Institute of Geology and Geoinformation)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：牧野 雅彦

副研究部門長：宮崎 一博、池原 研、田中 裕一郎

首席研究員：齋藤 文紀

総括研究主幹：山元 孝広、竹野 直人

研究主幹：星住 英夫、村田 泰章

部門付：木村 克己、三田 直樹

所在地：つくば中央第7、中国センター

人員：108名（108名）

経 費：789,757千円（570,839千円）

概 要：

1.1 研究目的

日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する数少ない先進国である。私たちが暮らし、産業活動を行っている地球の環境を守り、地質災害による被害を少なくするためには、まず、足もとの大地の様子と成り立ちをよく知るための地球システムの深い理解が必要である。どこまで地球のことを理解することができたかによって、将来起きることの予測の精度が決まり、これに応じた対策をとることができる。

地質情報研究部門は、国の「地質の調査」を所掌する産総研地質分野のユニットとして、長期的視点にたつて陸と海の研究を一元的に実施し、関連するユニットとともに、国の知的基盤として信頼性の高い地質情報を整備し社会に発信する。知的基盤整備・発信及びその基礎となる研究については、部門全体で取り組む。同時に、人類と地球が共生し、安心・安全で質の高い生活と持続可能な社会の実現に向けて、重点的かつ戦略的に研究に取り組む。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

産総研地質分野では第3期中期計画の戦略目標および課題を策定し、平成25年度はその中期計画期間の4年度である。地質情報研究部門は地質分野の中核ユニットとして、その戦略目標および課題に対応して、国土の地質情報を取得・整備するとともに、理論モデル構築による的確な将来予測の実現と社会の要請に応えることを目指して研究課題に取り組む。

研究実施にあたっては、研究グループを基盤とする研究と、これらを横断する重点プロジェクトによるマトリックス方式を採用する。これらの研究を進める中で、陸域と海域の研究の融合を進め、バックグラウンドの異なる研究者間の交流、シーズ研究の創出や次世代の人材育成を進める。

研究グループは専門家集団としての特徴を生かし、研究ポテンシャルの向上を目指すとともに、重点プロジェクト研究の基礎を支える研究、あるいは将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。一方、重点プロジェクト課題を設定し、グループを横断した協力連携でもって研究を推進する。

1.3 グループ体制と重点課題

当部門の組織体制は19研究グループ、1連携研究体から構成される。当部門では研究グループを横断する以下の9プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

- ・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧

地質と知的基盤整備。

- ・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海底鉱物資源 P：海底熱水鉱床ポテンシャル評価。
- ・大陸棚調査 P：大陸棚画定の科学的根拠提示のための地質調査研究。
- ・ジオグリッド P：衛星画像情報の整備と地質情報の統合のための研究。情報・エレクトロニクス分野および環境・エネルギー分野との融合課題。
- ・火山噴火推移予測 P：伊豆大島火山の噴火シナリオと防災に関する研究。
- ・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。地質調査総合センターのユニットが連携協力して平成20年度から取り組む政策課題。
- ・深部地質 P：放射性廃棄物地層処分の安全規制支援。
- ・鉱物資源 P：陸域の鉱物資源ポテンシャル評価。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・産業界との連携を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。総合科学技術会議などの日本の科学技術政策の中で、産総研地質調査総合センターの果たすべき役割について検討し、必要な働きかけを行う。

研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財産であり、地質情報研究部門は CCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織や IODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地震・火山噴火・地すべりなどの緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

発 表：誌上発表236件、口頭発表457件、その他212件

平野地質研究グループ

（Quaternary Basin Research Group）

研究グループ長：水野 清秀

（つくば中央第7）

概 要：

堆積平野とその周辺の丘陵地を主な研究対象とし、

それらの実体把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、地質災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、特に沿岸域・都市地質プロジェクトの中核となって活動するとともに、陸域地質図プロジェクト等にも積極的に参加し、また関連する内外の諸研究グループや機関とも連携して研究を進める。関東平野、駿河湾沿岸域、北海道南西部などの沿岸平野及び近江盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究を行っている。平野を構成する地層の詳細な層序、地盤特性、地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化・データベース化を進める。さらに平野地質に関連した自然災害が発生した場合には、関係諸グループと連携をとり、被害調査などを実施する。

2011年東北地方太平洋沖地震による地盤被害や液状化現象などについても調査・研究を進めているほか、国際共同研究についても準備を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目9、テーマ題目15

層序構造地質研究グループ

(Stratigraphy and Tectonics Research Group)

研究グループ長：中江 訓

(つくば中央第7)

概 要：

日本列島（活動的島弧）と周辺の東・東南アジア地域（大陸縁辺域）の地質学的実態を把握し、その長期的地質現象の過程を解明するために、[1] 海溝-前弧域での堆積・造構過程ならびに造山帯の造構作用の解明、[2] 火山弧周辺（前弧-火山フロント-背弧内堆積盆）における堆積環境・火山活動の時空間変遷などの解明、[3] 第四紀島弧内堆積盆における層序区分の高精度化ならびに堆積環境・気候変動の解明、などの地質学的問題を主要な課題と位置づけた「層序構造地質の研究」を、系統的かつ総合的に展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目16

地殻岩石研究グループ

(Orogenic Processes Research Group)

研究グループ長：宮崎 一博

(つくば中央第7)

概 要：

地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用な

どを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図プロジェクトに、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図プロジェクトにおいては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目17、

シームレス地質情報研究グループ

(Integrated Geo-information Research Group)

研究グループ長：斎藤 眞

(つくば中央第7)

概 要：

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、20万分の1日本シームレス地質図サイトの改良を行うとともに、次世代型20万分の1日本シームレス地質図の編集を行う。産総研地図系データバンクのコアシステムとして20万分の1日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベース「地質図 Navi」の公開を行う。5万分の1縮尺のシームレス地質図等をベースとした新たな大縮尺地質図データベース構築のための基礎研究を行う。更に、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発や標準の策定を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施するとともに、アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント (G-EVER) プロジェクトに参画する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目18

情報地質研究グループ

(Geoinformatics Research Group)

研究グループ長：中澤 努

(つくば中央第7)

概 要：

これまで地質情報は主に現地調査の成果として蓄積されてきた。一方、様々な潜在的な地質情報を含む衛星情報は1970年代から膨大なアーカイブとして蓄積されてきた。情報地質研究グループの研究は、このような地質情報・衛星情報を高度化し統合することによって、新たな地質学的視点を創出することを目的とする。そのために、野外調査や各種室内分析、X線CT等の機器を用いて基礎的な地質情報を高精度化するとともに、それら地質情報の処理技術の開発研究を行う。また衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これらをシームレス化・デジタル化された地質情報と統合する

ことにより、地質災害軽減等に関する研究を行う。さらに、それら高度化・統合化した地質情報・衛星情報を公開する方策も検討する。

研究テーマ：テーマ題目 10、テーマ題目 12、テーマ題目 19、テーマ題目 50

海洋地質研究グループ

(Marine Geology Research Group)

研究グループ長：荒井 晃作

(つくば中央第7)

概要：

海域地質図プロジェクト及び沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータを基に日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、古環境変動の解明、及び海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。白嶺等を用いた音波探査、採取堆積物及び岩石を基本データとし、それらの解析によって海洋地質図（海底地質図及び表層堆積図）を出版する。取得データを整理して、インターネットでのデータ公開も進める。これらの既存データに加え、他機関データや調査船等を活用し、活動的構造運動や古環境変動等の海域における地質現象の解明を目指す。さらに、地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沖合と陸上の地質情報を統合的に解釈、公開を進める。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目6、テーマ題目20、テーマ題目51

地球変動史研究グループ

(Paleogeodynamics Research Group)

研究グループ長：田中 裕一郎

(つくば中央第7)

概要：

地磁気層序、岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質及び地球物理学的情報を融合して、地質学的時間スケールの地球システム変動及びテクトニクスを解明することを目的とする。また、海陸の地質並びに地球物理情報を総合的に解析、モデル化することにより、プレート運動と日本列島及びその周辺海域のテクトニクスの関係を解明する。さらに、海底及び沿岸域における高分解能表層物理探査に関する研究や技術開発を行う。これにより、陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化などの当部門のミッション達成に貢献する。これらの研究ポテンシャルを生かし、陸域地質図及び海洋地質図・地球物理図作成、海底鉱物資源ポテンシャル評価・資源情報整備に関して分担する。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目

21

資源テクトニクス研究グループ

(Tectonics and Resources Research Group)

研究グループ長：下田 玄

(つくば中央第7)

概要：

日本周辺海域における海底鉱物資源の広域ポテンシャル評価に資する研究を行った。その為に海底堆積物、岩石等の地球化学的・岩石学的研究を行った。地球化学的な研究は、海底鉱床の生成に重要な元素の移動や濃集過程の解明に応用することができる。すなわち、同位体比や化学組成が変化する過程を科学的に解明することで、鉱床形成につながる元素濃集過程の指標を科学的に見いだす為の研究を行った。岩石学的研究は、日本周辺海域の構造発達史を明らかにする為に用いた。日本周辺の広大な海域について海底鉱物資源のポテンシャル評価を行う為には、海底熱水鉱床が形成されるテクトニックセッティング、すなわち、前弧海底拡大、超低速拡大軸、背弧・島弧内リフト盆地の形成過程の解明が不可欠である。これらの形成過程を科学的に解明することで海底鉱物資源の広域的なポテンシャル評価に資する研究を行った。海底鉱物資源開発に関して大陸棚確定は大きな意味をもつ。そこで、大陸棚画定のための資試料のうち産総研が保有、管理する科学的データ/試料の有効利用のための環境を整備した。また、大陸棚審査に対する対応を行った。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 22、テーマ題目 49

海洋環境地質研究グループ

(Marine Geo-Environment Research Group)

研究グループ長：鈴木 淳

(つくば中央第7)

概要：

地球環境保全や地質災害などに関する科学的根拠の提示のため、都市沿岸域の環境、およびそれに大きな影響を及ぼす地球環境について、その環境変動幅と変動要因を明らかにする。これら目標実現に向けて、安定同位体比分析を始め各種地球化学的分析法および光ルミネッセンス (OSL) 年代測定法等の高度化について重点的に取り組むと共に、堆積学、古生物学、海岸工学など多様な手法の連携により、研究課題に対して総合的なアプローチを取る。部門の重点プロジェクト研究に位置づけられている「海域地質図プロジェクト」(沖縄海域プロジェクト)に積極的に参画して研究展開を図る。瀬戸内海域については、沿岸海洋研究グループおよび瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体との交流を強化し、将来の新たなプロジェクト創出のシーズ探索を推進する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目23

沿岸海洋研究グループ

(Coastal Environment and Monitoring Research Group)

研究グループ長：高橋 暁

(中国センター)

概 要：

疲弊した沿岸生態系を再生し、持続的な利活用が可能な活動空間を取り戻すため、沿岸海域の環境モニタリング技術の高度化、沿岸域の水質改善や沿岸生態系の回復を目指す技術の開発と実用化支援および数値モデル解析を行う。また、沿岸域環境データの収集・解析およびデータベース化を行いインターネット等で広く社会に提供する。

研究テーマ：テーマ題目24

地球化学研究グループ

(Geochemistry Group)

研究グループ長：岡井 貴司

(つくば中央第7)

概 要：

地殻における元素の地球化学的挙動の解明を中心とした地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成、あらゆる地質試料の分析の基礎となる地球化学標準物質の作製、地質関連試料の高度な分析技術の開発と維持・普及を行う。地球化学図の研究では、大都市市街地における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成するとともに、既に公開している地球化学図データベースの充実を図る。標準物質の研究では、岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、ISO に対応した各種地質試料の認証標準物質の作製を行うとともに、岩石標準試料の各種情報をデータベースとして公開する。また、地球化学の基礎技術として、様々な地質試料中の元素の高度な分析技術の開発と、それらを用いた元素の挙動解明の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目36、テーマ題目45

地球物理研究グループ

(Geophysics Group)

研究グループ長：伊藤 忍

(つくば中央第7)

概 要：

地球物理データを取得する調査手法ならびに解析技術の開発・高度化を行い、地下地質構造に関する実態解明を目的とする。地球物理図の作成及び重力データベースの拡充を行い、国土の知的基盤地質情報整備と利活用に貢献する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力探査、磁気探査など物理探査を実施し地

層や断層に関する詳細な地下構造を求める。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目26、テーマ題目34、テーマ題目46

地質地殻活動研究グループ

(Dynamic Earth Research Group)

研究グループ長：名和 一成

(つくば中央第7)

概 要：

本グループは、地球物理情報を効率的に活用し国土とその周辺地域の成り立ちを理解することを目的として、地球物理情報と地質情報を総合した地質地殻活動に関する研究を実施するため、24年度に新設された。地球物理研究グループとも協力して、地球物理学的な調査手法、解析技術、シミュレーション技術の開発・高度化を行うとともに、重力図の作成及び重力データベースの拡充を行う。地球物理情報と他の地質情報を統合・連携した研究を推進することで、国土の知的基盤地質情報の利活用に貢献する。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目27、テーマ題目34

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：石塚 吉浩

(つくば中央第7)

概 要：

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定法や化学分析法などの技術開発および高度化を行うとともに実測定を実施し、物質科学的な見地から火山の総合理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。また、陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における高精度の地質図作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目28、テーマ題目35

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：篠原 宏志

(つくば中央第7)

概要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、高温高圧実験やアナログ物質を用いた模擬実験などによる素過程の解析などを実施する。研究成果は火山噴火予知連にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目29、テーマ題目47

マグマ熱水鉱床研究グループ

(Magma-Hydrothermal Deposits Research Group)

研究グループ長：池原 研

(つくば中央第7)

概要：

マグマ熱水鉱床を含む系における元素の移動、分配、沈澱により鉱物の同位体・化学組成が変化する素過程を、同位体比測定や流体包有物の解析等に基づき明らかにし、熱水の進化や鉱床成因を解明することを目指す。岩石・鉱物の同位体・化学組成は微小領域では不均質なため、二次イオン質量分析装置(SIMS)等を用いて微小領域同位体・化学分析を行うことにより、現象の本質を解明して鉱物資源の探査法の開発やポテンシャル評価を行う。一方、鉱床の起源となるマグマの性質を解明するため、火山岩等に含まれるメルト包有物のSIMS分析を実施し、マグマの進化・脱ガス機構やマグマ供給系の深さを明らかにする。また、同位体分析法等の開発に関する研究を行う。陸域の鉱物資源のポテンシャル評価では微小領域分析や同位体分析等に基づき鉱物資源の成因解明や探査法の開発に関する研究を行う。また、鉄マンガンクラストの成因解明など、海底鉱物資源に関する調査研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目30

長期変動研究グループ

(Geodynamics Research Group)

研究グループ長：塚本 斉

(つくば中央第7)

概要：

日本列島における、長期的な地殻変動(隆起・沈降・侵食・堆積・地震・断層・火山・火成活動など)

の基礎的理解を深めることを目的として、隆起・侵食速度やメカニズムに関する研究、地質・地形学的手法による第四紀地殻変動の研究、断層解析による地殻応力場変遷史の研究、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質調査情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物地層処分の安全審査時のバックデータとして活用され、国による安全規制を科学的にサポートする。この他、福島第一原子力発電所における汚染水対策に関連した研究を行い、国が行う施策を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目31

深部流体研究グループ

(Crustal Fluid Research Group)

研究グループ長：風早 康平

(つくば中央第7)

概要：

日本列島各地における浅層-深層地下水、温泉、ガス等を調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地下水系や深部流体の流動や循環を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス・放射性塩素同位体組成等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにするGISベースのDB開発などである。これらの調査結果による知見や各種地下水調査手法開発による研究結果は、地質調査情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される深層地下水系の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力規制委員会による放射性廃棄物地層処分の安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目32

地下環境機能研究グループ

(Geological Isolation Research Group)

研究グループ長：伊藤 一誠

(つくば中央第7)

概要：

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全規制を支援する研究として、地層処分の立地及び安全審査段階におけるセーフティケースの妥当性の判断に求められる地質学的知見を整備し、技術情報として提供し、社会の安全に役立てる。このために、地下実験施設などを

利用した観測および地下水・岩石試料の採取とその同位体や化学組成などの各種分析を実施し、それを基にモデル化と数値シミュレーションによる地下環境の変遷についての予測と評価を行う。これらの一連の解析を通じて、立地選定段階で必要とされる地下環境のベースラインデータについての調査方法を水理、熱、力学、化学（生物を含む）の各プロセスに応じて取得する手法としてまとめるとともに、今後必要とされる安全評価などの安全性の確認をこれによって検討する上での基礎的知見とする。

研究テーマ：テーマ題目33

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体

(Collaborative Research Team for Eco-technology of Seto Inland Sea)

連携研究体長：高橋 暁

(中国センター)

概 要：

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体として、地域行政機関、大学や企業等との連携により流況制御技術や鉄鋼スラグを利用した沿岸海域の環境保全、修復技術の開発およびその技術支援を目指す。また、公開可能な調査・観測データや水理模型実験データをデータベース化し、インターネット等を通して、広く社会に提供する。

研究テーマ：テーマ題目54

【テーマ題目1】陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】中江 訓、原 英俊、野田 篤、中島 礼、辻野 匠、工藤 崇、内野 隆之、宮崎 一博、松浦 浩久、高橋 浩、竹内 圭史、山崎 徹、佐藤 大介、遠藤 俊祐、斎藤 眞、西岡 芳晴、石塚 吉浩、星住 英夫、松本 哲一、古川 竜太、石塚 治、及川 輝樹、水野 清秀、宮地 良典、小松原 琢、田邊 晋、小松原 純子、納谷 友規、柳沢 幸夫、高橋 雅紀、七山 太、中澤 努、尾崎 正紀、安原 正也、山元 孝広、駒澤 正夫、久保 和也、高木 哲一（地圏資源環境研究部門）、実松 健造（地圏資源環境研究部門）、宮下 由香里（活断層・地震研究センター）、利光 誠一（地質標本館）、渡辺 真人（地質標本館）、角井 朝昭（地質標本館）、長森 英明（地質標本館）、中野 俊（地質調査情報センター）、吉川 敏之（地質調査情

報センター）、安藤 寿男（茨城大学）、長谷川 健（茨城大学）、海野 進（金沢大学）、竹内 誠（名古屋大学）、鹿野 和彦（鹿児島大学）、植木 岳雪（千葉科学大学）、近藤 玲介（明治大学）、青矢 睦月（徳島大学）、脇田 浩二（山口大学）、中里 裕臣（農研機構）、廣瀬 亘（北海道立総合研究機構）、川上 源太郎（北海道立総合研究機構）、目代 邦康（自然保護助成基金）

（常勤職員44名（うち他研究ユニット9名）、他13名）

【研究内容】

「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協力体制のもと、「層序構造地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」の4つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅については、横須賀・松山・高知・大分の4地域の地質調査を進捗させた。

5万分の1地質図幅に関しては、羅臼・網走・十和田湖・一戸・明智・鳥羽・播州赤穂など16地域の地質調査を進捗させるとともに、南部・鴻巣・北川の3地域（3区画）の地質図及び報告書を完成させた。

【分野名】地質

【キーワード】地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

【テーマ題目2】海域地質図プロジェクト（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、荒井 晃作、片山 肇、井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、天野 敦子、小田 啓邦、佐藤 太一、鈴木 淳、長尾 正之、田中 裕一郎、野田 篤、辻野 匠、石塚 治、岡村 行信（活断層・地震研究センター）、兼子 尚知（地質標本館）、西田 尚央、多恵 朝子（常勤職員17名、他2名）

【研究内容】

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え発展・高度化させる基礎的基盤の研究に関して世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤的情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料

となる。

本年度は、鹿児島県徳之島周辺海域の調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、約1677海里の航走観測、5地点での底質試料採取と5回の有索式無人探査装置による海底観察と岩石採取を行い、その概要は速報にとりまとめた。徳之島西方海域では新たな海底火山活動域を発見し、活動的な熱水噴出を確認した。この発見については、プレス発表を行った。また、日高舟状海盆表層堆積図と奥尻海盆表層堆積図をCD出版した。

データベースに関しては、海域地質構造断面（音波探査記録）、表層地質探査記録、海底表層堆積物のデータを拡充した。

【分野名】地質

【キーワード】海底地質図、表層堆積図、重力・地磁気異常図、データベース、日本周辺海域、南西諸島海域、白嶺

【テーマ題目3】海底鉱物資源（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】下田 玄

（資源テクトニクス研究グループ）

【研究担当者】下田 玄、針金 由美子、山岡 香子

（常勤職員3名）

【研究内容】

熱水鉱床形成が起きている可能性の高い地域、及び過去に生成された鉱床が存在している可能性のある地域を抽出するため、日本周辺海域に分布する島弧-前弧-背弧域における海洋リソスフェアの形成過程を明らかにした。具体的にはフィリピン海プレートを構成する前弧・背弧・島弧域から得られた基盤岩や変成岩について化学分析を基礎とした研究を行った。また、海洋研究開発機構の海洋調査船「よこすか」を用いた YK13-08調査航海（パラオ海盆）の研究航海に参加し試料採取を行い、解析を行った。陸上のオフィオライト調査（ギリシャ）についても研究を進めており、本年度に採取した岩石試料を中心に化学分析や鉱物学的岩石学的研究の為に試料調整を進めた。さらにフィリピン海プレートを構成している前弧域にあたる伊豆-小笠原海溝で採取された岩石試料を用いた島弧形成初期の上部マントル構造について研究を行った。

【分野名】地質

【キーワード】海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

【テーマ題目4】大陸棚調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】岸本 清行

（資源テクトニクス研究グループ）

【研究担当者】岸本 清行、西村 昭、湯浅 真人、

小田 啓邦、石塚 治、下田 玄、

棚橋 学（地圏資源研究部門）、

田中 弓（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

本テーマは部門の重点プロジェクトのひとつであるが、部門を横断する大陸棚チーム員および招聘研究員、研究顧問等の協力のもとに取り組んだ。現在「大陸棚調査」では、二つの課題がある。ひとつは2012年4月26日にわが国が受領した「延長大陸棚勧告」の技術的検討に関する「審査対応部会」を通じたフォローアップ作業であり、他のひとつは、大陸棚申請作成のために用いた資料のうち産総研が保有するものを研究利用も含め維持管理することである。

1) 2012年に受領したわが国の「延長大陸棚勧告」には一部の審査未了海域が含まれており、早期の審査実施（再開）を国連大陸棚限界委員会に国として働きかけているところである。産総研としての役割は「勧告」内容の精査と分析を行い、今後の大陸棚画定の国内作業や国連大陸棚限界委員会とのさらなる対応における地球科学的・技術的な検討を「審査対応部会」を通して行うことである。また、内外の国際法の専門家による討論やシンポジウムなどを通じて行われた「大陸棚画定」に関する国連海洋法条約の啓発活動にも参加情報収集するとともに、海洋法の大陸棚の基底の持つ問題点の検討結果を口頭発表した。

2) 前述のように「審査対応部会」機能の一部は、将来の審査再開のためにも当面維持することが求められている。このことに連動して、大陸棚調査で得られた岩石試料等の適切な保管と利活用が産総研の責務となっている。コンパイルされたこれらの解析資料やコア試料は、今後日本の周辺海域で必要となる詳細な地球科学的調査の基礎となる資料であり、関連する地形・地球物理データとともに試料庫やコンピュータに保管されている。また系統的に採取されたコアリングによる海底岩石試料とその分析データは検索可能な新たなデータベースとして登録した。このデータベースでは、試料庫に保管されたコア試料とも関係づけられており、資料の利活用のためのツールとして公開される予定である。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質調査、大陸棚画定、国連大陸棚限界委員会

【テーマ題目5】火山噴火推移予測の高度化（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、松島 喜雄、川辺 禎久、

石塚 治、古川 竜太、及川 輝樹、

下司 信夫、石塚 吉浩、高倉 伸一

(地圏資源環境研究部門)、風早 竜之介、西 祐司(地圏資源環境研究部門)、石戸 恒雄、大石 雅之
(常勤職員11名、他2名)

【研究内容】

伊豆大島火山における地殻内マグマ長距離移動の検討と側火口へのマグマ供給システムを解明する目的で、東海大学と共同で、大島北西沿岸でサイドスキャンソナーによる海底微地形調査、遠隔操作無人探査機 (ROV) による海底観察およびドレッジによる岩石試料採取を実施した。今回の調査により、複数の北西-南東方向のリニアメントが見いだされた。サイドスキャンソナーによる観測では、溶岩表面の形状等これまでの地形調査よりもさらに高分解能の地形データが得られることを確認した。同時に強い潮流や複雑な水温構造によるノイズの発生等観測上の問題点も明らかになった。ROVによる観察とドレッジによる試料採取では、前年度確認した野田浜付近から北西に延びる顕著な断層崖が溶岩により構成されていること等を確認し、溶岩の採取に成功した。これらの調査手法が沿岸域の火山活動と構造運動の時間的関係等を明らかにする上で強力なツールとなりうることが確認できた。

伊豆大島をテストフィールドとして、地球物理学的観測から地下構造、地下水系を把握し、噴火活動期のマグマ上昇、脱ガスに伴う熱水系変動についてモデリングを行う。特に地下の熱水流動を反映する観測量である自然電位 (SP) に着目した研究を進めている。自然電位

(SP) の連続観測を継続し、バックグラウンドの変動を把握するとともに、その要因を特定するために地中温度の観測を並行した。また、連続観測の結果をweb上で一般向けに公開した。今後の火山活動の活発化に伴うSPの変化を予測するための3次元数値シミュレーション実施し、代表的な条件下における脱ガスの上昇に伴う自然電位の発現様式をまとめた。

紫外線カメラを用いた火山ガス可視化装置を作成し、桜島火山において装置の定量性実験を行い、火山ガス放出率の高時間分解能測定法を開発した。桜島火山において、差分吸収分光法 (DOAS) トラバースによる火山ガス放出率測定を行い、火口からの距離と噴煙拡散の対応関係を明らかにした。

三宅島火山では、カルデラ形成期後の噴火活動を把握する目的で、前々回のカルデラ形成期から2000年カルデラ形成までの噴火史の再構築を行っている。9世紀以降の噴火堆積物について層序・年代の見直しを行ったところ、従来の不完全な歴史記録に基づく噴火史はすべて誤りで、噴火年代や噴火頻度が大きく変更された。その結果、三宅島火山は、最近1000年間は顕著な休止期を挟まず100年に1~3回の頻度で2000年まで噴火を続けていたことがわかった。

霧島山新燃岳火山および桜島火山に展開しているリアルタイム降灰観測網を維持し、噴火監視を継続的に行った。桜島火山では爆発的噴火による降灰のリアルタイム観測データを継続的に取得した。桜島昭和火口の火山灰粒子構成物の解析から、火道浅部における爆発的噴火駆動過程の解明を試みた。桜島昭和火口における個々の爆発噴火に対応した噴出物の採取を行い、個々の噴火における噴出物構成粒子の構成比や構成粒子の岩石学的特徴の時間変化を明らかにし、それに基づく火道浅部におけるマグマの上昇プロセスを明らかにした。

【分野名】 地質

【キーワード】 火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目6】 沿岸域の地質・活断層調査ー沿岸海域の海洋地質の研究 (運営費交付金：重点プロジェクト)

【研究代表者】 池原 研 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 池原 研、片山 肇、荒井 晃作、井上 卓彦、天野 敦子、佐藤 智之、岡村 行信 (活断層・地震研究センター)、西田 尚央、宇佐見 和子、多恵 朝子 (常勤職員7名、他3名)

【研究内容】

地質情報に乏しい沿岸域の地質情報の整備と沿岸域のよりよい調査手法の確立が本調査研究の目的である。本年度は、静岡県駿河湾海域の反射法音波探査、海底地形調査と表層堆積物採取を行った。その結果、有度丘陵沖、内浦湾、富士川河口沖での海底の層序や構造を把握し、富士川河口沖では入山瀬断層の、内浦湾では達磨山断層群の海域延長を確認した。また、2009年駿河湾地震によると考えられるタービダイトを石花海盆で、2013年台風18号の洪水による堆積物を富士川河口沖で採取した。これらの結果は、報告書原稿として取りまとめた。また、一昨年度福岡沖の調査結果を DVD 出版するとともに、昨年度北海道勇払沖の調査結果を DVD 出版するための作業を行った。

【分野名】 地質

【キーワード】 沿岸域、活断層、音波探査、堆積作用、駿河湾、勇払沖

【テーマ題目7】 沿岸域の地質・活断層調査ー陸海接合の物理探査 (地球物理 RG-1) (運営費交付金：重点プロジェクト)

【研究代表者】 伊藤 忍 (地球物理研究グループ)

【研究担当者】 伊藤 忍、山口 和雄、山谷 祐介、横倉 隆伸、岡田 真介 (常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

沿岸付近の陸域と海域の地質情報の整備を目的として、地震探査・重力探査の新規調査、既存データの情報収集

と再解析を行う。平成25年度は、静岡県駿河湾沿岸域で反射法地震探査を実施し、北海道勇払地域における地震探査・重力探査、既存データのとりまとめを行った。

駿河湾地域では、富士川河口断層帯の一部である入山瀬断層と善福寺断層を横切る、海岸線に直交した富士川河口測線1（長さ約3.5km）、およびやや内陸で入山瀬断層を横切る富士川河口測線2（長さ約1km）で反射法地震探査を実施した。また、三保の松原地域で砂嘴の浅部地下構造を明らかにするために、東西および南北各約380mの測線で反射法地震探査を実施した。富士川河口地域の両測線では、初期的な処理・解析により、入山瀬断層を構成していると考えられる複数の断層が見出された。また、三保の松原地域の測線における初期的な処理・解析により、砂嘴の形成過程の理解に寄与すると考えられる特徴的な構造が得られた。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、富士川河口断層帯、入山瀬断層、三保の松原、砂嘴、反射法地震探査

【テーマ題目8】沿岸域の地質・活断層調査－陸海接合の物理探査（地球物理 RG-2）（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】大熊 茂雄（地球物理研究グループ）

【研究担当者】大熊 茂雄、宮川 歩夢、山谷 祐介、駒澤 正夫、中塚 正
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

陸域と沿岸海域をつないだシームレス地球物理図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸海接合の物理探査を行う。平成25年度は、静岡県駿河湾沿岸域で浅部地下構造を広域的に把握するため2013年9月～10月に海底重力調査を実施した。静岡市清水区由比沖から富士市沖にかけての海域と沼津市沖の内浦湾において500m～2kmの測定間隔で海底重力計を用いた重力調査を実施し、総測点数は50点である。既存の陸上及び船上重力データと新規取得の海底重力データとを編集し、海陸を接続したブーゲー異常図を作成した。この結果、由比沖から富士川河口沖（蒲原丘陵沖）にかけて東西方向の低重力異常帯が分布し、その東西両端部が既知の陸域断層（入山瀬断層、入山断層）の南方延長に位置していることがわかった。また、内浦湾でも局所的な低重力異常が分布することがわかった。より詳細に見ると蒲原丘陵沖の低重力異常帯は複数の低重力異常からなっており、それらの境界と善福寺断層などの陸域断層の延長部が対応する可能性があり、今後さらなる検討が必要である。

一方、高分解能空中磁気探査は、2014年5月に蒲原丘陵とその沖合を中心とした12km四方の範囲で主測線間隔250m、対地高度150mの仕様で実施された。調査の結果、暫定的に作成した空中磁気図では、蒲原丘陵から

その沖合にかけて高磁気異常が分布しており、蒲原丘陵に露出する岩淵安山岩類の分布に対応すると考えられる。今後、重力異常と併せた解析・解釈により、蒲原丘陵からその沖合の詳細な基盤構造を明らかにできる可能性がある。

【分野名】地質

【キーワード】重力探査、海底重力調査、空中磁気探査、重力図、空中磁気図、地球物理図、駿河湾

【テーマ題目9】沿岸域の地質・活断層調査－陸域の地質調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】水野 清秀、小松原 琢、小松原 純子、石原 武志（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

陸域と沿岸海域をつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸域の地質調査を行う。平成25年度は、駿河湾北部沿岸平野域においてボーリング調査や地下資料の収集・解析を実施するとともに、北海道石狩－勇払平野における第四系および活構造についてシームレス地質情報集出版のためのとりまとめを行った。

駿河湾北岸地域では、平野部地下の浅層地下地質と地質構造を明らかにするため、既存ボーリング資料の収集と解析を行った。また、地下資料に乏しい三保の松原地区にて深度70mのオールコアボーリング、富士川河口地区にて深度100mのボーリング（このうち下部50m分のコア採取）を行った。三保地区北部では、古墳時代にはまだ浅海域であり、その後には砂嘴が発達したことが明らかとなった。また清水平野の地下資料解析の結果、完新世において平野東部が相対的に隆起傾向にあることが示唆された。富士川河口部でのボーリング調査結果からは、入山瀬断層の通過位置をより限定することができた。

北海道勇払平野に対しては、これまでのボーリング資料などに基づき、約40万年前以降の地下地質層序を明らかにするとともに、最終間氷期における地層の深度分布図や活構造図などを作成した。

【分野名】地質

【キーワード】ボーリング調査、活構造、第四紀堆積物、シームレス地質情報、駿河湾沿岸、勇払平野

【テーマ題目10】沿岸域の地質・活断層調査－陸域のシームレス地質図調査（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】尾崎 正紀（地質情報研究グループ）

【研究担当者】尾崎 正紀、花島 裕樹

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

陸域と沿岸海域のシームレスな地質情報を整備することを目的として、その基盤地質情報の一つである陸域部のシームレス地質図を作成し、海底地質図・重力図・空中磁気図・構造図など多様な地質情報図との統合化を行っている。

平成25年度は、石狩低地帯及び周辺地域において、最新の地質情報と再解釈に基づき、陸域地質図の作成を行った。更に、当該地域における第四系のボーリングデータ解析、反射法地震探査データ、海底地質図、重力図、空中磁気図との統合化を行い、それらの成果を海陸シームレス地質情報集「石狩低地帯南部沿岸域」(DVD)にまとめた。

【分野名】 地質

【キーワード】 シームレス地質図、基盤地質図、福岡沿岸域、石狩低地帯沿岸域

【テーマ題目11】 沿岸域の地質・活断層調査ー地下地質情報のデータベース整備とモデリング (運営費交付金：重点プロジェクト)

【研究代表者】 木村 克己 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 木村 克己、康 義英、花島 裕樹 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

北海道の石狩低地帯域の浅層地盤モデル構築には、北海道開発局、北海道、地盤工学会、北海道立総合研究機構地質研究所、および千歳市、恵庭市、北広島市、岩見沢市、夕張郡長沼町、南幌町の各市町自治体の協力を得て収集・電子化した建築・土木事業用のボーリングデータ1,900本を用いた。同地域の浅部地盤のモデル構築では、既存研究の層序的研究を基準にして、ボーリングデータの地質学的解析に基づき、長沼低地・支笏火山砕流台地の地下構造を代表する11枚の地質断面図、北長沼層・支笏火山砕屑物・沖積層の各基底面モデルを作成し、石狩低地帯中央部の長沼低地の標高-100m以浅の浅部地下地質構造の詳細を明らかにした。本年度は石狩低地帯の研究最終年度にあたり、上記の内容を研究報告書として執筆し、海陸シームレス地質情報集「石狩低地帯南部沿岸域」に投稿・受理されている。

【分野名】 地質

【キーワード】 石狩低地帯、長沼低地、浅部地下構造、ボーリングデータ、活断層

【テーマ題目12】 沿岸域の地質・活断層調査ー海陸空間情報の整備 (運営費交付金：重点プロジェクト)

【研究代表者】 川畑 大作 (地質情報研究グループ)

【研究担当者】 川畑 大作、尾崎 正紀、田中 裕一郎、井川 敏恵、佐藤 美子

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

沿岸域地質・活断層調査で得られた成果を多種多様な目的で活用できるよう空間情報の整備や標準化、公開手法の検討、利活用のための技術開発などを行っている。また、研究成果物(研究報告、DVD)作成のサポートを行っている。

平成25年度は、既刊の海陸シームレス地質情報集「能登地域」及び「新潟地域」の空間情報の修正、「福岡地域」の空間情報作成、ファイル共有環境の運用を行った。また、北海道地域の沿岸域調査成果の公開DVD用データの作成を行った。

【分野名】 地質

【キーワード】 空間情報、情報共有、海陸シームレス地質情報集、研究報告

【テーマ題目13】 地質現象の長期変動に関する影響評価技術の研究 (運営費交付金：重点プロジェクト)

【研究代表者】 山元 孝広 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 風早 康平、安原 正也、高橋 正明、佐藤 努、森川 徳敏、高橋 浩、戸崎 裕貴、堀口 桂香、塚本 斉、宮城 磯治、大坪 誠、城谷 和代、西来 邦章、上澤 真平、山元 孝広 (常勤職員12名、他3名)

【研究内容】

断層の再活動性評価手法の検討のため、棚倉構造線および中央構造線の現地調査を行い、最新活動期を推定するために試料採取を行った。また、東北地方太平洋沖地震に誘発された内陸地震の発生機構の解明のため、井戸沢断層および湯ノ岳断層の現地調査を行い、断層岩および周辺母岩の試料採取を行った。

海成段丘(青森県上北平野)を用いた隆起量評価手法の検討のため、現地調査・堆積相解析を行い、年代測定用試料を採取した。また、隆起・侵食量評価手法の検討のため、河岸段丘(茨城県高萩市周辺)の現地調査を行い、年代測定用試料を採取した。また、東京大学およびJAEA東濃地科学センターの加速器質量分析計を用いて、宇宙線生成核種の測定を行い、削剥速度の見積もりを行った。

深部流体調査を、九州北東部、四国西部、北海道南西部、大阪平野において、孤立型深部低周波地震が発生している地域を中心に行い、深部起源の塩水およびマントル起源ヘリウムの分布を調べた。その結果、北海道、九州等においては、Li/Cl比の高い深部起源の熱水成分を含む地下水が新たにみつき、地表に第四紀火山がない場所でも、深部低周波地震と深部起源熱水が存在していることが明らかになった。特に九州においては沿岸部海溝側では停滞的塩水が存在し、内陸において深部流体起

源の塩水が存在する明瞭な傾向が認められた。

【分野名】地質

【キーワード】長期変動、断層、隆起、侵食、深部流体

【テーマ題目14】陸域の鉱物資源のポテンシャル評価に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】池原 研

（マグマ熱水鉱床研究グループ）

【研究担当者】池原 研、濱崎 聡志、清水 徹、後藤 孝介、森下 祐一、清水 日奈子（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

白金族の埋蔵量が世界の95%を占める南アフリカ共和国においてブッシュフェルト（Bushveld）複合岩体は最も重要である。その東部地区にあるツーリバーズ白金族鉱床のボーリングコアから生成順序を追えるような連続サンプリング試料を得て、キャラクターゼーションのために主成分元素と希土類元素を含む微量元素について分析を行った。また、白金族に関して行った調査研究を基盤として、第8回産総研レアメタルシンポジウムにおいて「白金族元素の資源」と題した招待講演を行った。

雲仙火山掘削試料の二次鉱物の解析を進め、噴火時の火砕脈がその後の熱水活動期の選択的な通路となり、特に酸性熱水の分布は火道域に限られることがわかった。熱水鉱床との比較を行った結果、雲仙火山内部の熱水系とその温度構造は、第四紀の浅熱水性金鉱床の直上レベルに相当することがわかった。成果は国際学会にて公表した。

インジウム、ビスマス及びアンチモンなどレアメタル鉱物資源の成因解明を目的として、豊羽熱水鉱床の亜鉛鉱石及び銅鉱石を用いて、多金属元素の濃集度を全岩元素分析ならびに微小部蛍光 X 線マッピング分析によって調べた。その結果、亜鉛鉱石では、インジウム含有量が高い場合、ビスマス及びアンチモンは低い傾向にあった。一方、銅鉱石では、インジウムが高い場合、ビスマス及びアンチモンはいずれも高いことがわかった。

ミクロネシア MC10海山より採取された鉄マンガングラスト試料を対象に、オスミウム同位体分析および元素組成分析を行った。オスミウム同位体分析より、試料は約4500万年前より形成したこと、試料の成長速度が形成を通じて大きく変化していたことが分かった。また、得られた年代モデルと化学組成から、2500万年前より古い部分では顕著なリン酸塩化が起きていること、成長速度の変化には砕屑物の供給が関係している可能性が高いことが分かった。

【分野名】地質

【キーワード】二次イオン質量分析装置、SIMS、鉱物資源、白金族、金、インジウム、鉄マンガングラスト

【テーマ題目15】平野地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】水野 清秀、小松原 琢、宮地 良典、田邊 晋、小松原 純子、納谷 友規、石原 武志（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺の丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス、層序、地質構造、あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。平成25年度は、以下のような研究を行った。

東北地方南部における中期更新世の広域火山灰分布を明らかにするため、高原火山起源の大田原火砕流堆積物の調査を行った。3つのサブユニットに分けられているテフラをそれぞれ採取し、屈折率や化学組成を求めて比較した。新潟地域で類似した特徴を持つ火山灰層との対比を検討したが、どのサブユニットとも完全に一致するものは見いだせなかった。

近江盆地内の活断層や古地震に関する資料収集と解析を行い、とりまとめを行った。

沖積層のモデリング技術が進んでいるオランダ地質調査所との共同研究を進めるための調整を行い、平成26年度にワークショップを開催することにした。一方、沿岸域珪藻についての研究や標本が充実しているポーランドの Szczecin 大学と研究の打ち合わせを行い、3月から在外研究をスタートさせた。

【分野名】地質

【キーワード】平野地質、関東平野、近江盆地、沖積層、テフラ、古地震、活断層、珪藻、国際共同研究

【テーマ題目16】層序構造地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】中江 訓、原 英俊、野田 篤、中島 礼、辻野 匠、工藤 崇、内野 隆之（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を実施している。今年度は野外調査・年代測定・化学分析などの検討により、以下の成果を得た。

- （1）タイ北部の石炭系～三畳系前弧海盆堆積物について岩相及び化学組成に基づく層序区分により、後背地の変遷を明らかにした。
- （2）岩手県北部の中部中新統の中部～上部には、水深・傾斜・堆積物供給（質・量）及び流速が複雑に変化したことが記録されている。
- （3）西日本の海域更新統産ホタテガイ類化石を用いた古環境及び年代分析を行った結果、ホタテガイ類の進

化絶滅が海面変動と関連していたことが判明した。

(4) 各地の時代未詳あるいは帰属不明の地質体について、ジルコン U-Pb 年代 (一部は FT 年代) を測定した結果、以下のような事実が判明した。

- ・八甲田カルデラ周辺の時代未詳貫入岩体は上部中新統であり、火山活動史の改訂が必要となった。
- ・北上山地の根田茂帯/北部北上帯境界付近の付加体は、それぞれペルム系と三畳系である。
- ・南会津地域の構造区未詳地質体には、ペルム系とジュラ系が存在する。
- ・沖縄島北部先新第三系の泥質片岩と千枚岩は、異なる地体構造区分に属することが示唆される。

[分野名] 地質

[キーワード] 層序、構造地質、活動的島弧

[テーマ題目17] 地殻岩石の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 宮崎 一博 (地殻岩石研究グループ)

[研究担当者] 宮崎 一博、松浦 浩久、竹内 圭史、高橋 浩、二宮 芳樹、山崎 徹、佐藤 大介、遠藤 俊祐、鈴木 文枝 (常勤職員8名、他1名)

[研究内容]

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。

- 1) 三波川変成帯中に保存されているスラブ-マントル物質境界の調査を行い、沈み込んだ地殻物質から放出された SiO_2 や不適合微量元素に富む流体がマントルウェッジへ移動・反応した過程を示す直接的証拠 (かんらん岩を置き換える斜方輝岩脈) を提示した。
- 2) 変成帯を粘性率が異なる2相粘性流体からなると仮定し、熱拡散と単純剪断変形を加えた場合どのような構造ができるか調べた。ピーク温度分布で見ると、周囲より低温もしくは高温の領域が薄く板状に繰り返す興味深い構造が形成された。この構造は、低粘性の領域が剪断変形により選択的に引き延ばされることにより生じる。
- 3) 白亜紀珪長質火山岩類の活動史解明のため、近畿地方の相生層群・有馬層群・湖東流紋岩類について調査・研究を行った結果、ジルコン U-Pb 年代がそれぞれ 86-82Ma、81Ma、74Ma であること、相生層群がコールドロンを含む複数の火山岩層に識別されることが明らかになった。

[分野名] 地質

[キーワード] 地殻、岩石、島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

[テーマ題目18] シームレス地質情報の研究 (運営費交

付金)

[研究代表者] 齋藤 眞

(シームレス地質情報研究グループ)

[研究担当者] 齋藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、内藤 一樹、吉川 敏之、中川 充

(常勤職員8名、他4名)

[研究内容]

20万分の1のシームレス地質図の改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。20万分の1日本シームレス地質図のシステム開発を主導すると共に、次世代型20万分の1日本シームレス地質図の編集作業を主導する。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質情報のアジア地域での共通化に関する研究を行う。アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスクマネジメント (G-EVER) プロジェクト活動を推進する。

本年度は、20万分の1日本シームレス地質図については、WMTS 配信サービスとシームレス地質図 KML を公開するとともに、標高表示機能を実装するなど使いやすいシステムを開発した。また、20万分の1日本シームレス地質図を基本コンテンツにした地質図 Navi の公開も行った。地層名検索データベースは対象データを着実に増やすとともに、全コンテンツを gbank サーバーに移行させた。また凡例数2500の次世代型20万分の1日本シームレス地質図の中日本の編集を主導した。JIS の地質用語の修正作業を行った。G-EVER では、第2回 G-EVER 国際シンポジウムを仙台市で IUGS、日本学会と合同で開催するとともに、イタリア INGV、インドネシア CVGHM、フィリピン PHIVOLCS、CCOP との連携を強化し、アジア太平洋地域地震火山災害図プロジェクトを推進した。

[分野名] 地質

[キーワード] シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、JIS、G-EVER 日本工業標準調査会

[テーマ題目19] 情報地質の研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 中澤 努 (情報地質研究グループ)

[研究担当者] 中澤 努、浦井 稔、尾崎 正紀、中野 司、川畑 大作、山本 浩万、野々垣 進、小畑 建太 (常勤職員7名、他1名)

[研究内容]

本研究課題では、地質情報及び衛星情報の高度化・統合化に関する研究を実施した。衛星情報の高度化に関する研究では、福徳岡ノ場海底火山において、衛星リモートセンシングを用いて火山活動に伴う変色海水を解析した。その結果、変色海水の反射率と火山活動の増長に関

係性を見出し、これを国際誌に発表した。また、複数の衛星光学センサデータ間に生じる波長依存性のモデル構築を行い、相互校正・検証のための研究を進めた。地すべりポテンシャルマップ作成の研究として、高精度地形データの作成と地質情報の効率的空間情報変換技術の検討を行った。3次元地質モデルの構築手法に関する研究として、マルチスレッドを利用した地質境界面推定アルゴリズムの一部を改良し、従来よりも高速な地質境界面推定を可能とした。また、電気・地下水・元素拡散などの数値シミュレーションによる3次元地質モデリングに必要な不可欠な岩石の電気伝導度・透水係数・拡散係数などの「伝導度の異方性」に関する理論研究と X 線 CT 実験で得たデータの解析を行った。さらに、SPring-8 の超高分解能 X 線 CT 装置で得た画像を用いて小惑星探査船「はやぶさ」が回収したイトカワの表面物質やアポロ探査船が回収した月のレゴリスの元素組成と3次元形状を解析し、大気のない天体上での風化現象を考察した。地質情報の高度化の研究では、関東平野中央部及びつくば周辺の下総層群について、堆積サイクルの認定と挟在するテフラの同定により、房総半島の模式層との対比を行い、地下構造解析の基礎データとした。

【分野名】地質

【キーワード】情報地質、衛星情報、地質情報

【テーマ題目20】海洋地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】荒井 晃作（海洋地質研究グループ）

【研究担当者】荒井 晃作、中村 光一、片山 肇、板木 拓也、井上 卓彦、佐藤 智之、西田 尚央、多恵 朝子、平本 潤、立住 祐一、天野 敦子
（常勤職員7名、他4名）

【研究内容】

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータ及び海洋地質調査を実施して日本周辺海域の地質構造発達史、活断層評価、古環境変動の解明、及び海底火山や熱水活動等に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の地質構造発達史に関する研究では、徳之島周辺海域において調査を行い、島弧形成に関する新たな資試料の取得を行った。海陸の地質図の境界にあたる沿岸域においては、駿河湾沿岸海域において、音波探査を実施するとともに詳細な地形データを取得した。富士川河口域に発達する断層の海域延長部に関する新たな資料が取得できた。また、宮古島北東方沖に発達する炭酸塩プラットフォームにおける海洋地質学的な検討を行い、断層を伴う沈降運動を明らかにすると共に、島弧を横切る方向に発達する正断層の重要性を公表した。古環境変動の解明では、オホーツク海や日本海などの海域調査に参加すると共に、コア試料、ボーリング試料及び表層堆積物試料の岩相、化石、放射性炭素年代の結果など

を基に海洋環境の変化の詳細と、その環境変化の原因並びに相互関係を検討した。対馬暖流に関する堆積作用と海流の強さの地質時代における変化に関する成果を発表した。海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明では、トカラ列島の火山列から連続する新たな海底火山の活動を見つけた。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、海域活断層、海域古環境、テクトニクス

【テーマ題目21】地球変動史の研究（運営費交付金）

【研究代表者】田中 裕一郎

（地球変動史研究グループ）

【研究担当者】田中 裕一郎、柳沢 幸夫、高橋 雅紀、七山 太、小田 啓邦、佐藤 太一、片山 礼子（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

(1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究

微化石層序、古地磁気層序、火山灰層序および放射年代など、個々の年代層序の精度と確度を向上させるとともに、複数の年代層序を複合して年代層序の高度化をはかり、それを基に複合年代尺度の標準化を行うことを目的とする。今年度は、高分解能日本海側新第三紀～第四紀タイムスケールを構築し、5万分の1地質図幅「高萩」「大津」の高精度化に寄与した。

(2) フィリピン海プレートに関わるテクトニクス研究

地質学的制約条件に基づいてフィリピン海プレートの過去300万年間の運動を再計算した。1500～300万年前のフィリピン海プレートの運動は、オイラー極が房総沖三重会合点の東方沖に位置していたと推定されており、一方現在のオイラー極は北海道の北東沖に位置している。これまでは、フィリピン海プレートのオイラー極は300万年前に現在の位置に移動したとして計算していたが、300万年前に現在の位置に移動し始め、300万年かけて現在の位置にまで移動したとして再計算を行った。その結果、日本海溝の西向き移動が徐々に加速されることが判明し、第四紀の東西圧縮応力場が徐々に強くなってきたとする地質学的観察事実と符合することが判明した。

(3) 地球物理探査の研究

海底地球物理マッピング技術の研究及び有人・無人潜水艇を用いた海底近傍物理探査の研究を行い、海底構造探査の高分解能化をはかる。また、地中レーダーを用いた海浜および砂丘堆積物のイメージングに関する基礎研究及び、ハンドボーリング試料の堆積物物性データとの比較を行う。今年度は、マリオンホットスポット近傍の南西インド洋海嶺の火成活動及びその変遷を明らかにした。加えて沖永良部島周辺の地球物理観測から中琉球弧における火山フロントの変遷についても明らかにした。

(4) 古地磁気・岩石磁気研究

過去の地磁気変動の解明、特に、数千年～数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の永年変動及び地球磁場逆転・地磁気エクスカージョンの実態解明を進めるとともに、これらの基礎となる磁気顕微鏡に関する基礎技術開発、岩石磁気学研究及び、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。今年度は統合国際深海掘削計画 (IODP) などで採取された堆積物 u-channel 古地磁気試料のパススルー磁力計測定データ処理のためのデコンボリューションアルゴリズムおよび汎用ソフトウェア開発を進めた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕複合年代層序、タイムスケール、フィリピン海プレート、テクトニクス、物理探査、地球物理マッピング、古地磁気、岩石磁気

〔テーマ題目22〕資源テクトニクスの研究
(運営費交付金)

〔研究代表者〕下田 玄

(資源テクトニクス研究グループ)

〔研究担当者〕下田 玄、針金 由美子、山岡 香子、岸本 清行、西村 昭、田中 弓
(常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

海底鉱物資源探査指標の確立のため、高精度化学分析に適した実験室環境の構築・整備を行った。これにより、海底熱水鉱床、マンガンクラスト、海底噴出熱水、海底堆積物などの元素・同位体分析の為の環境が整い、海底鉱物資源の形成プロセスに基づいた探査手法の開発に着手することが可能となった。また、海底鉱物資源に関連する様々な試料の元素分析や同位体分析を行い、地球化学的指標の検討を行った。具体的には若手研究職員海外研修制度による5ヶ月間の米国での在外研究により鉄およびカドミウムの同位体分析法を習得するとともに、ウラン-鉛法またはウラン-トリウム法を用いたマンガンクラストの年代測定を行った。

海底鉱物資源探査指標の確立には、海底岩石中に、どのような種類の金属元素がどの鉱物にどのように分布しているのかを明らかにすることが必要である。これを明らかにする為に画像解析システムの構築を試みた。これにより、鉱床の成因や規模を特定することが期待できる。これらの手法を陸域の塊状硫化物鉱床に適用して有用性を検証すれば、海域の鉱化作用の分布と規模の評価への応用が可能になると考えている。

大陸棚プロジェクトの成果による広域海底地形データを基準にして、出版済み300万分の1および500万分の1海洋地質図ラスタ画像を緯度経度座標値によるグリッドデータ化のプロトコルを作成し、各種地質情報のオーバーレイ化、複数マップのコンパイル、3次元化などによ

る、地質図のAR(拡張現実)化のための基礎データを整備した。同じ手法を適用して、福岡および東京の都市精密地質図の3次元可視化マップを作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

〔テーマ題目23〕海洋環境地質の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕鈴木 淳(海洋環境地質研究グループ)

〔研究担当者〕鈴木 淳、長尾 正之、田村 亨、丸茂 克美(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

人類活動により影響を受ける将来の環境を考えるため、都市沿岸域の環境および地球環境について、環境変動幅と変動要因を明らかにすべく、安定同位体比分析法および光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の高度化を進めると共に、海洋環境地質に関する研究を実施した。

海洋酸性化が炭酸塩殻生物に与える影響に関する研究の一環として、海洋環境条件が温帯性サンゴに与える影響を飼育実験により検討し、低温が成長障害を引き起こすこと、pHの低下に石灰化が影響を受ける種があることが判明した。また、サンゴ骨格等を用いて過去数百年や最終氷期以降、完新世に至る海洋環境変遷の復元と解析に関する研究を実施した。また、サンゴ骨格に紫外線を照射してみられる蛍光バンドの成因についての研究に着手した。

内水域の地球温暖化に伴う水温上昇傾向を過去データの解析により明らかにし、霞ヶ浦など陸水の酸素炭素同位体比および炭酸系のモニタリングを実施して炭素循環過程について考察した。

南シナ海および日本海沿岸の海岸環境の変遷と冬季モンスーンを介した地球環境変動との関連を明らかにするため、ベトナム東南部のムイネー砂丘や、青森県日本海岸堆積物の光ルミネッセンス(OSL)年代を求め、両地域の完新世における沿岸地形環境の変動を復元した。

鉄鋼スラグ等の産業副産物を用いて、アマモ場などの修復に資する研究を実施した。干潟・藻場(アマモ場)造成土壌を、自然砂から製鋼スラグと浚渫土との混合土壌で代替した場合の底生生物群集の特徴及び優位性を明らかにした。

沿岸域において、過去の巨大災害(津波・ストームなど)や海岸侵食、地殻変動、気候変動の復元に有用である砂丘・浜堤堆積物や津波石などを対象に、過去のイベントの復元手法についての研究を実施した。南琉球列島に分布する津波石が、過去に繰り返し発生した津波により打ち上げられたものであることを明らかにした。また、仙台湾において2011年東北津波により形成された浅海堆積物の特徴を明らかにした。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕 地球温暖化、海洋酸性化、海面上昇、沿岸、炭素循環、気候変動、古海洋学、サンゴ礁、デルタ、酸素同位体比、土壌、光ルミネッセンス年代測定法

〔テーマ題目24〕 沿岸海洋の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 高橋 暁（沿岸海洋研究グループ）

〔研究担当者〕 高橋 暁、谷本 照己、山崎 宗広、村尾 厚子（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

衛星画像データを解析することにより、アマモ分布域を判定する技術開発を行っている。これまでは潮時に関係なく判定解析を行っていたため、判定精度に水位の高低に伴うばらつきが見られた。そこで水位が低い低潮の時間帯の衛星画像データのみを用いて解析することにより、浅海域のアマモ場分布推定精度を向上させることができた。

仙台湾津波リスク評価のため、仙台湾鉛直多層流況数値モデルによる流況再現実験を行い、堆積物輸送に大きく関わる底層残差流について解析した結果、仙台湾の津波堆積物は等深線に沿うように帯状に分布する傾向があることが示された。また、海域と陸域地形を連続して再現し、津波浸水域をも評価できる松島湾水理模型により、津波を減勢する防潮堤や潜堤構造物を設置した実験を行った。この結果、構造物の設置場所や規模、構造等の違いによる効果出現の違いを明らかにした。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 沿岸海洋、海域環境、リスク評価

〔テーマ題目25〕 地球化学の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕 岡井 貴司、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭（常勤職員5名）

〔研究内容〕

地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、放射性核種の地球科学的挙動の研究、火成岩の地球化学的研究、鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究を行った。

炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究では、サンゴ中の Sr/Ca 比及び Mg/Ca 比について、精密分析法の改良を検討するとともに、国内外で採取したサンゴ及び飼育サンゴを化学分析し、環境要因の変化によるサンゴ骨格中の元素の挙動について検討した。放射性核種の地球科学的挙動の研究では、昨年度に引き続き産総研敷地内における、エアロゾル試料の採取を行って、人工放射性核種の観測を継続し、エアロゾル中の放射性 Cs 同位体の濃度は2012年4月より低下していること及び、濃度変化が気象状況の影響を受けていたことを明らかにするとともに、天然放射性核種に関しても検討を行った。火成岩

の地球化学的研究では、東日本地域における深成岩の調査と主・微量成分分析を行い、同位体分析法について、検討を行うとともに、深成岩の地球化学データ・岩石学的データを取りまとめた。鉱物・土壌・堆積物等における微量元素の挙動及び存在形態解析の研究では、国際的に規定された逐次溶解法である BCR 法を用いて、試料採取後の乾燥方法等前処理の違いによる存在形態の違いについて検討し、乾燥方法による違いは生じないことを確認した。また、土壌・堆積物中の銅の存在形態及び八丈島土壌試料中の主成分及び微量重金属元素の組成及び挙動について検討を行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地球化学、土壌、炭酸塩、放射性核種、火成岩、存在形態

〔テーマ題目26〕 地球物理の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 伊藤 忍（地球物理研究グループ）

〔研究担当者〕 伊藤 忍、大熊 茂雄、山口 和雄、村田 泰章、山谷 祐介、横倉 隆伸、駒澤 正夫、中塚 正、稲崎 富士（常勤職員4名、他5名）

〔研究内容〕

地震波を用いた地下構造調査や、重力・磁気など様々な物理探査手法で取得した地球物理学的数据を活用し、地球内部の構造・現象を解明する研究を進めている。従来から実施している手法を駆使する他、地震波干渉法や海底重力観測、各種物理探査手法の融合等に新たに取り組んでいる。平成25年度は、つくば市内と沖縄県石垣市で取得したデータの処理・解析を進めた。その結果、VLBI アンテナが SH 波を効率良く発生し、地震波干渉法を適用するのに適していることを把握した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地球物理、地殻構造、重力、電磁気探査、地震探査、地震波干渉法

〔テーマ題目27〕 地質地殻活動の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 名和 一成

（地質地殻活動研究グループ）

〔研究担当者〕 名和 一成、高橋 学、大滝 壽樹、大谷 竜、住田 達哉、宮川 歩夢（常勤職員6名）

〔研究内容〕

重力、地震波、変位、歪、物性など様々な地球物理学的数据およびその他の地質情報を総合し、地震学・測地学・地盤工学等を駆使して、地球の内部構造とそこで起きる様々な現象を解明する研究を進めている。現在の地球の姿の解明に留まらず、過去から未来への変動予測に関わる研究にも取り組んでいる。平成25年度は、物性研究において、マイクロフォーカス X 線 CT を用いた岩石内空隙構造の定量化手法および格子ボルツマン手法

を用いた数値シミュレーション等に関する成果を国内外で発表した。また NaCl の状態方程式に真性非調和性を考慮した統計力学による比熱項を導入することによって、線形近似の非調和では達成できなかった比熱と熱圧力の実験値の同時再現に成功し、国際誌上で発表した。地震学的研究において、広帯域地震計の簡易設置法および超伝導重力計が設置されている VERA 石垣島観測局下の浅部地下構造の研究結果について論文発表した。重力研究において、九州の地熱地域で重力連続観測を行うとともに、東北地方太平洋沖地震後の地殻変動の研究のため、中部地方の超伝導重力計観測点で絶対重力測定を実施した。重力データベースに追加するコンテンツとして、地下構造可視化システムの活断層領域に対応する各種重力図を作成した。地球物理情報・地質情報統合の一環として、海洋掘削により取得された物理検層データを解析することにより、熊野海盆におけるガスハイドレートの濃集量およびその濃集メカニズムを明らかにした。その他、産総研発行誌上で、研究評価に関する英国の取り組みについて紹介し、産総研一般公開「ジオドクトル」の実施を報告した。

【分野名】地質

【キーワード】地球物理、地下構造、地殻変動、重力、地震波、GNSS、歪、物性、統合解析、シミュレーション

【テーマ題目28】火山活動の研究（運営費交付金）

【研究代表者】石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

【研究担当者】石塚 吉浩、中野 俊、川辺 禎久、石塚 治、下司 信夫、古川 竜太、山崎 誠子、及川 輝樹、松本 哲一（常勤職員9名）

【研究内容】

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにし、火山の総理解を深める研究の実施を目的としている。平成25年度は、活火山の活動史や第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、同位体希釈法と感度法による K-Ar 年代測定を、中部九州、東北、伊豆半島等で行った。火山データベースについては、「第四紀火山」と「活火山」データベースを「日本の火山」データベースとして統合し公開した。また、焼岳、榛名山、西之島など活火山の詳細データを新たに加えた。このうち噴火した西之島に関しては、社会の要請に迅速に応えるためデータを追加更新した。また昨年度原稿を完成させた「日本の火山（第3版）」は、日本列島の第四紀火山の分布、年代、岩質を校正し出版した。

【分野名】地質

【キーワード】第四紀火山活動、噴火履歴、年代測定、火山データベース、活火山

【テーマ題目29】マグマ活動の研究（運営費交付金）

【研究代表者】篠原 宏志（マグマ活動研究グループ）

【研究担当者】篠原 宏志、高田 亮、田中 明子、斎藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、風早 竜之介、斎藤 英二、大石 雅之、（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁氣的観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測量を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的としている。水蒸気爆発を頻発する火山の典型として、口永良部島火山に着目し、GPSおよび自然電位の連続観測を継続して行い、基礎データを取得した。また地中温度の連続観測点を新たに設置し、遠隔地からデータを取得する体制を整えた。

桜島火山2013年9-10月の4回の噴火の噴出物21個の化学分析を行い、1個を除き、全て、主成分元素組成が2009-2010年噴火と同様であることを明らかにした。霧島火山噴出物中のメルト包有物（2011年噴火52個、1716-1717年噴火17個、1235年4個）について EPMA 分析を行い、主成分元素組成を把握するとともに、2011年噴火の玄武岩質安山岩メルト包有物の H₂O 濃度が最大3wt.%であると見積もった。

沈み込み帯における火山からの揮発性物質の放出量を推定するためのケーススタディとして、日本の各火山、各地域の火山性の噴煙、温泉、土壌ガス等の放出量の集計に基づく日本の火山からの放出総量を推定するとともに、放出量推定手法の検証を行った。その結果、噴煙活動が主要な放出源であること、および沈み込み帯により揮発性物質の平均組成が異なる可能性が明らかとなった。

アナログ実験により、発泡物質の注入速度の違いにより、爆発的な噴出がおこる場合と、泡と液体が分離して脱ガスする場合に分かれる事が確認された。富士山の噴火割れ目の時間変化と、宝永火口壁の岩脈の分布より、富士山内部に岩脈による応力蓄積過程を読み取った。口永良部島において連続地殻変動観測を実施し、山頂部で顕著な地殻変動が生じていない事を確認した。衛星搭載 SAR データを用い2011年 Kilauea 噴火や過去の口永良部島などの地殻変動を検出し、類推される変動源を求め、他の観測量などと比較した。東北本州弧における熱構造に関する議論をすすめ、後期新生代の火成活動史を規定する条件を与えた。

【分野名】地質

【キーワード】火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目30】マグマ熱水鉱床に関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】池原 研

（マグマ熱水鉱床研究グループ）

【研究担当者】池原 研、濱崎 聡志、清水 徹、

後藤 孝介、斎藤 元治、宮城 磯治、
森下 祐一、清水 日奈子
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

地球科学では鉱物内に複雑な構造を持つ試料を扱う必要がある。このような地質試料を簡単な系で代表させることは困難であり、微小領域において現象の本質を研究する必要がある。このため、高感度・高質量分解能の大型二次イオン質量分析装置 (SIMS) を研究手法とし、鉱物資源探査や火山の噴火メカニズム研究等の社会的に重要な課題に適用した。

金鉱床などのマグマ熱水鉱床生成に関連して炭酸塩鉱物が晶出することが多い。炭酸塩鉱物の酸素同位体比は熱水性鉱床の生成温度を推定する上で重要である。一方、CO₂と炭酸塩鉱物の間での酸素同位体分別は低温では理論値しかない。方解石標準試料を1℃から150℃までの様々な温度でリン酸分解し、生成した CO₂の酸素同位体比を測定して分別係数の温度依存性を詳しく調べた。分別係数は温度の二乗の逆数に比例することから有意の結果と言えるが、平衡かどうかの検討が必要である。

伊豆半島の更新世火山地域において、マグマ近傍の火山性流体に伴い形成された酸性変質帯の形成過程と同位体組成に関するとりまとめを行い、火山活動および周辺の鉱脈鉱床との相互関係について考察を進めた。

熱水性金鉱床の高品位鉱石の鉱物成長組織観察に基づき、金鉱化作用の成因的評価を行った。その結果、金を伴う石英に新たな成長組織が日米両国の高品位金鉱石に共通に見出され、国際研究協力の基、金の新たな沈殿メカニズムを考察した。さらには、豊羽多金属鉱床の石英の酸素同位体比測定データから、時空的に異なる熱水系の存在を明らかにしたが、その成果は国内誌に受理され公表に至った。また北海道光竜鉱床産金鉱石の鉱物成長組織観察結果を基に鉱脈生成過程を再解釈した論文が、国際誌に受理された。

鉱物資源のポテンシャル評価を行う上で、確度よく定量分析を行うことが必須である。金属ドリルを用いた粉末試料の作成およびその化学分析の確立に向け、金属ドリルの使用に伴うコンタミネーションの評価を行った。各種金属ドリルを用いて、ガラス片から約50 mgの粉末試料の作成を試みた。その結果、ダイヤモンドドリルなどは、試料作製中にドリル刃のコーティングが剥がれ落ちることが確認され、定量分析が困難な場合があることが分かった。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 マグマ熱水性鉱床、二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素同位体比、金、白金族、メルト包有物

〔テーマ題目31〕 長期変動の研究 (運営費交付金)

〔研究代表者〕 塚本 斉 (長期変動研究グループ)

〔研究担当者〕 塚本 斉、宮城 磯治、大坪 誠、
城谷 和代、西来 邦章、宮川 歩夢、
上澤 真平、勝部 亜矢、
Nguyen Hoang (Institute of Geological
Sciences, Vietnam Academy of Science &
Technology) (常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

2008年以降の鹿児島県桜島火山の噴火活動史を基に、噴出された火山灰の色調が噴火間隔と一定の関係があることを明らかにし、その要因としてマグマが火口直下で滞留される間に酸化され色調が変化するモデルを提唱した。北海道北見火山岩類のマグマ起源物質とマグマ生成過程に関する取りまとめを行うため Nguyen Hoang 氏を招聘し、研究打ち合わせと補完的な分析の下準備を行った。長期地質変動が地下水に与える影響の情報収集を行うため、変形・透水試験機設計セミナー2013に参加し、断層活動に伴う温度-圧力-透水性の変化とその相互関係や、試験機を用いた時の定量的な力学評価手法に関する情報を収集した。また、福島第一原子力発電所汚染水対策に係る科学的知見の整備の一環として、福島第一原子力発電所周辺の水文地質構造と地下水流動の解析を行い、汚染水を減少させる対策として表面遮水処理 (フェーシング) の有効性を明らかにした。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 長期地質変動、桜島火山、火山灰、滞留時間、北見火山岩、マグマ起源物質、変形・透水試験、福島第一原子力発電所、汚染水対策、フェーシング

〔テーマ題目32〕 深部流体の研究 (運営費交付金)

〔研究代表者〕 風早 康平 (深部流体研究グループ)

〔研究担当者〕 風早 康平、安原 正也、高橋 正明、
塚本 斉、佐藤 努、森川 徳敏、
高橋 浩、戸崎 裕貴、堀口 桂香
(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

福島県いわき市で生じた M7.0の2011年4月11日の内陸地震により、噴出した温泉水の定期採取 (毎月)、分析および流量の繰り返し観測を行った。その結果、自噴した3カ所のうち2カ所については、3年後においても噴出する湯量は減少していない。温泉水の組成に大きな変動はみられていない。湧出量に変化しない原因について解明するため、周辺の地震活動や応力場との対比などの検討を行った。また、火山ガス放出量の観測を行っていた浅間火山における SO₂放出量の変化についてまとめ、その原因となるマグマプロセスについて地震活動との対比を行い検討した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕

〔テーマ題目33〕 地下環境機能の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 伊藤 一誠

（地下環境機能研究グループ）

〔研究担当者〕 伊藤 一誠、富島 康夫、間中 光雄、
竹田 幹郎、東郷 洋子（常勤職員5名）

〔研究内容〕

放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備として以下の研究を実施した。堆積岩地域における間隙水圧分布形成と地下水流動駆動力に関する検討として、室内実験で得られた岩石の反射係数と水、塩分の拡散係数の相違から、異常間隙水圧の持続性と地下水流動への影響を評価するための定式化を行い、3次元地下流体移動解析コード TOUGH2に実装した。その上で、浸透圧以外の異常間隙水圧の形成要因である一次的な圧密による圧力上昇と浸透圧を比較し、浸透圧による異常間隙水圧の持続時間における数オーダーの長期性を確認した。微生物の影響評価及び微生物と有機物との相互作用の検討として、地下実験施設における水質及び微生物、有機物モニタリング結果を取りまとめた。ここでは、数年間の経時的な水質変動データに対して塩分濃度を基準として整理しなおすことによって、地下実験施設建設による擾乱を取り除いた経時変化を評価した上で、硫酸イオンと硫化水素における硫黄の同位体分析を行うことで、硫酸還元菌による硫酸イオンの消費速度を定量的に評価することが可能となった。以上の結果を利用し、微生物の代謝活動を取り込んだ反応-流動シミュレーションを実施し、坑道掘削から埋め戻し後の長期にわたる水質変動への微生物の影響に関するケーススタディを実施した。自然事象等の外的因子を考慮した地質環境条件評価モデルの作成と不確かさの把握では、水理・熱・力学・化学に関する場の把握モデルの作成および場の評価の不確か性検討・モデルの検証手法の検討として、き裂を有する堆積岩に対し、水・岩石反応試験を加熱あるいは封圧下で実施し、透水係数、せん断強度の経時変化に関する連成モデルと比較して一定の再現性を得た。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地層処分、天然バリア、安全評価

〔テーマ題目34〕 地球物理図（運営費交付金）

〔研究代表者〕 伊藤 忍（地球物理研究グループ）

〔研究担当者〕 伊藤 忍、名和 一成、大熊 茂雄、
山口 和雄、村田 泰章、宮川 歩夢、
山谷 祐介、駒澤 正夫、中塚 正
（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に解明するために重力図、空中磁気図、データベースなどの作成を行う。20万分の1重力図については、京都・大阪地域について編集を完了した。和歌山、名古屋、金沢

地域などの調査・編集を進めた。空中磁気図については、養老山地地域について編集を完了した。重力データベース地質情報データベース（RIO-DB）では、既存データから地下構造可視化システム（活断層セグメント）に対応する67地域の各種重力図を作成した。日本列島基盤岩類物性データベース地質情報データベース（RIO-DB）の維持作業を行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

〔テーマ題目35〕 火山地質図（運営費交付金）

〔研究代表者〕 石塚 吉浩（火山活動研究グループ）

〔研究担当者〕 石塚 吉浩、中野 俊、川辺 禎久、
及川 輝樹、山崎 誠子、石塚 治、
下司 信夫、高田 亮、山元 孝広、
星住 英夫、伊藤 順一、伴 雅雄
（常勤職員11名、他1名）

〔研究内容〕

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに火山地質図を作成する。平成25年度においては、火山噴火予知連絡会によって選定された「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」である九重火山、蔵王火山及び八丈島火山の3火山について火山地質図作成のための野外調査を実施した。このうち九重火山については地質図原稿をとりまとめた。また桜島火山については、昨年度原稿を完成させた地質図の校正を行い出版した。富士火山については、社会的要請が高く初版の出版から46年経過していることから全面的な改訂作業を進め、地質図を公開した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予知

〔テーマ題目36〕 地球化学図（運営費交付金）

〔研究代表者〕 岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕 岡井 貴司、今井 登、金井 豊、
御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭、
立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成において、都市市街地を含む関東地域における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の日本全国図の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。また、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、地球化学図データベースとしてインターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

精密地球化学図の作成では、今年度は関東北部地域

(埼玉県、茨城県、群馬県、栃木県) から、388個の試料採取を行うとともに既存試料の分析を行った。試料は各河川の指定された地点の周辺において、その河川の上流域から供給された細粒の堆積物(最大粒径3mm程度以下)約1kgをスコップ等で採取し、実験室で乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、自然乾燥した後、粉砕し分析に用いる試料とした。試料は硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で分解を行い、硝酸酸性の試料溶液を作成し、主成分元素を ICP 発光分光分析法で、微量成分元素を ICP 質量分析法で分析した。これまでに関東地方から収集・採取した試料総数は合計して約2000個で、今年度で関東地方精密地球化学図作成のための試料採取を完了し、来年度に分析を完了する予定である。分析で得られた元素濃度を元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成している。地球化学図は53元素について作成可能で、地球化学図の図面作成操作、距離計測、断面図作成等の解析を行うことができ、この他に3次元のメッシュマップ、メッシュ補間マップ、コンターマップを作成することができる。

地球化学図データベースでは、日本全国の陸域とそれにつながる沿岸海域のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布図を公開しており、作成に用いた河川堆積物試料(陸域、約3000個)及び海底堆積物試料(海域、約5000個)の採取地点の他、各元素の分析データを閲覧・ダウンロードできる。また、試料中のカリウム、ウラン、トリウム含有量から計算式により求めた、日本における大地からの自然放射線図についても公開するとともに、関東地方精密地球化学図についても、データベースとして公開する準備を行っている。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

【テーマ題目37】大陸棚等試料によるコアライブラリー管理 DB の高度化(運営費交付金)

【研究代表者】岸本 清行
(資源テクトニクス研究グループ)

【研究担当者】岸本 清行、西村 昭、田中 弓
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本テーマは部門の重点プロジェクト「大陸棚調査」に関連して取得、収集したデータ、試料のうち産総研が保有するものを管理するツールを整備することを目的とした。2012年度に国連から受領したわが国の「延長大陸棚勧告」には一部の審査未了海域が含まれており、早期の審査実施(再開)を国連大陸棚限界委員会に国として働きかけているところであるが、今後審査が再開された場合に備えて、大陸棚申請に用いられた資料を維持管理する必要がある。そのため、産総研が保有する「大陸棚

調査」関連資料を、その他の一般のコアライブラリーの管理法と互換性のあるデータベース形式での登録・管理ができるツールを作成した。これによって「大陸棚調査」関連資料が完全に公開された場合にも、スムーズな管理の移行と利活用が期待される。

【分野名】地質

【キーワード】海洋地質調査、コア試料、大陸棚調査

【テーマ題目38】衛星画像情報及び地質情報の統合化(運営費交付金)

【研究代表者】宮崎 一博(地質情報研究部門)

【研究担当者】中澤 努、浦井 稔、野々垣 進、
納谷 友規、西岡 芳晴、吉川 敏之、
川畑 大作、巖谷 敏光(常勤職員8名)

【研究内容】

成果配信のための基本情報であるデジタルアーカイブを、タブレット PC をはじめとした携帯端末に記録するための技術開発を行った。平成25年度は携帯電話用クリノメーターアプリケーション GeoClino for iPhone の iOS の最新バージョンに対応した改良を行い、現地調査による検証を実施したうえで、バージョン1.4.1として公開した。20万分の1地質図幅凡例情報のデータベース化では、地質図凡例オントロジーを改良し、20万分の1日本シームレス地質図の凡例データを試作した。地すべりポテンシャルマップの作成に必要な地形情報と地質情報の検証に関する研究において、地質情報と数種類の標高データ、地すべり分布のデータを利用して地すべり地域における DEM 解像度による傾斜や曲率などの違いを調べた。火山衛星画像データベースについては、画像のオルソ化・画像の色付けの変更などを実施し、バージョン3.0として次年度公開に向けた準備をした。都市域の地質地盤情報の統合化と地質地盤図の作成についての研究では、房総半島に分布する更新統下総層群について、野外調査で得られた露頭柱状図を利用して地層境界面の位置情報を数値化し、それらを基に3次元地質モデルを構築した。また対比の基準となる基準ボーリングデータ整備として、関連する房総半島の沖積層の放射性炭素年代測定を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】内陸地震、地下水、湧出量、ヘリウム同位体比

【テーマ題目39】巨大噴火のリスク評価研究(G-EVER)(運営費交付金)

【研究代表者】高田 亮(マグマ活動研究グループ)

【研究担当者】高田 亮、古川 竜太(常勤職員2名)

【研究内容】

G-EVER のサブグループとして、インドネシア火山地質災害研究センターと共同研究で、インドネシアの巨大噴火のポテンシャル評価技術の開発を行う。インドネ

シアでは過去1,000年間で3回巨大噴火が起った。これらの例を参考に、同じような噴火史をたどりつつある火山、すなわち、今後巨大噴火を起こす可能性のある複成火山を、既存文献からピックアップした。その中で事例研究として、中部ジャワの **Sumbing**、**Sundoro** の2火山について、現地調査を行い、複成火山成長期および静穏期の降下火砕物や火砕流堆積物の層序構築の予察調査を行い、炭素同位体年代測定用の試料を採取した。

【分野名】地質

【キーワード】G-EVER、インドネシア、巨大噴火、カルデラ噴火、リスク、噴火災害

【テーマ題目40】地質災害リスク国際標準化推進費（運営費交付金）

【研究代表者】宝田 晋治

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】宝田 晋治、桑原 保人（活断層・地震研究センター）、小泉 尚嗣（活断層・地震研究センター）、石川 有三（活断層・地震研究センター）、高田 亮、古川 竜太、重松 紀生（活断層・地震研究センター）、丸山 正（活断層・地震研究センター）、Joel Bandibas（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

G-EVER 推進チームでは、アジア太平洋地域の研究機関と協力し、「地震火山ハザード情報整備」等の国際標準化を進めている。CCOP（東南アジア地球科学計画調整委員会）管理理事会において、CCOP アジア地域地球科学情報共有プロジェクトの提案が日本から行われ、今後5-10年をかけて、アジア太平洋地域の地質図、災害関連情報、環境関連情報、地球物理情報等を共有化するプロジェクトを開始することが決議され、その構築に向けてプロトタイプを作成を進めた。今後、国際的な統一基準で、アジア地域のデータベース整備を進め、より信頼性の高い地震、火山データベースの作成やハザードマップ、リスクマップの共有化が測られる。世界的な地震リスク評価の国際標準である **Global Earthquake Model (GEM)** や、第四紀火山データベースの国際標準である **VOGRIPA** プロジェクトを進めている **Global Volcano Model (GVM)** との連携を進めた。仙台市で、IUGS と日本学術会議と合同で開催した第2回 G-EVER 国際シンポジウムでは、地震、津波、火山災害に関する各国の取り組みについて活発な討議を行い、今後の地震・火山ハザードリスクに関する行動規範となる15箇条からなる **Sendai** 合意を採択した。イタリアエリナーチェで開催された第2回 **VOBP** 国際ワークショップに参加し、各国の火山災害研究の取り組みについて情報交換を行った。イタリア国立地球物理火山学研究所（INGV）と、確率的火山災害予測手法やシミュレーション技術に

関する共同研究を進めるための研究打ち合わせを実施した。さらに、シンガポール地球観測所（EOS）と、火山噴火前兆データベース（WVOVodat）と G-EVER 地震火山ハザード情報システムとの連携を進めた。地震火山ハザードリスク評価に関するニーズをさぐるため、民間企業との勉強会を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】G-EVER、アジア、ハザード、国際標準化、CCOP、情報共有、データベース

【テーマ題目41】次世代型アジア太平洋地域地震火山災害図の研究（運営費交付金）

【研究代表者】宝田 晋治

（シームレス地質情報研究グループ）

【研究担当者】宝田 晋治、桑原 保人（活断層・地震研究センター）、小泉 尚嗣（活断層・地震研究センター）、石川 有三（活断層・地震研究センター）、高田 亮、古川 竜太、重松 紀生（活断層・地震研究センター）、丸山 正（活断層・地震研究センター）、Joel Bandibas（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

G-EVER 推進チームが中核となり、2016年にユネスコ世界地質図委員会（CGMW）から出版予定の750万分の1「東アジア地域地震火山災害図」のドラフトを作成し、2014年2月にバリユネスコで開催された CGMW 総会で公開した。東アジア地域地震火山災害図では、東アジア地域の震源分布、震源域、活断層分布、火山分布、犠牲者数、プレート境界等を示した。また、アジア太平洋地域の地震、津波、火山関連情報を閲覧する総合検索システムとして「アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システム」の Web サイトを構築した。今後、人口分布や交通網等さまざまなマップと組み合わせることで、将来の地震、津波、火山噴火による災害リスク評価を行うための基盤情報となる予定である。さらに、インドネシア火山地質災害防災局（CVGHM）、フィリピン火山地震研究所（PHIVOLCS）と連携し、インドネシア、フィリピンの地震・火山関連の情報をアジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムに掲載するための準備を進めた。特に CVGHM とは共同で、インドネシア火山情報システムを試作し、インドネシアの主要活火山の噴火履歴、災害履歴、ハザードマップ、地質図、文献が閲覧できる Web サイトを構築した。

【分野名】地質

【キーワード】G-EVER、アジア、地震、火山、災害、情報システム

【テーマ題目42】ボーリングデータの一元化と地質地盤

図の作成（運営費交付金）

〔研究代表者〕 中澤 努（情報地質研究グループ）

〔研究担当者〕 中澤 努、野々垣 進、納谷 友規、
小松原 純子、宮地 良典、宮崎 一博、
長 郁夫（活断層・地震研究センター）
（常勤職員7名）

〔研究内容〕

本研究課題では、都市部の地質情報整備の加速化を目的として、国・自治体等のボーリングデータを一元化し、それらを基に地下情報を表示するデジタル地質地盤図の作成を試みている。平成25年度は、千葉県北部をモデル地域として、ボーリングデータ整備、3次元地質地盤モデルの構築、地質モデル表示システムのプロトタイプの実行を行った。

ボーリングデータの整備に関しては、柏周辺及び船橋周辺で実施した産総研独自の基準ボーリング調査のコア試料について、詳細な層相記載とテフラ分析、放射性炭素年代測定などを行うことにより、この地域の深度約100m以浅の更新-完新統の標準的な層序を明らかにした。また、これらの基準ボーリングデータを標準形式のデータファイルとして整備した。一方、自治体から公共工事の土質ボーリングデータの提供を受け、それらを標準的なファイル形式に変換し、基準ボーリングデータとともにデータセットとして整備した。

整備したボーリングデータや露頭柱状図データ、表層の地形・地質分類図等を利用して、房総半島から千葉県北部の3次元地質モデルを構築した。地質境界面の推定には、独自の技術である最適化原理とスプラインにもとづく曲面推定法を用いた。これにより房総半島から千葉県北部にかけての地域では、東京湾岸付近で最も地層の分布が深くなり、関東平野南東部の地下が全体に東京湾付近を中心とした盆状の構造をしていることが示された。今後基準ボーリングデータを中心にデータを増やすことで、より精度の高い地質モデルが構築できるものと考えられる。また地質モデルを表示するシステムとして、地図表示のためのオープンソース JavaScript ライブラリーである OpenLayers を利用して、地質モデルおよびボーリングデータ等を配信する Web システムを試作した。このシステムでは、対象地域をメッシュで区分し、それぞれの区域ごとに3次元地質モデルを表示できるようにした。今後は3次元地質モデルに層相や物性値を表示できるようにさらに改良をすすめる予定である。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 ボーリングデータ、3次元地質モデル、地質地盤図

〔テーマ題目43〕 東北地方南部の陸域地球化学調査（運営費交付金）

〔研究代表者〕 御子柴 真澄（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕 御子柴 真澄、高橋 浩、岡井 貴司、

金井 豊、鈴木 喜夫、今井 登、

立花 好子（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

2011年の大地震以降、東日本の太平洋側の地域における地質構造の把握がより重要な課題となっている。また、東北地方南部の海岸沿い一帯において、地震・津波に起因する土壌・地下水汚染のリスクが存在する。そこで、東北地方南部から北関東にかけての阿武隈山地周辺を対象地域とし、広域における元素分布などの基本的情報の整備を目的として、地質調査とともに地球化学的調査を行っている。平成25年度は、阿武隈山地の中央部から北部にかけて地質調査を行い、岩石の産状や分布を把握するとともに、広く分布する花崗岩類などの試料を採取した。多数の岩石について粉碎作業を行い、蛍光 X 線分析法、ICP 質量分析法、ICP 発光分析法等を用いて化学分析を行った。花崗岩類の元素濃度は、含まれる有色鉱物の量に対応して幅広く変化する。阿武隈山地東部から北部にかけて分布する優白質な花崗岩類の多くは、分化した花崗岩の典型的な化学的特徴を示す。一方南部の花崗岩類は、カリウムやトリウムに比較的乏しい傾向を示す。さらに、南部阿武隈山地の深成岩類の年代測定を行い、貫入や冷却の時期を明らかにした。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 阿武隈山地、元素分布、岩石、化学組成、年代測定、2011年東北地方太平洋沖地震

〔テーマ題目44〕 新素材に関する融合研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 三田 直樹（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 三田 直樹、金井 豊、坂本 靖英
（地圏資源研究部門）、岡崎 智鶴子
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

2011年の福島原発事故以来、復旧・復興のための様々な作業が行われているが、現地では高放射線量に阻まれてなかなか困難を極めている。そのため、被ばくを少しでも低減させることを目指し、既存の特許技術を利用した遮へい能を有する新素材を検討した。この技術は、樹脂と粉体との濡れ性を向上させるもので、本研究では樹脂と従来困難とされた超高濃度の鉛粉体を混合した新素材を作製した。遮へい材として良く利用される金属鉛は曲げるのが困難であるが、この新素材は弾力性・柔軟性を有し、軽い力で曲げることが可能であり、力を除くと元に戻る特質があることがわかった。遮へい材素材としての最適化を目指し、混合物の組成比を変えて調製し、その放射線遮へい能などの特性を検討した。その結果、弾力性・柔軟性を保持しながら、金属鉛に対して60%近い遮へい効果を有する素材を作ることができ、これらの関連する成果を特許出願した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕素材、遮へい体、放射線

〔テーマ題目45〕地球化学標準試料 ISO（運営費交付金）

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、今井 登、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、久保田 蘭、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

地質試料は多種・多様な成分で構成され、化学分析の際には各成分が互いに影響しあうため、正確な分析を行うためには、目的とする試料と主要な化学組成が良く似た、目的成分の濃度が決められている標準試料が必要不可欠である。地質情報研究部門は化学分析用岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来50年近くにわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界各国の研究機関との共同研究により、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高いデータを定め公表してきた。この標準試料は世界中で活用されており、分析精度を高める標準として世界的に大きな貢献をしている。しかしながら、近年の国際化の動きの中で、標準物質は国際的な標準である ISO のガイドラインに対応することが必要とされるようになってきたため、当部門発行の岩石標準試料についても、NITE 認定センターより、ISO に対応した標準物質生産者としての認定（ASNITE 認定）を取得し、ISO の規定に則った認証標準物質（地球化学標準物質）とした。

本年度は、昨年度作製した安山岩標準試料 JA-2a について均質性の確認及び共同分析による仮認証値の設定を行った。均質性の確認は、主要な9成分について、試料作製時に6つに分割した各スプリットからランダムに各2本ずつ抜き取り、計12本を用いて行ったが、特段の問題は見られなかった。また、スプリット3については同一スプリット内から5本を抜き取り、スプリット内での不均質がないことを確認するとともに、特定の瓶について瓶の上部から5分割し、瓶内においても不均質がないことを確認した。共同分析は、外部9機関及び地球化学研究グループの計10機関で、主成分（12成分）について行ったが、一部の成分についてはばらつきが大きい傾向があったため、認証値を設定せず、参考値に止めることも検討中である。

標準物質生産者としての ISO 認定の維持に必要な各種文書やデータ類の管理においては、マニュアル・記録類の維持・管理を行うとともに、文書の改善を行い、NITE 認定センターによる認定継続のための定期検査を受審し、認定の継続を認められた。また、標準試料の各種情報をデータベースとしてインターネット上で公開した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕国際標準、標準物質、地球化学、岩石、土壌、化学組成

〔テーマ題目46〕浅層反射法地震探査の機動力確保（運営費交付金：地質分野理事費）

〔研究代表者〕伊藤 忍（地球物理研究グループ）

〔研究担当者〕伊藤 忍、山口 和雄（常勤職員2名）

〔研究内容〕

少人数での浅層反射法地震探査を効率的に実施できるようにすることを目的として、可搬型バイブレーター震源装置を導入した。導入した震源装置の性能を確認するために、埼玉県寄居町・深谷市で浅層反射法地震探査を実施した。初期的な処理の結果、少なくとも深度50メートル程度までの S 波構造を得られることが示された。また、条件によって、あるいはより精緻な処理によって、さらに深部の構造を得られることが期待できることが示された。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕浅層反射法地震探査、バイブレーター震源

〔テーマ題目47〕噴火推移把握と評価技術の開発（運営費交付金：地質分野理事費）

〔研究代表者〕篠原 宏志（マグマ活動研究グループ）

〔研究担当者〕篠原 宏志、高田 亮、宝田 晋治、川辺 禎久、古川 竜太、及川 輝樹、石塚 吉浩、星住 英夫、J. Bandibas（常勤職員8名、他1名）

〔研究内容〕

我が国の大規模火山の多くの事例を俯瞰可能なデータ集としてまとめ、噴火・前兆現象の共通項と差別要因を抽出することにより、個別噴火の事例研究に留まってきた噴火推移に関する理解を、将来予測に資する噴火推移過程の類型化に基づく噴火推移規制要因のモデルに発展させる事を目指す。文献記録から噴火推移情報を抽出するための手法を検討し、共通のフォーマットを作成した。そのフォーマットに基づき、日本列島における最近400年間の噴火の中で、推移が把握できる程度に詳しい記録が存在し、かつ VEI4（火山爆発指数）ないし噴火マグニチュード4以上のプリニー式噴火13噴火について、各噴火の推移情報を関連文献の調査によりとりまとめた。

巨大噴火に至る噴火履歴に関するこれまでのインドネシアとの共同研究で、巨大噴火前の1万年から数千年間では活動度が低下していたこと、巨大噴火直前には様々な前兆現象が認められることが明らかとなった。今年度インドネシアの研究所との共同研究の結果、下記の成果が得られた。(1) ジャワ島からスンバワ島までの間で、既存の DB より、活動度が急激に静穏になっている8火山を抽出した。静穏期間が1000年以上続いている火山も認められた。(2) 中部ジャワで、静穏期間が続く隣接す

る Sumbings 火山と Sundro 火山で、静穏期間を示す小規模噴火噴出物と土壌を調査し、年代測定試料を採取した。

高精度な噴火推移予測のための評価技術を向上させるため、雲仙火山1991-95年火砕流を対象に、Titan2D を用いて、雲仙火砕流の流動堆積過程の再現性の検証を行った。本年度は、噴火当時の主要イベントごとの地形データ及び分布図を作成し、溶岩ドーム崩壊量、初速、内部摩擦角、底面摩擦角等を変化させた上で数値シミュレーションを実施し、観測された崩落量、流速変化、到達時間、分布域と比較した上で、主要火砕流イベントの挙動を再現できる最適解の解明を試みた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、噴火推移、噴火予知

〔テーマ題目48〕東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究 (CCOP-DelSEA II プロジェクト) (運営費交付金：地質分野理事費)

〔研究代表者〕齋藤 文紀 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕齋藤 文紀、松本 弾 (活断層・地震研究センター) (常勤職員2名)

〔研究内容〕

地質調査総合センターが推進する CCOP 関連プロジェクトの「地球環境基盤としての東・東南アジア地域の地球科学情報整備プロジェクト」の中で、東南アジアから東アジア沿岸域の保全と防災に資するため、これらの地域を対象に、CCOP-DelSEA プロジェクト「東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究」を推進した。平成25年度は、2014年3月16日から22日にインドネシアのバンドンにあるインドネシアエネルギー・鉱物資源省 研究開発庁 海洋地質研究開発センター (別称：海洋地質研究所 MGI) において、第5回会合 (CCOP-GSJ/AIST-MGI Workshop on Coastal Geology and Hazards) を開催し、8ヶ国から約70名の参加者があった。会議は、バンドンの MGI において2日間の研究発表と、3日間の巡検・MGI チレボン支所での討議から構成された。DelSEA 会合では、沿岸域の地形と堆積物、ボーリングコア試料、海域の音波探査結果を総合してどのように解釈し、海陸を統合した沖積層の層序や古環境復元を行うか、また沿岸侵食に対してこのようなデータをどのように活用し、またどのようなデータ取得が必要かに焦点が当てられた。海域において採取されたボーリングコア3本の年代測定結果を用いての解釈が、コア試料や音波探査結果と合わせて、討議された。

平成24年にマレーシアで開催された第4回会合に合わせて行われたマレー半島の完新世の海水準変動の共同研究の結果をマレーシアアレンガヌ大学と共同で国際学術誌に投稿した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕CCOP、デルタ、沿岸、沖積層、DelSEA

〔テーマ題目49〕重レアアース鉱床の探査技術の実用化 (運営費交付金：戦略予算)

〔研究代表者〕下田 玄

(資源テクトニクス研究グループ)

〔研究担当者〕下田 玄、後藤 孝介 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

天然の試料から鉛を分離し、その同位体比の測定を行うためには、重要なのは環境からの汚染の低減である。空気中には主にガソリン等の石油の燃焼に起因する鉛が存在するので、鉛濃度やその同位体の測定には通常クリーンルームが用いられる。しかし、クリーンルームの製作や維持管理には多大なコストが掛る。そこで、低コストで環境からの影響を除去する為の、閉鎖系での前処理を目的とした研究を行った。今後、これを完成させ、熱水鉱床の主要構成元素である銅・亜鉛・鉛の同位体比測定の開発を行う。亜鉛も環境からの汚染が深刻な元素であるので、閉鎖系での分離法の確立が期待される。これを実用化することで、海底の元素循環の推定を行い、重レアアースが濃集している資源泥の調査指標開発に資する研究に発展させる。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底鉱物資源、テクトニクス、沖縄トラフ、フィリピン海プレート、地球化学、岩石学

〔テーマ題目50〕地球観測グリッド GEO Grid の研究 (運営費交付金：戦略予算)

〔研究代表者〕宮崎 一博 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕西岡 芳晴、宝田 晋治 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

平成24年度に開発・公開した「シームレス地質図3D」の動作環境制限・機能制限の問題を解決するために、あらたに WebGL を用いた新しい「シームレス地質図3D」の開発を行い、テストアプリケーションを作成、試験公開を行った。さらに、GEO Grid 火山重力流シミュレーションシステムを高度化し、新たに G-EVER 次世代型火山災害予測支援システムとして公開した。火山災害予測支援システムは、火山の噴火履歴、火山噴火データベース、シミュレーションを統合化したシステムである。これまでのエネルギーコーンによる評価支援システムに加えて、Web 上で実行可能かつ高精度な Titan2D による評価支援システムを開発した。また、国内の火山については10m メッシュ精度での評価ができるシステムとした。今後、G-EVER による火山災害予測支援のための中核システムの一つとなる予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地質図、数値化、3D、シームレス地質

図、WebGL、GEO Grid、G-EVER、シミュレーション、火山、災害、評価、Titan2D

〔テーマ題目51〕 沖縄トラフ東縁海域の海底鉱物資源ポテンシャル調査（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕 池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 池原 研、下田 玄、荒井 晃作、片山 肇、針金 由美子、山岡 香子、石塚 治、佐藤 太一、佐藤 智之、板木 拓也、天野 敦子、後藤 孝介（常勤職員12名）

〔研究内容〕

我が国で鉱物資源の供給不安が広がる昨今、海底に賦存する鉱床の存在が注目されている。本研究では、久米島西方の海底火山域において海底地質調査を実施し、新たな海底熱水鉱床の発見の基礎となる海底地形・地質データの収集と解析が目的となる。沖縄県硫黄島島周辺海域における海洋地質調査の結果、硫黄島島西方海域で熱水活動の密集地帯を、硫黄島島北方海域で塊状硫化物の生成を伴う熱水活動域を発見した。これらの結果はプレス発表した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 海底熱水活動、ブルーム、海底カルデラ、硫黄島島堆

〔テーマ題目52〕 伸縮自在なセンシングデバイスの開発（運営費交付金：戦略予算）

〔研究代表者〕 三田 直樹（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 三田 直樹、金井 豊、岡崎 智鶴子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

情報通信・エレクトロニクス分野の4ユニットと共同で、センサの曲面への設置やウェアラブル化を目指して伸び縮みした状態でも圧力が検出可能なセンシング技術の開発に寄与するため、当部門では柔軟性が高くストレッチャブルな基板の作製に関する研究を分担する。当部門では、立体化石や立体地形など任意の形状をもつ三次元表面に貼り付け可能なシートの作製技術を有しており、これを活用してストレッチャブルなシート基盤の作製研究を行った。作製したシートは伸縮可能であったが、圧力センサに用いるには耐久性に課題があったため、素材や混合比の検討などを行って問題点の改善を図った。シリコン樹脂とのブレンドフィルムでは電極の印刷が可能であり、可逆的な伸縮が確認できた。またメッシュ繊維とのブレンドではウェアラブルセンサ用基材としての応用が期待できるような人肌に近い粘弾性が観察され、十分な強度を有することが判明した。更に、印刷時における耐薬品性や耐熱性についても検討し、印刷手法を選択

することでストレッチャブル基盤の作製が可能であることを明らかにできた。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 3次元、伸縮自在素材、シート

〔テーマ題目53〕 アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に関する研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 齋藤 文紀（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 齋藤 文紀、西村 清和（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に資するため、中国地質調査局青島海洋研究所、華東師範大学等と共同研究を行った。青島海洋研究所との共同研究では、旧黄河河口が位置していた江蘇省沿岸域の過去約100年間の海岸侵食量を古地理図、海図、海域の音波探査データを総合してとりまとめた。海域の音波探査結果については層序と堆積様式の変化を国際学術誌から発表した。またこれらのデータを総合的に解析した結果、黄海から東シナ海に運搬される土砂の大半が同地域の沿岸侵食によるものであることが明らかになり、国際学術誌に投稿した。渤海沿岸の完新世初期の古環境に関しては、ボーリングデータと音波探査結果を取りまとめて国際学術誌に投稿した。華東師範大学とは、9千年前から8千年前の急激な海水準上昇に焦点をあてて、ボーリング試料の解析を行っている。8.5-8.0千年前の海面上昇については国際学術誌から発表し、9.0-8.5千年前の上昇については引き続き解析中である。ベトナム沿岸域においては、ドイツのキール大学と共同で、メコンデルタ周辺域の完新世初期の9.0-8.0千年前の急激な海面上昇に関してデータのとりまとめを行い、国際学術誌に投稿した。また完新世中期の高海面については、高海面の存在を国際学術誌から発表した。

IPCC 第5次評価報告書の第2ワーキンググループにおいて責任執筆者として報告書原稿作成に参加した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 アジア、デルタ、沿岸、平野、地球環境

〔テーマ題目54〕 流況制御と鉄鋼スラグを利用した沿岸環境保全と再生に関する研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕 高橋 暁（沿岸海洋研究グループ）

〔研究担当者〕 高橋 暁、谷本 照己、山崎 宗広、長尾 正之（常勤職員4名）

〔研究内容〕

製鋼スラグの一種である脱リンスラグが海砂に代わる人工アマモ場土壌としての適応性、優位性を評価するため、脱リンスラグと浚渫土の各種混合比からなる土壌におけるアマモ大型水槽実験を行った。結果は、実験開始

1年未満では浚渫土の割合が多いほど生育が良かったものの、1年以上経過後ではスラグ100%土壌においてもアマモの生育が良好となった。このことから、人工アマモ場土壌として脱リンスラグが適用できることが明らかとなった。

停滞性の強い大阪湾奥部を対象に各種工法を適用した水理実験結果を整理・解析し、環境再生手法として流況制御技術を評価した結果、海水交換促進を目的とした流況制御技術の効果を示すことができた。また、前年度に引き続き、瀬戸内海大型水理模型で得られた潮流データの解析結果を瀬戸内海全域の潮流分布図や最大潮流図、成層強度図として整理し、インターネットによる情報公開を行った。

【分野名】地質

【キーワード】流況制御、スラグ、アマモ、海水交換

⑤【地質調査情報センター】

(Geoinformation Center)

所在地：つくば中央第7

人員：19名(6名)

概要：

地質調査情報センターは、産業技術総合研究所内の地質分野の研究部門・研究センター・研究コア・地質分野研究企画室・地質標本館等との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。また、国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題などへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。

機構図(2014/3/31現在)

【地質調査情報センター】センター長 渡部 芳夫

次長 土田 聡

総括主幹 菅原 義明 栗原 文夫

【地質・衛星情報整備企画室】 室長 吉川 敏之

【地質・衛星情報アーカイブ室】 室長 栗原 文夫

【地質・衛星情報サービス室】 室長 中野 俊

地質・衛星情報整備企画室

(Geoinformation Management Office)

(つくば中央第7)

概要：

地質・衛星情報整備企画室は、地質の調査に係る数値情報の統合及び提供に関すること、地質の調査に係るデータベースの統合及び提供に関すること、衛星情報と地質情報との統合に関すること、地質の情報に係る連携及び融合に関することを担当する組織として、地質調査総合センター全体における研究情報の集約・

共有・発信のあり方を検討するとともに、地理空間情報にかかるデータ整理とクラウドコンピュータ上でのデータベースシステムの構築・運用、および利用規約の改定を行った。

また、地質調査総合センターにおける研究成果発信の標準化のために、国際標準規格であるWMS/WMTS形式での配信を正式に開始した。さらに、地質図製作から出版までのペーパーレス化・内製化の実現を目指し、工程を電子化する試みの一環として、5万分の1地質図幅2区画の製作を進めた。そして、ユーザーによりわかりやすいサイト実現のために、非専門家向けの新たなポータルを製作した。

地質・衛星情報アーカイブ室

(Geoinformation Archive Office)

(つくば中央第7)

概要：

地質・衛星情報アーカイブ室は、「地質の調査」に関わるメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理及び地質調査に係わる基礎データのアーカイブに関する業務を掌る。メタデータの整備については、地質文献データベース及び政府クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新及びシステム改修等を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。既刊出版物の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を行った。地質図幅調査に係わる調査時基礎データのアーカイブに関しては、アーカイブシステムの基本構成部分の作成と、提出をされたアナログデータの電子化と保管作業を行った。

地質・衛星情報サービス室

(Geoinformation Service Office)

(つくば中央第7)

概要：

地質衛星情報サービス室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書の編集と出版、数値地質図やデータ集のCD-ROM出版を行った。地質出版物・データベースの著作物利用申請には59件対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスターデータ整備を実施した。また、地質標本館及び地質分野研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントで成果普及活動を行

研 究

うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、Web 等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

地質調査総合センターの Web サイトの維持・管理を継続した。オープンデータ施策に対応するため、ダ

ウンロードサイトの登録制を廃止した上で、40区画分の5万分の1地質図幅 Shapefile と kml のベクトル形式のデータを追加公開した。

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、5万分の1地質図幅3件（冊子6件）、海洋地質図2件、重力図2件、火山地質図1件、200万分の1地質編集図1件（冊子1件）、特殊地質図1件、水文環境図1件である。

刊 行 物 名	件 数	発行部数	摘 要
	図類・冊子		
5万分の1地質図幅	3・6	各1,500	新居浜（冊子）、京都東南部（冊子）、青森西部（冊子）、今庄及び竹波、八王子、早池峰山
海洋地質図	CD-ROM 2	各1,000	No. 81 日高舟状海盆表層堆積図 No. 82 奥尻海盆表層堆積図
重力図	2・0	各1,100	No. 29 姫路地域重力図（ブーゲー異常） No. 30 徳島地域重力図（ブーゲー異常）
火山地質図	1・0	2,000	No. 1 桜島火山地質図（第2版）
200万分の1地質編集図	1・1	2,000	No. 11 日本の火山（第3版）
特殊地質図	CD-ROM 1	1,000	No. 40 関東平野中央部の地下地質情報とその応用
水文環境図	CD-ROM 1	1,000	No. 7 熊本地域

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第64巻1/2号～11/12号6件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報3件である。

刊 行 物 名	件 数	発行部数	摘 要
地質調査研究報告	6	各200	Vol. 64 No. 1/2, 3/4, 5/6, 7/8, 9/10, 11/12
活断層・古地震研究報告	1	1,550	活断層・古地震研究報告 第13号（2013年）
地質調査総合センター速報	3	300 500 300	No. 62 平成24年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No. 63 巨大地震による複合的地質災害に関する調査・研究中間報告 No. 64 沖縄周辺海域の海洋地質学的研究平成25年度研究概要報告書 －徳之島周辺海域－

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領（21要領第61号）により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成25年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成25年度 研究成果普及品頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集

7,029,214円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入（4社合計）	3,474	5,465,488
直接販売収入（地球科学図ほか）	409	892,755
直接販売収入（オン・デマンド）	533	670,971
合 計	4,416	7,029,214

普及出版物及び給葉書

611,280円

内 訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入（普及出版物ほか）	924	611,280

○平成25年度 シリーズ別 頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の1地質図幅	1,812
20万分の1地質図幅	556
数値地質図	496
火山地質図	299
海洋地質図	187

○平成25年度 出版物別 頒布部数トップ10

シリーズ名	出版物名	頒布部数
5万分の1地質図幅	京都東南部	145
200万分の1地質図幅	日本の火山（第3版）	92
火山地質図	阿蘇火山地質図	77
5万分の1地質図幅	新居浜	70
数値地質図	20万分の1 日本シームレス地質図 DVD 版	64
5万分の1地質図幅	青森西部	57
5万分の1地質図幅	今庄及び竹波	54
火山地質図	桜島火山地質図	46
火山地質図	伊豆大島火山地質図	45
5万分の1地質図幅	早池峰山	44

④ 文献交換

「地質の調査」に係わる研究成果をもとに、国内外の「地質の調査」に関係する機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国数	155	1	36	40	43	1	11	12	11
機関数	1,091	436	224	173	59	81	33	48	37

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件数	25	7	2	5	5	6
所外送付部数	3,924	1,099	432	546	622	1,225
国外送付部数	4,638	84	454	1,217	1,217	1,666

⑤ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベースを（統合版 GEOLIS 及び貴重資料データベース）構築し Web を継続している。今年度は、統合版 GEOLIS の高度化（全てのデータにパーマリンクの付与及び他データベースからの検索機能追加等）を公開し、オンラインジャーナル情報の RSS 取得を開始した。また、ユーザーインターフェース（検索方法 help の表示、検索後のソート機能追加等）の改良・公開を行った。統合版 GEOLIS の蓄積データ数は439,762件（うち位置情報データは43,820件）、Web 公開で597,456件のアクセス数である。貴重資料データベースのアクセス件数は31,238件、登録数は21件であった。

受 入

	単行本 (冊)	雑誌 (冊)	地図類 (枚)	研究資料集・ 受託研究資料	電子媒体資料 (個)
購 入	301	128	28	0	14
寄贈・交換	43	3,594	419	22	172
計	344	3,722	447	22	186

製本・修理 (冊) 1,441

地質文献データベース (アクセス件数は平成26年3月まで)

	登録数	登録総数	アクセス件数
統合版 GEOLIS (GELIS+・G-MAPI 含む)	16,984	439,762	597,456
貴重資料データベース	21	555	31,238
計	17,005	440,317	628,694

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者 (括弧内外国人)	閲覧件数	貸出件数	返却件数
245	5,491 (62)	6,036	5,457	5,832

地質文献複写外部委託

件数 (件)	通常コピー (枚)	カラーコピー (枚)	電子媒体 (部)
452	15,648	330	2

⑥ メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、電子政府クリアリングハウス用の地理標準フォーマット JMP 第2版に基づくメタデータを1,622件整備し Web 公開した。

⑦ 数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、5万分の1地質図幅93図幅、火山地質図4図幅をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。5万分の1地質図幅40図幅の Shapefile と kml 形式のベクトルデータを公開した。

○平成25年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備 (件数)	
5万分の1地質図幅、海洋地質図幅の数値化数	97
5万分の1地質図幅ベクトルデータ公開	40
2. メタデータ整備 (件数)	
電子政府クリアリングハウス：メタデータ登録数	1,622

⑧ 5万分の1地質図幅調査に係わる調査時基礎データのアーカイブ作成

今年度は、アーカイブシステムの基本構成部分の作成と、保管機材の整備を開始した。併せて、提出を受けたアナログデータの電子化と保管作業を行い、作業手続きの高度化を図った。

⑥【地質標本館】
(Geological Museum)

所在地：つくば中央第7

人員：16名（9名）

概要：

地質標本館は、世界的にユニークな地球科学専門の博物館として、地質標本、地球科学全般と地球の歴史・変動のメカニズム、人間生活との関わりについて展示し、土・日・祝日も開館している。また、地球科学の普及、地質調査に関する広報および地質相談業務、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究などに関する業務を行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[地質標本館] 館長 利光 誠一
副館長 下川 浩一
総括主幹 大和田 朗
キャリア主幹 西澤 良教

[企画運営グループ]

グループ長 渡辺 真人 他

[地質試料管理グループ]

グループ長 角井 朝昭 他

[地質試料調製グループ]

グループ長（兼）大和田 朗 他

企画運営グループ
(Museum Management Group)

(つくば中央第7)

概要：

企画運営グループは、展示施設の維持管理、館内での特別展示や行事・外部イベント出展などの企画・調整・運営を行っているほか、ジオパーク、ジオネットワークつくば、地質情報展など、産総研地質分野を代表して、外部機関との連携をとりながら行うアウトリーチの推進業務を行っている。また、GSJ 地質ニュースの編集・発行を行う他、「地質相談所」を窓口として、所内外からのさまざまな階層の地質相談業務を行っている。

地質試料管理グループ
(Curating Group)

(つくば中央第7)

概要：

地質試料管理グループは、地質試料の整備、管理・保管、登録、利用支援、アーカイブ、データベース化並びにこれらに関する研究を行っている。

地質試料調製グループ
(Quality Petrographic Section Group)

(つくば中央第7)

概要：

地質試料調製グループは、地質の調査・研究に不可欠な岩石試料等の薄片・研磨片等の作製を行う他、独自の作製方法を開発することにより、更なる難試料作製に応じられるよう努めている。その他、作製現場の見学、技術相談、指導等の要請にも応じている。

研 究

平成25年度 地質標本館行事一覧

実施期間	特別展および速報	講演会	移動地質標本館	イベント	入館者・参加者
2013/4/15～5/10			地質の日関連イベント 経産省本館ロビー展示		
2013/4/16～5/31	春の特別展示 第3回火山 巡回展「霧島火山」ーボラ (軽石) が降ってきた! 新 燃岳の噴火とその恵みー				入館者 4,928人
2013/4/20		地質標本館特別 講演会「霧島山 新燃岳噴火の謎 に迫る」			参加者 47人
2013/5/11				地質の日関連イベント: 作って学べる工作 コーナー	入館者 213人
2013/5/11～12			つくばフェスティバル 2013ブース出展		来場者延べ 80,000人
2013/5/19～24			地球惑星連合大会ブー ス出展		
2013/7/16～9/29	夏の特別展「地球の恵み 地熱・地中熱エネルギーを 利用しよう」				入館者 17,374人
2013/7/20				つくばセンター一般公開 (薄片見学ツアー 及び地中熱ミニツアー実施)	入館者 2,325人
2013/7/20		特別講演会「地 中熱利用の現状 と展望」			入場者 82人
2013/7/20～24			国際火山学地球内部化 学協会2013年学術総会 ブース出展		
2013/7/25～26			サイエンスフェスタ in 秋葉原		入場者 81人
2013/8/3				夏休みイベント: 石をみがいてみよう	参加者 18人
2013/8/10			東北センター一般公開		来場者 555人
2013/8/23				夏休みイベント: 化石クリーニング教室	参加者 20人
2013/8/24				地球何でも相談日	相談数 31件
2013/9/14～16				地質情報展2013みやぎ (仙台市科学館)	来場者 2,118人
2013/10/5				野外観察会「地層の観察会ー茨城県東北地 域の化石産地を訪ねて」 (国立科学博物館との共催)	来場者 40人
2013/10/19～20			つくば産業フェア出展 「化石クレイモデルを 作ろう」		参加者 248人
2013/10/25			中国センター一般公開		来場者 662人
2013/10/31		オープンラボ講 演会「地中熱の研 究における水文地 質情報の活用」			
2013/10/3～11/1				産総研オープンラボ	入館者 850人
2013/11/9～10			つくば科学フェステイ バル2013出展 「化石のレプリカ作 成」		来場者 16,539人
2013/11/12 ～2014/2/2	冬の特別展示「地質情報展 2013みやぎー大地を知って 明日を生かすー」				入館者 5,046人
2013/12/1			青少年のための科学の 祭典・日立大会		参加者 322人
2014/2/8～9			産総研キャラバン2014 郡山		
2014/2/23				サジオネットの日 (つくばエキスポセンタ ー)	来場者 809人
2014/2/25～26			おおいたジオ国際フォ ーラム ブース出展		来場者 918人
2014/3/4～6/29	春の特別展「地質の目でみ る地震災害の連鎖」				入館者 1,915人 (3/31までの入 館者数)
2014/3/15				自分で作ろう: 化石レプリカ	参加者 32人
2014/3/16				ジオネットワークつくば第27回カフェ: 朗 読会宮沢賢治「檜の木大学士の野宿」ーイ ーハトープの石たち」(つくば市役所)	参加者 35人
2014/3/23				日本地学オリンピック とつぶ・レクチャ ー	

地質標本館 平成25年度 入館者総数 38,229人

地域別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
市内	1,046	538	314	3,197	4,215	523	383	521	270	193	414	377	11,991
県内	500	809	283	1,187	1,640	663	593	806	241	323	302	390	7,737
都内	526	607	159	359	767	296	792	820	139	120	146	352	5,083
他県	719	1,023	485	1,114	2,885	1,130	1,187	1,486	861	504	482	967	12,843
外国	32	23	39	50	56	51	44	77	51	55	25	72	575
計	2,823	3,000	1,280	5,907	9,563	2,663	2,999	3,710	1,562	1,195	1,369	2,158	38,229

職業別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
小学	310	497	130	1,607	2,790	451	318	584	156	106	131	324	7,404
中学	508	118	4	245	518	72	304	90	156	10	184	52	2,261
高校	139	95	6	387	752	17	514	332	182	8	68	253	2,753
大学	222	205	91	135	197	263	232	73	124	58	145	119	1,864
教諭	102	75	37	132	336	104	114	107	82	56	67	78	1,290
家庭	874	1,092	484	2,192	3,502	1,009	626	1,249	452	417	428	767	13,092
一般	668	918	528	1,209	1,468	747	891	1,275	410	540	346	565	9,565
計	2,823	3,000	1,280	5,907	9,563	2,663	2,999	3,710	1,562	1,195	1,369	2,158	38,229

団体見学への館内説明対応件数 198件

団体見学への館内説明対応実績内訳

	区分	件数	内容
学校関係	小学校	14	地層・岩石の話
	中学校	11	地層・岩石の話
	高校	43	地質調査に係る研究成果紹介
	高等専門学校	1	地質調査に係る研究成果紹介
	大学	7	地質調査に係る研究成果紹介
視察・VIP	視察・VIP	26	地質調査に係る研究成果紹介
海外研修生	海外研修生	11	地質調査に係る研究成果紹介
その他（一般団体）	その他（一般団体）	85	地質調査に係る研究成果紹介
合計		198	

職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	つくば市立竹園東中学校 3人	1日間(3人)	展示解説とイベント教材作製
	土浦市立土浦第四中学校 1人	1日間(1人)	展示解説とイベント教材作製
	芝浦工業大学柏中学校 4人	1日間(4人)	展示解説とイベント教材作製
博物館実習	千葉大学 3人	9日間(3人)	博物館業務に係わる試・資料の収集・保管・展示等の指導
	筑波大学 6人	12日間(4人)	
		7日間(1人)	
		5日間(1人)	
	工学院大学 1人	10日間(1人)	
	帝京大学 1人	7日間(1人)	
	東京農業大学 2人	10日間(2人)	
川村学園女子大学 2人	10日間(2人)		
地質標本の利用指導	栃木県立博物館 2人	1日間(2人)	標本の取り扱い方指導
薄片技術指導	丸本ストルアス株式会社 1人	4日間(1人)	湿式法による薄片作製技術の指導
	国立大学法人北海道大学 1人	4日間(1人)	乾式法による平面性の追求について指導

⑦【深部地質環境研究コア】

(Research Core for Deep Geological Environments)

(存続期間：2007.4.1～)

研究コア代表：渡部 芳夫

所在地：つくば中央第7

人員：1名(1名)

経費：327,883千円(15,954千円)

概要：

研究コアとしての設立は、2007年に原子力安全・保安院より、産総研が実施する放射性廃棄物地層処分に対する安全規制の技術的支援研究を、代表制を持って統括するしくみを強く要請され、政策当局、関連機関等との調整、協力において、組織的代表制が不可欠となったことによる。

本研究コアの課題とミッションは、産総研地質分野において、放射性廃棄物地層処分事業の概要調査結果の規制庁レビュー等における、地層処分の安全基準を策定していくために必要となる調査研究を実施することであり、産総研地質分野の研究戦略(戦略課題3-(2)高レベル放射性廃棄物の地層処分のための地質環境評価)に基づき、地質情報研究部門、活断層・地震研究センター、地質調査情報センターの研究者等42名(常勤職員35名、契約研究職員7名)が研究コアメンバーとして実施した。

本研究コアの対外的な代表性に基づく活動は、現原子力規制委員会原子力規制庁等の安全規制機関への技術支援等の活動と、規制支援研究機関との協力、ならびに上記の外部要請に基づいた外部資金プロジェクトの運営・統括等からなる。

原子力の安全研究の推進を目的として、地層処分の安全規制支援研究機関である原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構との間で平成19年10月4日に締結された、独法間研究協力協定「放射性廃棄物地層処分の安全性に関する研究協力協定」の協定協力委員会を開催し、今後の共同研究計画の策定等を行った上で、協定独法の一つの原子力安全基盤機構の廃止を踏まえて、平成25年度末での本協定の終了を決定した。なお本協定の下で実施中の共同研究活動として、日本原子力研究開発機構との間の共同研究「深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発」(平成26年3月末まで)を実施した。

なお、研究プロジェクト自体の成果は、研究コアメンバーの所属する研究ユニット等の業務の一環として実施したものであり、詳細な内容は各研究ユニットの項に記述した。

⑧【地質調査総合センター】

(Geological Survey of Japan)

所在地：〒305-8567 つくば市東1-1-1 中央第7 他

概要：

産業技術総合研究所地質調査総合センターは、以下に示すように地質調査総合センター代表のもとに構成される研究ユニット及び関連部署からなる産総研内の「地質の調査」に関連する組織の総称である。この組織はほぼ旧工業技術院地質調査所を引き継いでおり、対外的には“Geological Survey of Japan”の名称の基で、各国地質調査所に対して我が国を代表する窓口となっている。

「地質の調査」は、産総研のミッションの一つとして位置付けられている。地質学及び関連科学の幅広い分野にわたる研究者の属する地質調査総合センターは、学際的・境界領域的研究分野の積極的開拓を目指した連携体制を構築し、国の知的基盤整備の一翼を担うとともに、地震・火山噴火等の突発的地質災害発生時の緊急調査・観測体制に対応する機能を持っている。また、地質調査総合センターは、構成する研究ユニットの地質分野における研究成果を一つの出口としてまとめ、旧工業技術院地質調査所の出版物刊行を引き継いだ出版活動及び成果普及活動を実施している。さらに、産学官連携活動の一環として、経済産業省知的基盤課との適宜意見交換、関連業界団体である(社)全国地質調査業協会連合会、地方公共団体等との定期懇談会、産技連知的基盤部会・環境エネルギー部会等を開催している。

地質調査総合センターでは、各研究ユニット等及び研究管理・関連部署間の意思の疎通を図るために、毎月、連絡会議を開催し、情報交換・意見交換等を行っている。

関連組織(2014/3/31現在)

[地質調査総合センター]

代表 佃 栄吉

研究ユニット等

[活断層・地震研究センター]

研究センター長 岡村 行信 他

[地圏資源環境研究部門]

研究部門長 中尾 信典 他

[地質情報研究部門]

研究部門長 牧野 雅彦 他

[深部地質環境研究コア]

代表 渡部 芳夫

研究管理・関連部署

[地質調査情報センター]

センター長 渡部 芳夫 他

[地質標本館]

館長 利光 誠一 他

事務局

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 伊藤 順一 他

業務報告データ

日付 地質調査総合センター行事

- H25. 7. 10 第21回地質調査総合センターシンポジウム「古地震・古津波から想定する南海トラフの巨大地震」(秋葉原ダイビル)
- H25. 7. 17 ~ 9. 29 「地質標本館 夏の特別展 地球の恵み 地熱・地中熱エネルギーを活用しよう」(産総研つくば中央第7事業所 地質標本館)
- H25. 9. 14 ~ 9. 16 「地質情報展2013みやぎー大地を知って明日を生かすー」(スリーエム仙台市科学館)
- H25. 10. 19 ~ 10. 20 第2回 G-EVER 国際シンポジウム、第1回 IUGS・日本学会議国際ワークショップ「アジア太平洋地域の災害とリスクマネジメント：沈み込み帯の地震・津波・火山噴火・地すべり」(仙台市情報・産業プラザ)
- H25. 10. 20 ~ 10. 26 東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) 第49回年次総会 (仙台国際センター)
- H25. 11. 30 第22回地質調査総合センターシンポジウム「アカデミックから身近な地質情報へ」(AP 東京八重洲通り)

7) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第2、第3、第4、第5、西

概 要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたりるとともに、特別な研究を行っている。

平成25年度は、6人のフェローを置いている。

機構図

フェロー	十倉	好紀
フェロー	浅島	誠
フェロー	安藤	功兒
フェロー	中西	準子
フェロー	田中	充
フェロー	清水	敏美

(2) 内部資金

【研究題目】がんバイオマーカー認識プローブの製品化

【研究代表者】佐藤 隆（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】佐藤 隆、久保田 智巳、久野 敦、梶 裕之、梶谷内 晶、成松 久、千葉 靖典、清水 弘樹、舘野 浩章、石田 豊和、後藤 雅式、安形 清彦（常勤職員10名、他2名）

【研究内容】

糖鎖医工学研究センターでは、これまでに独自に開発した技術を活用して糖鎖バイオマーカーの開発に注力し、肝臓、胆管、肺、卵巣、前立腺などがんマーカーを中心に、簡便な迅速測定 ELISA システムを構築し、診断薬製造企業への技術移転に取り組んできた。

糖鎖バイオマーカー開発の基盤となるコンセプトは、疾患特異的な糖鎖変化をもつ特定のタンパク質を「見つける」ことと、「検出する」ことである。そのための方法としては、タンパク質部分を抗体で、糖鎖変化を糖鎖認識プローブで検出するサンドイッチ ELISA システム構築が実用化への最短の道であるが、血清からの直接測定を実現するためには、抗体と糖鎖認識プローブの性能に依存するところが大きい。特に、糖鎖関連の高機能化プローブの開発は重要な中核的技術であるにも拘らず十分な検討がなされていない。

ノダフジレクチン（WFA）は、糖鎖バイオマーカー開発の過程において、肝線維化、肝内胆管がん、肝硬変、卵巣がんなどで健常人と患者を見分けるプローブとして有効であることが明らかとなっている。現時点では、マーカー検出においては天然物より精製した市販 WFA を用いているが、レクチンの一般的な性質として、糖鎖認識特異性が広く、結合力が弱いなどの問題があるため、いくつかのマーカーで血清から直接かつ簡便な測定系の構築には至っておらず、企業への橋渡しの主たる技術課題となっている。この課題を克服すべく、我々はこのレクチン遺伝子の単離と野生型および特異性の異なる変異型レクチンの生産に成功している。高機能化の道具となる遺伝子を得たことで、遺伝子工学的手法により、特異性改変、多量体化、特異的ラベル化など、様々な検出系に対応しうるレクチン開発が可能となっている。

以上の背景をふまえて、本課題では「糖鎖認識プローブの高機能化」に注力し、糖鎖プローブとしての最も価値が高い WFA を基にして、1) リコンビナント WFA の安定・大量生産系の開発、2) 糖鎖バイオマーカー検出に特化した特異的プローブの開発を目標に研究開発を進め、企業による試薬あるいは診断キットとしての販売を目指している。まず、大腸菌と酵母などを用いて活性型リコンビナントを生産する培養系を開発した。作製したレクチンを用いて、X 線結晶構造解析でレクチンと糖鎖の結合を分子レベルで明らかにするべく、結晶化の条

件検討を行った。さらにその情報を基に高特異的な改変レクチンのデザインを試みている。また、特定のマーカー分子に対する選択性の向上、高感度検出のためのプローブの多量体化、標識/固定化技術開発、またマーカー分子の糖鎖とタンパク質の双方を検出できるプローブの開発についても検討を開始した。さらにレクチンに替わるマーカー糖鎖認識プローブの開発の検討を行った。今後、得られた高機能化プローブを用いて血清中の微量バイオマーカー分子を高感度に検出する系の構築と実用化を目指した実証試験を行う予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、疾患糖鎖バイオマーカー、プローブ、レクチン、高感度検出

【研究題目】筑波大・企業三者連携による創薬支援技術の開発

【研究代表者】池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】池原 譲、久保田 智巳、古川 功治、山崎 和彦、村木 三智郎、本間 一弘、高島一郎、肥後範行、松田 圭司、菅生 康子、都 英次郎、広川 貴次、榊田 創、金載 浩、都 英次郎、鳥村 政基、愛澤 秀信、佐藤 浩昭、岡崎 俊也、湯田坂 雅子、小倉 睦郎（常勤職員21名）

【研究内容】

本研究の目的は、平成23年2月のアステラス製薬、筑波大学との各機関トップの合意に基づき、三者連携活動として「バイオイメージング法」、「Fragment evolution (FE) 法」、および「神経障害性疼痛」の研究開発を行い、創薬支援技術の深化を進めることにある。ライフ分野のみならず、情エレ、環エネ、ナノテク各分野の産総研メンバーが結集し、それぞれの持つ独自の技術を融合させつつ、アステラス製薬と筑波大学との連携形態を構築している。

バイオイメージング法の目標は、中性子線捕捉療法（BNCT）の適応拡大を実現できる関連技術の開発、PET 画像検査を個別化医療へと進化させるためのコア技術の開発であり、産総研の技術をベースにした装置製造開発を実施している。FE 法の技術革新を目標に行う研究開発では、アステラス製薬の蛋白質発現・精製、結晶調製、X 線結晶構造解析、化合物設計・合成に関する技術と、産総研独自の蛋白質発現・精製技術、結晶化支援技術、溶液構造解析技術、インシリコ化合物設計技術の融合を進めている。また、慢性疼痛治療技術の開発では、アステラス製薬と筑波大学が行う「ヒトを対象とした研究」では実施できない面を担当し、三者連携研究開発の土台となる部分を担って進めている。

平成25年度予算獲得による研究推進の結果、目覚しい進展が得られるに至った。特筆すべきは、バイオイメ

ージング法研究における PET 画像検査を個別化医療へと進化できるターゲット PET 検査の標的候補分子の開発と、炭素繊維を担体としたホウ素製剤 DDS の開発である。一方、FE 法研究では、世界的に社会貢献度の高い NTD (Neglected Tropical Diseases: 顧みられない熱帯病) 治療のための創薬を実践しており、すでに合計 5つの標的分子を対象とし、化合物との複合体構造も約 600決定している。このうちいくつかについては化学修飾による初期化合物伸長の過程に入っており、創薬支援技術の深化だけでなく、Lead Compound 取得も視野に入ってきた。また、神経障害性疼痛の研究では、ヒトに近い脳構造を持つマカクサルを対象にして、視床後外側腹側核に局所的な損傷を作成することで、異痛症様の症状を持つモデル動物を確立した。このモデル動物では疼痛患者と同じく第一次および二次体性感覚野において異常な脳活動が生じることが示されたことから、脳損傷後疼痛の評価系として有用であると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオイメージング、がん、低侵襲性医療、個別化医療、創薬支援技術、顧みられない熱帯病、結晶調製、X 線結晶構造解析

【研究題目】 上海交通大学との連携ラボを活用した国際共同研究支援事業

【研究代表者】 久野 敦 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】 久野 敦、梶 裕之、後藤 雅式、成松 久、松田 厚志 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

「基盤技術開発拠点」である産総研の次世代糖鎖研究の核となる「進化型 GPomics 技術」を開発し、新規糖鎖バイオマーカーの探索技術を確立するとともに、「技術検証拠点」である上海交通大学との共同研究を推進し、日本では短期間に収集することが困難な多数の患者試料を用いた技術検証を「GPomics ラボ」で行い、体外診断薬・治療薬の開発を加速することを目的とする。なお、研究内容並びに成果の流出には十分注意し、戦略的な知財取得を目指した。

- 1) 進化型 GPomics 技術開発：組織グライコムマッピング法では、がん細胞表層のある分子を標的とした手法を確立後、100検体レベルの解析し、臨床的に有用な糖鎖変化を検出できた。グライコプロテオーム EXPO 法では、付加部位ごとの糖鎖不均一性を解析する技術の開発を目標とし、解析プログラムの新規アルゴリズムを開発し、実装したソフトウェアアソートを試用した。
- 2) 産総研発 GPomics 技術普及：ウイルス性肝炎患者血清を1000症例収集し、肝線維化マーカーを測定した。その結果、中国症例でも既存線維化測定技術に対する

優位性が見出された。治療効果判定への応用を示唆する結果も得られた。

- 3) 産総研-上海交通大学ジョイントシンポジウム開催：ライフ分野企画室、国際部の協力のもと、第13回産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会と同時開催で、「産総研・上海交通大学ジョイントシンポジウム ライフサイエンスからロボット工学まで ～分野を超えた日中連携～」を開催した。交通大学からは黄 震副学長をはじめ20人以上の関係者が来日され、4分野のそれぞれの研究者から発表がなされた。連携ラボの共同研究成果と今後の展開を紹介した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 グライコプロテオミクス、糖鎖バイオマーカー、日中共同研究、技術移転

【研究題目】 エネルギー資源を活用した分散型エネルギーマネジメント技術の開発

【研究代表者】 山崎 聡 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 山崎 聡、安芸 裕久、村田 晃伸、(常勤職員3名)

【研究内容】

住宅部門の二酸化炭素排出削減や省エネルギーを達成するために、太陽光発電、CO₂ヒートポンプ給湯器、家庭用蓄電装置などの様々な創エネ・省エネ機器が開発され、さらには住宅内の省エネルギー行動を支援するエネルギーマネジメントシステムの開発も進められている。しかし、全住宅に創エネ・省エネ機器を普及させることには困難があるうえ、住宅どうしの連携を欠いた個別的な省エネルギー行動の効果には限界が予想される。

本研究では、市民が個々に努力をするだけでなく、近隣住宅と協力しあってエネルギーの有効利用を図ることで低炭素社会を実現するために、複数住宅間でエネルギー(電気や温水)の融通やエネルギー機器の共有と統合的な最適制御を可能とするエネルギーマネジメントのための統合運用システム技術の開発を行う。

平成25年度は、柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ等から構成される住宅用エネルギーネットワークの統合マネジメント実験として、温水融通実験により秋期と冬期における省エネルギー効果の評価に着手した。複数住戸に分散設置された蓄電デバイスの制御手法の開発のための実験設備を整備した。蓄電デバイスの運用アルゴリズムへの蓄電池の充放電による劣化コストを考慮した経済性のモデルを構築した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エネルギーネットワーク、住宅地域、統合運用システム、データベース、シミュレーション、実証実験設備

【研究題目】 膵臓癌治療用の低侵襲手術デバイスの開

発

〔研究代表者〕 池原 譲 (糖鎖医工学研究センター)

〔研究担当者〕 池原 譲、榊田 創、金 載浩、
山岸 正裕、小倉 睦朗
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

本研究の目標は、光通信や核融合研究で培われたシーズ技術を集め、低侵襲性手術の実現を確信できるプロトタイプ装置デバイスを試作して使用し、すい臓がんの克服におけるこれら技術の可能性を明らかにすることである。

2011年、日本では28829人が、全世界では26.6万人が膵臓癌で死亡したと推計されている。膵臓癌と診断された患者の平均生存期間は6か月で、外科手術に踏み切れるのは全体の15%しかない。膵臓癌は、肝臓がんや大腸がん等と異なり、死亡率の改善傾向がみられないことから、がん研究戦略「今後のがん研究のあり方について」(厚生労働省がん対策推進協議会報告書)でも、解決の必要な難治性がんの例として膵臓癌が取り上げられ、「従来のアプローチとは異なる学問横断的な取り組み」で行う「高度画像診断やがんの存在診断技術の研究開発」の重要性が示されている状況である。

〔研究の目標〕

膵臓癌の克服には、「的確な存在診断技術の不備」と「瘢痕と再発を識別できないことによる再手術・放射線治療の不実施」を解決することが必須である。そのためには、光通信での使用を目的に開発された「InGaAs 結晶半導体」を高感度な近赤外光イメージングに転用すること、そして半導体製造・核融合のために研究されてきた「プラズマ技術」を、止血技術に転用することで、解決可能になると予想される。そこで、本研究は、膵臓癌の存在診断を可能にする近赤外光イメージングが画像診断装置と、術後瘢痕のない手術を実現するプラズマ止血装置の開発を目標に実施している。

〔年度進捗状況〕

近赤外イメージングについては計測波長域を1900nmまで拡大し、プラズマ止血装置については小型化、CO₂環境下でも効果的なプラズマ発生・制御の技術が必要であることから、該当する技術の確立を実施した。さらに臨床で遭遇する膵臓癌患者の状態を再現したモデルマウスを用いた性能評価を実施するため、評価検討に必要な実験の環境整備を進めた。

〔分野名〕 ライフサイエンス、材料・ナノテクノロジー、環境・エネルギー、

〔キーワード〕 膵臓癌、近赤外イメージング、プラズマ止血装置、マウス疾患モデル、低侵襲医療、画像支援手術システム、

〔研究題目〕 グリーングリッド対応大電力汎用変換器に関する研究

〔研究代表者〕 西澤 伸一 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 西澤 伸一、阿部 宜之、中島 昭、
大橋 弘通、田中 保則
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

大電力汎用インバータの先駆けとなる大電力双方向絶縁型変換器プロトタイプの試作、実証を行う。具体的には、変換器の基本ユニット試作、および基本ユニットの直並列連携制御を軸に大電力インバータの汎用・量産化技術の基礎実証を行う。あわせて、より小型高集積化を可能とするための極限 IGBT モジュール技術、次世代トランス技術を提案する。平成25年度においては、より大電力変換器の汎用型仕様として260kVA ハイブリッド変換器 (Si-IEGT+SiC-PiN ダイオード) を定め、また従来品に対して体積1/3となる高周波パワートランスを試作し、高周波リンク方式 DC-DC 変換器動作実証を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 変換器、パワーエレクトロニクス、IGBT、トランス

〔研究題目〕 ピッキングロボット技術の開発

〔研究代表者〕 中村 修 (中国センター)

〔研究担当者〕 中村 修、松井 眞一、福山 誠司、
土取 功、佐々木 義之、河井 良浩、
原田 研介、永見 武司、喜多 泰代、
吉見 隆、植芝 俊夫、増田 健、
佐藤 雄隆、岩田 健司、永田 和之、
山野辺 夏樹 (常勤職員14名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、産総研中国センターがコーディネータとなり、知能システム研究部門、中国地域の企業、広島県(公設研)、中国経済産業局と連携して、日本の製造業が強くあり続けるために必要となる「中小企業支援のためのランダムピッキングロボットシステムの開発」を推進する。知能システム研究部門の研究シーズを活用して、低コストのランダムピッキングロボットシステムに必要な基盤技術(対象物検出技術、把持・動作計画技術、システム化技術)の高度化を行うとともに、広島県立総合技術研究所に対してはロボットシステム化の基盤技術の開発支援及び人材育成を、企業に対しては人材育成を行う。

連携体制構築のため、シグマ(株)、ダイキョーニシカワ(株)、(株)ヒロテック、(株)ワイテック、広島県立総合技術研究所、中国経済産業局、知能システム研究部門及び中国産学官連携センターの30数名にてキックオフミーティングを開催し、(株)ヒロテック光工場にて現場状況の確認や研究課題の共有を行った。また、中国センターを連携拠点としてTV会議や打合せ会議を行い、研究開発要素、分担、計画についての方向性を確認すると共

に、「広島県産業用ロボット活用高度化研究会」の設立に参画した。

ランダムピッキングロボットシステムに必要な基盤技術開発に関しては、企業側から挙げていただいたピッキング作業の代表的な事例に適用できるように、対象物検出技術、把持・動作計画技術、システム化技術の高度化を進めた。対象物検出技術に関しては、広島県立総合技術研究所への技術移転のための連携を実施した。また、作成した検証用治具を用い、双腕ロボットによるピックアップアンドプレイスの実証実験を行うためのコア技術を確立し、県、企業側に展開できるように研究開発を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】中小企業支援、低コスト、ランダムピッキングロボットシステム、人材育成、技術移転連携活動

【研究題目】重レアアース鉱床の探査技術の実用化

【研究代表者】中尾 信典（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】中尾 信典、高木 哲一、星野 美保子、児玉 信介、昆 慶明、徐 維那、江島 輝美（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究は、1)重レアアース鉱床の探査技術として重要な鉱石中の微量成分の迅速分析技術開発、2)資源技術国との技術交流などを主な目的として実施された。

1) 鉱石中のレアアースを含む微量成分の分析において、これまでのXRF用ガラスビードを使用したLA-ICPMS法では、元素濃度が低く検出限界が高い、白金ルツボからの汚染が無視できない、リチウム・炭素・硫黄など軽元素の分析が困難、などの欠点があった。これらを克服するために、超微粉碎した鉱石を圧縮ペレットに加工し、直接LA-ICPMSで分析する方法を開発した。このために、高速岩石粉碎装置の導入、LA-ICPMS試料室の改良、レーザーアブレーション装置のガルバノ照射機能を強化するソフトウェア開発を実施した。また、圧縮ペレット用ホルダの形状を、粉末試料を安定して保持できるように改良した。その他、レアメタル分析・選鉱設備の電気設備、カソードルミネッセンス装置の更新等の高度化改修を行った。

2) 韓国地質資源研究院（KIGAM）および米国地質調査所（USGS）との研究交流を進めた。KIGAMは、日本同様にレアメタル鉱床の探査を積極的に進めており、SHRIMPや物理探査手法を活用している。平成25年度は、同研究院の研究内容や現状を把握すると同時に、蔚珍市周辺で共同でリチウム雲母鉱床の調査を実施した。USGSとは、レアアース鉱床に関するデータベース整備、需給予測とマテリアルフロー解析で共同研究を推進しているが、一部の研究が米国側の事情で遅延していることから、直接USGSツーソン支所を訪問し、具体的な出版計画の打合せおよび今後の共同研究計画を策定を

行った。

【分野名】地質

【キーワード】レアアース、レアメタル、化学分析、LA-ICPMS、韓国、米国

【研究題目】地下微生物を利用したメタンガス合成技術

【研究代表者】中尾 信典（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】中尾 信典、當舎 利行、坂田 将、眞弓 大介、吉岡 秀佳、竹内 美緒、持丸 華子、片山 泰樹、田中 敦子、坂本 靖英、西 祐司、加野 友紀、鎌形 洋一、玉木 秀幸、鈴木 昌弘、鶴島 修夫、山田 奈海葉、塚崎 あゆみ、中里 哲也、東野 晴行、井上 和也、匂坂 正幸（常勤職員22名）

【研究内容】

1) CCSと微生物機能の融合効果の実証

山形県の油田から採取した油層試料を用いて、CCS環境を模擬した高温高压培養実験により、顕著な原油分解メタン生成活性を検出した。また、この高温高压培養実験で観察された原油分解メタン生成反応に関与する主要な地下微生物種を特定した。

平成24年度に開発した地球化学的・分子生物学的な原油分解メタン生成ポテンシャル評価技術を用いて、資源創成型CCS技術の適合サイトを探索した結果、国内油田から新たに2坑井を発見した。この坑井試料を用いて、新たにCCS環境を模擬した高温高压培養実験を開始した。

南関東ガス田においても原位置微生物による顕著なクロジェン分解メタン生成活性が検出され、深部帯水層もまた資源創成型CCS技術の適合サイトである可能性が見出された。

CCS実施サイトにおけるフィジビリティスタディ（FS）として、CO₂-EORのCO₂モニタリング調査（METI受託研究）が進められている米国テキサス州のFarnsworth油田を対象として、情報収集と予備的な微生物学的調査を行った。その結果、当該油田が資源創成型CCS技術のモデルフィールドの一つとして適当である可能性が示された。

2) CCSと微生物機能の融合のためのリスク評価

CCSと微生物機能を融合させた資源創成型CCS技術において、天然ガス資源の増進回収と温暖化ガス低減効果をより精度高く定量的に評価することを目的として、地下微生物のメタン生成反応を組み込んだCO₂-CH₄挙動シミュレーターを開発した。本シミュレーターにより、貯留層内のpH、CO₂濃度、さらにそれらの挙動を計算すると同時に、微生物反応により生成したメタン濃度やその分布を計算することが可能となった。また、本シミュレーターを用いた計算結果

に基づき、より現実的な CCS 環境を模擬するために、高温高压培養実験の条件設定に随時フィードバックを行った。さらに、貯留岩からの鉱物の溶出、メタンの気相への分配、複数のメタン生成経路の取扱い等の諸現象を表現できるように、シミュレーターの改良作業を進めた。

資源創成型 CCS 技術の温暖化ガス低減効果ならびに天然ガス資源の増産によるエネルギー回収効果の有効性を明らかにするために、環境影響評価および便益評価を進めた。資源創成型 CCS 技術のサイトモデルを構築し、関連産業事故統計の分析によってインパクトシナリオを設定した。サイトモデル周辺の環境影響評価として、インパクトシナリオを地層・大気・海洋数値シミュレーションに適用するとともに、実験計測による評価を進めた。あわせて、サイトモデルに対して、LCA（ライフサイクルアセスメント）手法による温暖化ガス低減効果とエネルギー回収効果の分析の準備を進めた。

【分野名】地質、ライフサイエンス、環境・エネルギー

【キーワード】高温高压培養実験、メタン生成菌、原油分解メタン生成ポテンシャル、CCS、CO₂-EOR、シミュレーション、リスク解析、環境影響

【研究題目】重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発

【研究代表者】張 銘（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】張 銘、川辺 能成、原 淳子、坂本 靖英、保高 徹生、井本 由香利、杉田 創、星野 美保子、昆 慶明、高木 哲一、鈴木 正哉、月村勝宏（常勤職員12名）

【研究内容】

「土壌汚染対策法」の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズと、東日本大震災の津波によって発生した大量の津波堆積物に含まれる汚染物質への緊急対策を背景に、本研究では、関連調査技術、浄化技術およびリスク評価技術に関する体系的な研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもと実施し、技術の実用化と普及による社会への還元を行う。

具体的に、汚染物質濃度のオンサイト計測技術、汚染物質のミクロな存在形態に関する検討、土壌有機物質の存在や鉱物組成が浄化効率に及ぼす影響の検討、酸性電解水及び動電学的手法を用いた浄化技術の開発並びに地盤における汚染物質の移行評価と環境リスク評価技術の開発を行う。3年目である今年度では、これまでの研究成果を踏まえ、鉛などの重金属類の長期的溶出特性の評価とモデル化に重点を置き、45地点に及ぶ試料を採取し、鉛などの重金属類の溶出特性と有機物含有量、交換態、

炭酸塩結合態、Fe-Mn 酸化物結合態、有機物結合態及び鉱物結晶格子態との相関性を明らかにし、存在形態を考慮したリスク評価モデルの考案を実施した。また、リスク評価モデルを国際規格へ反映させるために、H25年度では ISO/TC190（Soil Quality）年会に参加し、WG12（Risk Based Remediation Measures）にて新規規格提案に着手した。今後は計画に基づく更なる研究・開発を重ね、リスク評価に基づく浄化技術の開発に重点を置きながら、現状の民間企業との共同研究を拡大し、関連技術の実用化と普及を推進していく予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、重金属類、調査技術、浄化技術、リスク軽減

【研究題目】ベントナイト性能標準試験法の開発

【研究代表者】高木 哲一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】高木 哲一、大野 哲二、昆 慶明、堀内 悠、三好 陽子、須藤 定久（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

ベントナイトは従来の鑄物砂粘結剤、掘削泥、ペット用トイレ砂などの用途に加えて、産業・放射性廃棄物処分場の遮蔽剤への用途が拡大しつつある。しかし、現在、ベントナイトの性能評価は各メーカーが独自に実施しているため、同処分場の安全評価にあたってその標準化が求められている。本研究は、標準基盤研究（2年計画）の1年目として、まず同性能評価法で最も広く用いられているメチレンブルー吸着量測定法の標準化を目指して、1)同測定法の技術的課題の抽出、2)各メーカーの取材による現状の把握、を実施した。

1) 同測定法として最も普及しているろ紙法と比色法との比較を実施した。その結果、ろ紙法は実験方法や終点の決定に曖昧さがある一方、比色法はより正確だが高額な機材を用いる必要があること、ろ紙法と併用しなければならないことなど問題点が明らかになった。

2) 国内の主要ベントナイトメーカー、ゼネコン、鑄物メーカーなど16社について、アンケート調査および直接訪問により、メチレンブルー吸着量測定法を取材した。その結果、ほとんどの企業がろ紙法を用いているが、試料の分散方法やメチレンブルー溶液の作成法などにバラツキがあった。また比色法を2社が採用していた。

平成26年度以降、同標準試験法に関する検討委員会を大学、メーカーの専門家で組織し、日本工業規格（JIS）化を目指した検討を実施する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】ベントナイト、標準化、メチレンブルー吸着量、比色法、放射性廃棄物

【研究題目】吸着剤を使用した水中の低濃度の放射

性セシウムのモニタリング方法の標準化

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生、辻 英樹（産総研特別研究員）、川本 徹（ナノシステム研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

地圏資源環境研究部門・ナノシステム研究部門ではブルシアンブルー不織布を用いたモニタリングシステムの開発を進めており、特許取得・実用化が進めてきた。一方、水中の放射性Csのモニタリング技術開発は、複数の研究機関・大学・民間企業等で進められているが、低濃度領域／高濃度領域の方法は標準化やガイドラインが未作成であり、課題となっていた。

本研究の目的は、水中の放射性Csのモニタリング技術に関する技術資料の作成による基盤情報の整理および公開である。具体的には、①水中の放射性セシウムモニタリング方法の標準化に関する研究会を開催し、②水中の放射性セシウムモニタリング方法の標準化に関する共通試験を進めた。また、研究機関・大学・民間企業からなる検討委員会の設置準備を行い、技術資料の基盤を作成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 放射性セシウム、水、モニタリング、ブルシアンブルー

〔研究題目〕 エネルギー・生活支援情報の解析技術（絆プロジェクト）

〔研究代表者〕 大場 光太郎（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 大場 光太郎、谷川 民生、小島 一浩、梶谷 勇、麻生 英樹、松本 吉央、永見 武司、橋田 浩一、本村 陽一（サービス工学研究センター）、西村 拓一（サービス工学研究センター）、小林 吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）（常勤職員11名）

〔研究内容〕

災害時のコミュニティの重要性は、これまで阪神淡路大震災の際の孤独死等の問題を機に注目されるに至った。今回の東日本大震災ではその経験を活かして、避難者を地域コミュニティ単位で避難所や仮設住宅へ割り振る等の処置がとられたが、コミュニティ形成の持つ問題を根本的に解決しているとは言いがたいのが現状である。実際、被災地ではコミュニティの崩壊により、廃用症候群による高齢者の孤独死が深刻化しつつある。

一方で企業などが注目しているスマートコミュニティ技術は、エネルギー・情報・交通をつなぐことで、自律的な都市を構築し、活力あるコミュニティを構築する総合基盤インフラ技術であり、平成24年度科学技術重要施策アクションプランにも盛り込まれている。

しかしながら、ここでいうスマートコミュニティ技術

は、コミュニティ形成の基盤インフラとはなりえるが、本来、街の基本となる人と人とのつながりを重視したコミュニティ（“つながり（絆）”）形成の支援方法としては十分ではない。つながり（絆）は基盤インフラの上に乗る具体的サービスコンテンツの一つと考えられ、このようなスマートコミュニティ技術上における具体的なサービスモデルについては、これまであまり議論がなされてこなかった。

そこで、産総研のような総合的に技術を有する機関が、スマートコミュニティ技術を被災地のモデル地区に導入し、そのインフラ上において、地域住民が本当に求める“つながり（絆）”形成といった具体的サービスの実証実験を先駆けて行い、その知見やノウハウを蓄積することで、企業が被災都市にスマートコミュニティ技術を導入する際の一助となることが早期に期待される。

H25年度は、企業が提供する支援拠点設備および産総研が有するセンサーネットワークシステムなどからの情報収集と分析等を引き続き行うとともに、地元住民との合意形成を行いながら、年度末にトレーラーハウスを撤退する準備、さらにはトレーラーハウスの有効活用の検討を行った。同時に、気仙沼市からは、長期的に気仙沼市の街づくりとして「気仙沼市機能的住みやすさ創造会議」への参加を要請され、産総研の当該プロジェクトでの知見を活かしながら、気仙沼市の30年後のあるべき姿を提案しながら、次の予算獲得の検討を進めている。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 生活支援ロボット、復興支援、つながり、絆、コミュニティ

〔研究題目〕 有機薄膜太陽電池の屋内用途試験・評価方法の国際標準化の技術開発

〔研究代表者〕 吉田 郵司

（太陽光発電工学研究センター）

〔研究担当者〕 吉田 郵司、他（太陽光発電工学研究センター、常勤職員2名）須田 洋幸、他（環境化学、常勤職員11名、他4名）、池上 敬一、他（ナノシステム研究部門、常勤職員3名）、古部 昭広、他（計測フロンティア研究部門、常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は、太陽光発電工学研究センターを中心に、有機薄膜太陽電池の屋内用途試験・評価方法の国際標準化を推進するために、産総研内の各ユニット（太陽光発電工学研究センター、環境化学技術研究部門、ナノシステム研究部門、計測フロンティア研究部門）との連携に基づいて、関連技術基盤の整備を集中的に行うことを目的としている。具体的には、有機薄膜太陽電池の劣化評価技術（シミュレーションを含む）、屋内性能評価技術等の確立を目指すものである。

本年度は、複数のユニット間で連携を進めるために、

共通サブモジュールサンプルの作製手法および体制の構築を行い、昨年度構築した共通セルサンプルを用いた様々なアプローチでの試験・評価方法を模索検討した。

発電層材料の劣化現象の解明に向けて、光劣化させたセルサンプルを作成し、材料の構造変化と電池特性との相関を評価した。ESR、MALDI-TOF、GPC 等を用いた化学構造解析により、p 型高分子の低分子量化が電池特性低下の一因となっている可能性を見出した。また、劣化モデル化合物に対し密度汎関数法を用いた励起状態計算を行い、実験結果との比較を行った。

発電層の熱劣化に関して、ドメインの小角 X 線散乱測定を行い、熱によるドメイン成長と太陽電池特性との相関を明らかにした。

更に、塗布印刷装置を用い、プラスチック基板上へのフレキシブルモジュールサンプル試作の作製方法の検討を行った。

周辺部材評価として、モデル封止膜を用いた劣化要因の内部への蓄積量計測法、および非破壊の劣化要因検出法などを検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 有機薄膜太陽電池、劣化解析、屋内性能特性、サブモジュール、国際標準化

〔研究題目〕 メガソーラーの長寿命化技術

〔研究代表者〕 増田 淳

(太陽光発電工学研究センター)

〔研究担当者〕 櫻井啓一郎、仁木 栄、増田 淳 (以上、太陽光発電工学研究センター)、近藤 道雄 (福島再生可能エネルギー研究所)、(常勤職員4名)

〔研究内容〕

1. 太陽電池モジュールの高電圧耐久性試験

太陽電池モジュールは本来、数百～1kV 程度の高電圧がかかる状況下で数十年間稼働し続けなければならない。しかし近年、PID (Potential Induced Degradation: 高電圧による劣化誘発) と呼ばれる現象により、特定の状況下で設計よりも速く劣化してしまうことが分かり、分析と対策が進められている。当センターでは屋内でこの PID を短期間で再現する手法を開発したが、パソコンに接続されていないなど、屋外の実際の環境とは異なる点もある。

そこで、より実際の環境に近い状態で PID を再現できる設備を開発・構築した。この設備では屋外環境において、パソコンとの様々な接続方式や、アースとの間の電位、真水・塩水の噴霧といった様々な条件を変えながら PID を発生させられる。これにより、屋内における加速試験と、実環境との対応状況を調査できるようになった。平成25年度においては設備の構築と試運転を行い、PID を実際に起こせるところまで確認しており、平成26年度より本格的な運用に入る予

定である。今後、PID が起こりやすい部材を用いて実際にモジュールを作製し、屋外で高電圧耐性を調べられる基盤を構築する。PID を起こしたモジュールは破壊分析で微視的領域まで解析し、複雑で未知の部分が残る PID 現象の解析を進めると同時に、様々な PID 対策技術についても試験を行う。

また上記の設備とは別に、石川県工業試験場にある既設の太陽光発電設備の一部のモジュールを利用して、系統連系まで行った実環境における PID の加速試験を行うため、設備の改造工事を実施した。工事は平成25年度中にはほぼ完了しており、平成26年度に電力会社との協議が完了次第、試験を開始予定である。

これらの研究により、PID 対策の様々な技術開発を支援し、太陽電池モジュールの耐久性向上、さらには太陽光発電システムの発電量の向上、発電コストのさらなる低減に貢献していく予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、信頼性、高電圧、システム

〔研究題目〕 失敗から学ぶ新しいリード創薬支援技術の開発

〔研究代表者〕 夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 夏目 徹、堀本 勝久、広川 貴次、福井 一彦、五島 直樹、福西 快文、竹内 恒、久保 泰 (常勤職員14名、他49名)

〔研究内容〕

臨床研究の途上で、新薬候補化合物 (リード化合物) の9割が、薬効不足と副作用からドロップし (開発中止)、それまでの膨大な開発コストと時間を喪失する。その理由は、創薬開発のプロセスが個人の経験とアイデアがベースとなった、セレンディピティ頼りの旧態然とした開発研究から脱却出来ないからである。特に、臨床研究でドロップする理由は、毒性評価や化合物の最適化という重要なステップでの曖昧性が回避出来ないため、不完全な化合物を新薬候補として臨床研究に突入するからである。従って、薬効メカニズム解明と毒性回避を体系化する技術基盤 (ドラッグプロファイリング技術) があれば、臨床研究の成功率を大幅に高めることが出来、コストと時間を10分の1に削減することも不可能ではない。それのみならず、各製薬会社が保有する大量のドロップ薬の再リード化も可能であり、製薬産業を短期的に活性化することすら可能である。その結果、日本を創薬大国に押し上げることも夢物語ではない。

これを実現するため、創薬分子プロファイリング研究センターの高度なバイオ計測技術に最先端の IT 技術を融合し、新薬候補化合物の薬効・副作用ターゲットを決定し薬効の分子メカニズムを明らかにするドラッグプロ

ファイリング技術を完成させる。さらこのプロファイリング情報に基づき、化合物を論理的に設計最適化するという、体系化・洗練された創薬プロセスを提供することを本プロジェクトで実現する。さらにがん領域においては、日本最大の臨床拠点である国立がんセンターとの包括的な連携体制を構築し、臨床データとドラッグプロファイリング技術を結合し、知的臨床データ基盤を構築する試みも開始した。これは、基盤・臨床研究一体型の創薬基盤技術を産業界に提供するという、時代を先取りした取り組みであり、これに数理システム解析を加えることにより、優れた新薬を最も適した患者にいち早く適応することをも目指す。これまで、医師の経験とカン頼りだった、抗がん剤の処方合理化することも目指す。

上記目標を実現するための本プロジェクトの研究課題は、

① 定量プロテオミクスの高度化とハイスループット化

これまでの定量プロテオミクス解析では、測定前に細胞内タンパク質を複数分画する必要があったため、大量のサンプルを必要とするうえ、ハイスループットな解析は実現されていなかった。本プロジェクトにより、定量用質量分析装置に、産総研独自のナノ LC ロボットシステムをオンライン化し、細胞内のタンパク質を、一回の解析で約100~200個を分画する事なくハイスループットに絶対定量可能なプラットフォーム構築を達成した。また、一回の解析で約5000カ所のリン酸化部位の変動解析もハイスループット化した。まさ、取得したデータのプロセスの自動化もほぼ完了した。現在、この解析プラットフォームを利用し、複数の製薬企業との検証研究を開始した。

② 内標準タンパク質のプロテオームワイド化

タンパク質絶対定量のための内標準タンパク質を778個を調整し実際に細胞中のタンパク質の絶対定量を試みた。その結果、18506個の測定用イオンライブラリーを構築しDB化することが出来た。構築したシステムでの感度と定量性の信頼度を確認したところ、相互作用定量解析においては、一細胞中の30個以下の超微量タンパク質を高い信頼性で絶対定量で来た。今後、さらにタンパク質数を増やすとともに、さらに測定の信頼性を向上させることを目指す。

③ 機密情報を取り扱うデータ管理システムの構築

データ管理システムの通信インフラ基盤として、独自系所内 VLAN の構築を実施した。これにより外部から遮断された機密性の高いプライベートクラウドを実現し、データ保存用ファイルサーバを導入することで定量プロテオミクスチームにより計測されたデータの集約化を行った。また既存データに関しては、化合物 (KeggDrug, ChEMBL, DrugBank 等) やタンパク質間相互作用 (IntAct, BioGrid, PID 等) に関する有用なパブリックデータの収集を行っており、今後の知的データ連携へと繋げる予定である。

- ④ 化合物ドッキングとタンパク質立体構造モデリング
化合物のターゲットである、タンパク質と化合物がどのような結合様式で相互作用しているのかを、シミュレーションするソフトウェアの開発と高度化から、化合物の高活性化と副作用低減を実現する、分子設計を目指す。また、NMR 等での構造生物学的解析により、ドッキングシミュレーションを検証し、シミュレーションの精度と効率を高めていく。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] リード化合物、質量分析、NMR、シミュレーション、プロテオミクス

[研究題目] インタラクティブバイオ計測・IT による創薬支援技術の開発

[研究代表者] 夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

[研究担当者] 夏目 徹、堀本 勝久、広川 貴次、
福井 一彦、五島 直樹、福西 快文、
竹内 恒、久保 泰
(常勤職員14名、他49名)

[研究内容]

創薬には莫大なコストと時間がかかり、日本発の新薬開発力が喪失しつつある。これは、バイオ IT を含めこれまで培ってきた日本の創薬基盤技術と人材が散逸してしまう危機的状況である。この現状を短期的且つ効果的に打破するには、開発途上で開発中止されたリード化合物 (ドロップ薬) を有効利用することである (再リード化)。各製薬企業がリード化合物としてコストと時間をかけて開発してきた化合物は、どれも極めて興味深い薬理活性がありユニークな構造を有している。しかし、主に二つの理由で、多くのリード化合物は臨床研究の途上でドロップしてしまう。

① 前臨床研究において、薬効作用メカニズムを完全に解明することが出来なかったため、有効性を示すための対象疾患を詳細に絞り込むことが出来ない。

② やはり前臨床研究において、十分な副作用メカニズムが解明できず、臨床研究の第1・2相で、副作用と薬効濃度を十分乖離させることが出来ない。

従って、薬効メカニズム解明と毒性回避を行う技術基盤を提供できれば、これまで各製薬会社が「涙をのんで」開発を中止した膨大な数のドロップ薬の開発を再開することが出来る。

しかし、薬効作用あるいは副作用メカニズムの解明は容易ではない。また、解明ができたとしても、副作用を回避し薬効を高める最適化 (再リード化) も約束されてはいない。従って、臨床研究に特化せざるを得ない製薬企業には、再リード化を目指すことはできない。また、アカデミアの従来計測・IT 技術でも対応不可能である。仮に可能だとしても、必要な基盤技術を有する複数の研究室が有機的に融合することはない。

これまで、計測実験研究者は、データ解析を効率自動化のために IT 技術を用いるのみであり、IT 理論研究者は既存のデータをただ単に利用するに過ぎない。作用・副作用解明という高度な課題に挑戦するには、計測と IT 技術が相補的にインテグレートされていなければならない。

産総研においては、独自のロボット・ナノテク・クリーンルーム技術・cDNA リソース・計算機と IT 技術の整備により、従来困難であった超高精度なタンパク質絶対定量解析を可能にした。また、独自に開発した大規模計測データを用いた数理ネットワーク手法の開発による細胞システム解析に成功している。また、化合物とタンパク質複合体に特化した NMR 立体構造解析技術も蓄積されており、且つ産総研独自に開発されてきたドッキングシミュレーションソフトウェアも開発されている。さらに、これらの世界的トップレベルの基盤技術が、一極集中的に臨海センターに整備されているため、各技術をインタラクティブにインテグレーション可能である。その結果、作用・副作用メカニズム解明と、それを基にした化合物の再最適化を体系的に行うことが可能となる。

具体的研究内容は、

- ① 化合物処理前後の、細胞内全タンパク質の変動解析と、化合物ターゲットタンパク質機能複合体ネットワーク変動に特化した計測システムを構築するとともに、データ処理の自動化ソフトを開発する。
- ② ①で行った計測をもとに、化合物の作用メカニズム及び、副作用メカニズム推定に特化した数理ネットワークシステム開発を行う。
- ③ タンパク質と化合物とのドッキングシミュレーションから、化合物の高活性化と副作用低減化のための最適化ソフトウェアを開発する。
- ④ NMR 等での構造生物学的解析により、ドッキングシミュレーションを検証し、精度を高める手法を開発する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リード化合物、質量分析、NMR、シミュレーション、プロテオミクス、数理システム解析、ネットワーク解析

【研究題目】 先進コーティング技術に関する大面積実装

【研究代表者】 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 明渡 純、土屋 哲男、篠田 健太郎、中島 智彦、廣瀬 伸吾、小木曾 久人、瀬渡 直樹、鈴木 宗泰（常勤職員8名、他3名）

【研究内容】

本テーマでは、技術相談件数が際立って多い AD 法や光 MOD 法、LIJ 法などの産総研シーズ技術を企業サイドに躊躇することなく利用してもらい、迅速な試料提供

や共同研究、共同開発を加速、分野横断的な取り組みで、最適企業群によるコンソーシアムの設立を目指す。このために試作ライン・試作設備の充実・環境整備とマンパワーの増員を行い、イノベーション・ハブとしての機能強化を行う。具体的には、AD 法では、既に高付加価値な半導体製造装置用プラズマ耐食部材のイットリアコーティングでは実用化に至っているが、本プロジェクトでは、より広い分野での利用をめざし、先進コーティング PF の活動を通して、多くの企業に生産技術レベルでの可能性検証ができるように産総研内の設備環境の整備、特に大面積低コスト成膜の可能性が検討できる環境整備を行った。その結果、AD 法では、高放熱基板応用では、アルミナ膜の絶縁耐圧を、歩留まり80%以上の再現性で、従来の1~2kV レベルから4kV レベルまで向上、成膜エリアで4倍まで拡大できることを実証。放熱基板の商品化を目指した資金提供型共同研究をスタートさせるに至った。また、フレキシブル色素増感太陽電池の開発では、樹脂フィルム上の AD 法のポラスチタニア膜形成で8%の変換効率を実現。共同研究先企業から量産技術に目処とのプレス発表を同社から行うに至った。さらに中小企業と進めていた産業用ローラーのハードコート応用で、高い性能を有することが顧客先企業で確認され、展示会等で発表、実用化プロジェクトを開始した。また、光 MOD 法の蛍光体膜応用では、従来の1/3の膜厚で1.5倍の発光強度を達成、高耐熱抗体応用では、基板サイズ：5×8cm の均一製造プロセスに目途をつけた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション、レーザー援用インクジェット、光 MOD、放熱基板、太陽電池、Li イオン電池、防錆コーティング、蛍光体膜

【研究題目】 パラゴムノキラテックス増産を目指したゲノム解析と分子育種

【研究代表者】 鈴木 馨（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 鈴木 馨、光田 展隆、藤原 すみれ、大島 良美（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

天然ゴムは、タイヤを中心とするゴム産業において必要不可欠な原材料であり、世界的な需要は増加の一途をたどっている。その一方で、アブラヤシとの競合や森林保全の観点などから耕地面積の拡大は難しいため、単位面積当たりの生産性を向上させることが重要な課題となっている。そこで、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、ブリヂストン、産総研の3者で連携してパラゴムノキにおけるラテックス生産性の向上を目指した分子育種の基盤技術構築をテーマに国際共同研究を実施している。天然ゴムは、パラゴムノキが産出するラテックスと呼ばれる乳液より生産される。我々は、パラゴムノ

キにおけるラテックス収量増加を目的として、遺伝子情報解析や植物バイオテクノロジー研究に基づいた分子育種のための基盤技術開発に関する研究を進めており、ラテックスの生産器官である乳管の形成機構の解明と形質転換技術の確立を目指している。平成25年度は、乳管形成の元となる形成層の形成機構を解析するためのモデル系において茎を肥大させる機能を持つ候補遺伝子を見いだした。パラゴムノキ培養細胞を用いた形質転換法の検討では、蛍光タンパク質を発現する形質転換パラゴムノキの作成に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 パラゴムノキ、天然ゴム、ラテックス、分子育種

【研究題目】 地球観測グリッド GEO Grid

【研究代表者】 小島 功 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 関口 智嗣、小島 功、田中 良夫、中村 良介、中村 章人、岩田 健司、岩田 敏彰、西岡 芳晴、宝田 晋治、土田 聡、岩男 弘毅、近藤 裕昭 (常勤職員12名)

【研究内容】

GEO Grid は衛星データおよび地質関連のデータを統合的に活用できるサービスプラットフォームと、それを利用したコンテンツ配信のシステムを構築することを目的とする。そのため、情報技術研究部門にアーカイブされている衛星データを中核に地質分野の地質関連情報データおよび環境管理技術研究部門の現地環境モニタリングデータを整備してサービスプラットフォームを研究開発してサービスの提供を行う。また、これらの研究開発を通じて標準化にも貢献する。

H25年度はプロジェクトの完了に向けて以下のような研究開発を行った。

コンテンツ整備・配信については、従来の ASTER 等の衛星に加え、2013年2月に打ち上げられた Landsat-8 衛星について米国地質調査所と受信契約を結ぶと共に、アンテナを保有する東海大学に一部委託を行うなどして直接受信・配信システムを構築し、11月から広く一般に公開した。これは衛星からの受信後約2時間でデータをインターネットに公開できるもので、OGC (Open Geospatial Consortium) による国際標準規格に基づく検索や、Google Earth を使った時系列的な表示など、高機能で使いやすいシステムを実現し、サービスを継続している。

サービスプラットフォームとサービス提供については、単純な処理を組み合わせる複雑な処理を構築するワークフローエンジン Lavatube を改良してクラウド化をほぼ完成させ、衛星データ販売事業者などのユーザを対象として、差分検出の構築などが可能なサービスプラットフォームを実現した。

応用システムについては、火山災害予測システムについて Web 上で世界中の火山をシミュレーションできるようにすると共に、シームレス地質図については Web3D を用いた3D 化を実現した。また、GEO Grid の一部のコンテンツをクラウド上に配備すると共に、単一のアカウントでこれらのコンテンツのアクセス制御が連携できるようにした。特に Landsat-8 のコンテンツを中心として Facebook や Twitter 等のソーシャルメディアとの連携をはかり、成果の一般への普及を試みた。

年度を通して当初の目標を達成してシステムの完成に近づきつつある一方、より広い地理空間オープンデータへの対応が新たな課題として考えられた。

【分野名】 情報報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 地球観測、衛星画像、GEO Grid

【研究題目】 低電圧で動作する不揮発性メモリの開発

【研究代表者】 安田 哲二 (情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室)

【研究担当者】 安田 哲二、湯浅 新治、福島 章雄、久保田 均、斎藤 秀和、ジャンセン ロナルド、今村 裕志、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、谷口 知大、松本 利映、富永 淳二、コロボフ アレキサンダー、フォンス ポール、秋永 広幸、島 久、浅沼 周太郎、浅井 美博、宮崎 剛英、中村 恒夫、西尾 憲吾、澤 彰仁、山田 浩之、渋谷 圭介 (常勤職員25名)

【研究内容】

集積回路の低消費電力化は電子デバイス開発における最重要課題であり、ロジックデバイスについては精力的に低電圧動作トランジスタの開発が進められている。その一方で、不揮発メモリの低電圧化については十分に検討されてこなかった。本課題では、産総研で開発中の4つの不揮発メモリ方式 (スピン RAM、相変化 RAM、抵抗変化 RAM、強誘電トンネル RAM) について、ロジックデバイスに合わせた0.2V を目標値としたメモリ動作の実現を試みた。

スピン RAM に関しては、磁気トンネル接合の構造と材料を最適化し、磁気抵抗効果を高く保ちつつ素子の抵抗と面積の積を抑えることにより、0.15V にて安定なメモリ動作を実現した。更に、低電圧動作で問題となる誤書き込みの確率を予測する解析式を導出し、キャッシュメモリに求められる10兆回以上の書き込み実験によりその妥当性を確認した。

相変化 RAM に関しては、 $(\text{GeTe})_2(\text{Sb}_2\text{Te}_3)_4$ を単位とした超格子の繰り返し回数を小さくすることにより、従来は1V 以上の動作電圧が必要だったところ、0.15~

0.3Vへ低減し、かつ、書き込み時の抵抗変化を2桁以上に維持することに成功した。

抵抗変化RAMについては、電界による陽イオンの移動を利用するCu/SiO₂/TiN素子を新たに試作し、0.2V以下での動作が可能であることを確認した。また、陰イオンの移動を利用する金属酸化物を用いた素子について、第一原理計算により低電圧化の観点から動作機構の検討を行った。

強誘電トンネルRAMに関しては、従来は5Vの電圧が必要であったところ、作製プロセス、強誘電バリア、及び、電極の最適化により0.5Vまで低電圧化した。この方式は他の3方式に比べ動作電圧が高いものの、書き込みに要する電流が10μA/μm²以下と小さい特徴を示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】不揮発メモリ、スピンRAM、相変化RAM、抵抗変化RAM、強誘電トンネルRAM

【研究題目】高電力効率大規模データ処理イニシアチブ (IMPULSE)

【研究代表者】金山 敏彦 (理事、情報通信・エレクトロニクス分野研究統括、ナノテクノロジー・材料・製造分野研究統括)

【研究担当者】金山 敏彦、安田 哲二、湯浅 新治、福島 章雄、久保田 均、野崎 隆行、甲野藤 真、今村 裕志、薬師寺 啓、松本 利映、小田 洋平、富永 淳二、コロボフ アレキサンダー、中野 隆志、フォンス ポール、王 曉民、牧野 孝太郎、齊藤 雄太、並木 周、河島 整、鋤塚 治彦、鈴木 恵治郎、谷澤 健、黒須 隆行、井上 崇、石井 紀代、森 雅彦、山本 宗継、天野 建、岡野 誠、亀井 利浩、金丸 正剛、昌原 明植、柳 永勳、松川 貴、森田 行則、右田 真司、遠藤 和彦、太田 裕之、大内 真一、水林 亘、青柳 昌宏、菊地 克弥、小池 帆平、宮田 典幸、前田 辰郎、多田 哲也、内田 紀行、福田 浩一、越本 浩央、浅井 美博、宮崎 剛英、中村 恒夫、大谷 実、西尾 憲吾、伊藤 智、工藤 知宏、広瀨 崇宏、高野 了成、小川 宏高、小島 功、谷村 勇輔、池上 努、竹房 あつ子、中田 秀基、的野 晃整、田中 良夫、油井 誠、杉田 正 (常勤職員64名、他6名)

【研究内容】

データセンターに各種情報端末やセンサからインターネット経由で蓄積されるデータの量は急激に増加しており、この大規模データの有効活用は様々な社会課題を解決するための鍵となる。本課題は、2030年のデータセンターに求められる超省電力で超高性能なデータ処理技術を見据え、そこで必要となる不揮発メモリ、高性能ロジック、光インターコネク、次世代アーキテクチャ等について産総研の強みを生かした先導研究を行い、飛躍的な性能向上を可能にする技術を見極めることを目的とする。

不揮発メモリについては、スピンRAMと相変化RAMの動作時の電流を桁違いに小さくする電圧制御書き込み技術の原理実証を目指す。高性能ロジックについては、チャンネル移動度が大きいGeを用いたフィンFET技術を確立する。光インターコネクについては、光パスネットワーク向けに開発中の光スイッチや波長多重化を進展させ、データ伝送の高速化と低消費電力化を同時に実現する。これらのデバイス開発においては、産総研が有する第一原理計算やデバイスシミュレーションを活用して材料や構造の最適化を効率良く進める。アーキテクチャについては、近未来のデータセンターの性能要件を明確にし、その実現のためのアーキテクチャやオペレーティングシステムを検討するとともに、本課題で開発するデバイスを統合した大規模データ処理システムの基本コンセプトを提示する。

本研究は産総研戦略的融合研究事業の一環として開始したものであり、平成25年度はデバイス開発のための装置等の整備やアーキテクチャ検討のためのプログラム作製等を進めた。なお、略称のIMPULSEは課題名の英訳 (Initiative for Most Power-efficient Ultra-Large-Scale data Exploration) の頭文字をとったものである。

【キーワード】データセンター、低消費電力化、不揮発メモリ、ロジックデバイス、光インターコネク、計算機アーキテクチャ、第一原理計算、デバイスシミュレーション

【研究題目】マラリア超早期診断デバイスの製品化

【研究代表者】片岡 正俊 (健康工学研究部門)

【研究担当者】片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

目標：

産総研独自の技術であるマイクロメーター単位のマイクロチャンバーを2万個、アレイ状に配列した細胞チップ基板技術をもとに、迅速・超高感度・易操作性のマラリア超早期診断デバイスの開発を進める。そのため、アフリカを中心とするマラリア流行地域での実証試験を開始する。

研究計画：

マラリアは HIV、結核とともに世界3大感染症の一つで、年間2億人の感染者と66万人が死亡する赤血球へのマラリア原虫による寄生虫感染症である。WHOをはじめ世界的なレベルでマラリア対策は講じられているが、迅速・高感度・易操作性の診断法は未だに開発されておらず、赤血球ギムザ染色の光学顕微鏡を用いた肉眼的観察が未だにゴールドスタンダードとされている。そこで、我々は、民間企業との共同研究により開発中の赤血球分離用カラムと蛍光検出機、さらに細胞チップによる実証試験を目的に、ウガンダ共和国グル市ラチョ病院においてマラリア患者血液の解析を進めた。27名のマラリア患者血液を用いて通常の赤血球ギムザ染色による光学顕微鏡観察によるマラリア感染率の算出を行うと同時に、全血からの赤血球分離カラムによる赤血球分離・細胞チップでのマラリア感染赤血球染色と開発した蛍光検出機によるマラリア感染率の算出を行い比較検討した。その結果、27名のマラリア患者において迅速・正確かつ易操作性な検出が可能なが示された。今後、さらに多くのマラリア患者血液を用いた細胞チップ検出システムによる実証試験を進めるため、上記ウガンダ共和国におけるフィールド試験に加え、新たなフィールドとしてエチオピア共和国 ICL 社との共同研究による実証試験に向けて、同社との共同研究契約の締結を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マイクロナノデバイス、細胞チップ、ギムザ染色、マラリア、マラリア診断、寄生虫感染症、光学顕微鏡、赤血球分離、蛍光検出

【研究題目】超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発

【研究代表者】島岡 一博（計測標準研究部門）

【研究担当者】島岡 一博、堀部 雅弘、木下 基、岸川 諒子、飯田 仁志
（常勤職員5名）

【研究内容】

無線情報伝送容量が指数関数的に増加し、これに対応するため、大容量の情報伝送が可能となる超高周波帯（100 GHz 超）の利用技術の開発が進められている。日本は、本技術の研究開発（公共放送中継等）で世界的に先行し実用化の一手前まで来ているものの、電波利用に関わる国際規制への適合性確認に必要な、電磁波測定技術（主に強度）の標準化が遅れているため、早急に超高周波帯標準計測技術を確立し産業界をサポートする必要がある。そこで本研究では、超高周波帯帯において、センサ単体で絶対電力測定が可能で、「超高周波帯帯（D バンド、110 GHz～170 GHz）電磁波絶対強度測定センサ」を開発し、現在実用化が準備されている超高周波帯（120 GHz）公共放送中継システムの放射電磁波強度評価に適用可能なことを実証し、さらに、電磁波

強度測定における最大の誤差要因となる、電磁波反射の精密測定を行うための超高周波帯反射係数測定評価技術の開発を目的とする。本年度は、D バンド超高周波電力比較校正装置を完成し、カロリメータ標準器本体試作を行い、超高周波帯電力計の予備校正実験を実施した。また D バンド反射係数測定装置の開発を完了し、校正サービスを開始した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】高周波電力、D バンド、超高周波、電力標準、反射係数、カロリメータ

【研究題目】東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業

【研究代表者】高辻 利之（計測標準研究部門）

【研究担当者】島田 洋蔵、廣瀬 雅信、黒川 悟、
館谷 充隆、加藤 悠人、岸川 諒子、
堀部 雅弘、阿部 誠、鍛島 麻理子、
佐藤 理、大澤 尊光、増田 眞文
（常勤職員9名、他3名）

【研究内容】

最終製品の電磁環境両立性（EMC）規制の厳格化や範囲拡大への対応、高精度化する部品の三次元測定機（CMM）による評価への対応などの「公設研の試験・評価技術の高度化」について、地方企業から公設研に要望が震災前から寄せられており、以前から各公設研にてこの「潜在的な要望」への対応に取り組んできた。しかし、今回の震災を受け、それらの活動が事実上停止した状況にある。効率的に技術の高度化を再開・推進するために、産総研が中核となって公設研の技術の高度化に必要な評価技術や手法（プロトコルなど）の開発を進め、それらを活用した東北および北関東地域の公設研の評価技術の高度化支援を進めた。

EMC 分野においては、情報通信機器に対する1 GHz 超の放射性妨害波試験への迅速な対応のため、台車ロボットと光伝送システムを用いた自走型サイト性能評価装置を開発し、巡回試験によって各サイトにおける1 GHz 超の電波暗室性能を明らかにした。また、前年度に開発した電源線を有する共通 EUT の安定性の改善を行い、VHF-LISN の有無による VHF 帯放射妨害波測定結果への影響を定量的に明らかにした。さらに、伝導性妨害波試験に用いる擬似電源回路網（LISN）については、LED を EUT として伝導性妨害波試験を実施し、前年度に測定した実試験状態での LISN インピーダンス測定結果と伝導性妨害波試験の相関性を明らかにした。

CMM 分野においては、公設研担当者が自ら保有する三次元測定機の精度検査だけでなく、県内企業の保有する三次元測定機に対しても検査、測定精度分析サービスを提供できるよう、配布済みのゲージの利用法、取得データの解釈法および使用上の注意についての講習会を行った。また、公設研を介した県内企業への技術移転・情

報伝達として地域セミナーの開催ならびにテキスト作成を行った。さらに精密計測技術の移転の一環として、公設研担当者の技術講習会への派遣を支援した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】トレーサビリティ、放射性・伝導性妨害波試験、暗室性能評価、疑似電源回路網、三次元測定、形状測定、不確かさ評価

【研究題目】EMC 試験機器校正に特化した自動校正装置の開発

【研究代表者】堀部 雅弘（計測標準研究部門）

【研究担当者】岸川 諒子（常勤職員1名）

【研究内容】

これまで、EMC 試験機器のトレーサビリティの観点から、9 kHz から GHz を超える RF 帯の高周波インピーダンス標準（S パラメータ標準）を開発してきた。S パラメータ測定のトレーサビリティにおいて、最大の難関とされるのが、校正に用いるベクトルネットワークアナライザ（VNA）の不確かさ評価である。本来の EMC 機器のインピーダンス校正に比べ、VNA 評価がより複雑であることから、EMC 機器校正における国家標準へのトレーサビリティの確立の障害となっていた。そこで、EMC 現場測定器の自動校正を想定した仲介器の開発を行う、さらに、それらを用いた EMC 機器の自動校正・適合性評価システムの構築の検討を行い、事業者とプロジェクト提案を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】EMC 試験機器、トレーサビリティ、高周波インピーダンス、ネットワークアナライザ

【研究題目】HEV/EV 車の EMC 試験のための試験サイト評価用アンテナの開発

【研究代表者】石居 正典（計測標準研究部門）

【研究担当者】石居 正典、黒川 悟、島田 洋蔵（常勤職員3名）

【研究内容】

自動車を製造販売する場合、これまでも EMC 試験の実施が必須であったが、近年の HEV/EV 車の登場により、更に厳しい基準での EMC 試験が求められる傾向にある。特に海外にて HEV/EV 車を販売する場合には、当該国の現地試験場において EMC 試験を受け、現地での認証の取得を法令により強制的に求められる場合がある。HEV/EV 車の登場により、30 MHz 以下の低周波数帯域も EMC 試験の対象周波数帯域として重要視されつつあるが、しかし一部の試験場では、試験に用いる電波暗室の30 MHz 以下の帯域における技術水準に、問題があるケースがあることが確認されている。このため、本来は十分に EMC 試験に合格する車両であっても、現地試験では不合格となるケースが発生することが懸念さ

れている。

30 MHz 以下の低周波数帯域において、EMC 試験用の電波暗室を評価する方法は未だ確立されていないが、各国において、直径が60 cm 前後の磁界測定用のループアンテナを用いた検討が最近進められている。これまでも、30 MHz 以下における各種 EMC 試験用としてのループアンテナは、複数のメーカーから製造販売されているが、増幅器が内部に内蔵されている受信専用のタイプである事が多い。しかし、30 MHz 以下における EMC 試験用の電波暗室の評価を、送信ループアンテナと受信ループアンテナを対にしたアンテナ間の伝搬特性から行う場合、送信用ループアンテナとして適切な物が無かった。そこで本研究では、30 MHz 以下の低周波数帯域における EMC 試験用電波暗室の評価に用いる、送信用ループアンテナに関する検討・開発を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】HEV/EV 車、EMC 試験、サイト評価、アンテナ、低周波領域

【研究題目】新規温度標準に対応した熱力学温度計の開発

【研究代表者】山澤 一彰（計測標準研究部門）

【研究担当者】山澤 一彰、Januarius V. Widiatmo、三澤 哲郎、藤田 佳孝、狩野 祐也（常勤職員5名）

【研究内容】

温度の単位ケルビンについては、従来の水の三重点（273.16 K）を基準とした定義から、ボルツマン定数を基準とした定義に変更される予定である。このため、本研究では、常温域における次世代の一次標準となる熱力学温度計として、海外で高度な実績がある音響気体温度計（AGT）の開発を進めている。

平成25年度は、室温付近における熱力学温度測定を行うための無酸素銅製擬球形共鳴器を用いた AGT システムの構築と、200℃までの温度範囲の熱力学温度測定のための円筒型キャビティによる AGT システムの構築に着手した。無酸素銅製擬球形共鳴器を用いた AGT システムの構築では、電磁波共振周波数から平均半径を算出する手法を構築した。さらに、音響共鳴周波数の測定結果から求めた音速と熱物性データベースに記載されたアルゴンの音速とを対比し、構築した音響測定系の妥当性を評価した。円筒型キャビティによる高温域の AGT システムでは、既存の無酸素銅製の円筒共鳴器を用いてアルゴンおよびヘリウムの音速ならびに誘電率を測定する技術を確立させた。また、高温仕様に耐えうるキャビティ材料や音波・マイクロ波測定用機器類について調査を行い、200℃まで使用可能なシステムの整備を開始した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】熱力学温度測定、ボルツマン定数、音響気体温度計

〔研究題目〕キログラムの再定義に向けた基盤技術の開発

〔研究代表者〕藤井 賢一（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤井 賢一、倉本 直樹、早稲田 篤、上田 和永、水島 茂喜、日置 昭治、成川 知弘、黒河 明、東 康史、張 ルウルウ（常勤職員10名）

〔研究内容〕

質量の単位であるキログラムは国際単位系（SI）の中で唯一人工物によって定義されている基本単位であり、その質量の歳月に伴う変動が報告されている。このため、2011年に開催された国際度量衡総会において、国際キログラム原器を将来廃止し、プランク定数に基づく定義へ移行することが採択された。計測標準研究部門では2011年にアボガドロ定数を世界最高精度で測定した実績があるが、再定義にあたっては更に高精度な測定が求められている。そこで、本研究では ^{28}Si 同位体濃縮単結晶から作成された1 kg の球体の体積を 1.5×10^{-8} 、モル質量を 8×10^{-9} 、格子定数の均一性を 1×10^{-9} の相対標準不確かさで評価し、これらの測定結果およびアボガドロ国際プロジェクト参加研究機関による測定結果からアボガドロ定数（プランク定数）を 2×10^{-8} よりも良い世界最高精度で決定し、キログラムの再定義に必要な技術基盤を確立することを目標とする。

平成25年度は球体の体積測定高精度化のために、真空中における分光エリプソメトリーを実現するための真空システムの開発、球体表面の汚染物質が球体質量に与える影響を評価するための X 線光電子分光分析装置（XPS）の整備などを行った。モル質量測定については、濃縮同位体（ ^{28}Si 、 ^{29}Si および ^{30}Si ）と試料となる ^{28}Si 濃縮シリコン球体周辺の結晶を溶液化し、マルチコレクター誘導結合プラズマ質量分析装置（MC-ICP-MS）を用いた同位体希釈法による質量分析測定を行った。その結果、 5×10^{-9} の精度でのモル質量の測定結果が得られた。格子定数の均一性評価に関しては分解能を高め、格子定数の分布と不純物濃度の分布の相関を評価した。

ドイツ物理工学研究所（PTB）で球体の表面汚染除去のための再研磨が完了したので、アボガドロ国際プロジェクト参加国（日、独、伊、国際度量衡局）による持ち回り測定を開始した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕国際単位系、SI、キログラム、質量標準、アボガドロ定数、プランク定数、X線結晶密度法、 ^{28}Si

〔研究題目〕ナノ材料の適正管理に向けた世界標準の獲得

〔研究代表者〕藤本 俊幸（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤本 俊幸、黒河 明、櫻井 博、

稲垣 和三、東 康史、寺内 信哉、林田 美咲、熊谷 和博、加藤 晴久、齋藤 直昭、山本 和弘、古部 昭広、時崎 高志、三木 幸信、八瀬 清志、石川 純（常勤職員16名）

〔研究内容〕

ナノテクノロジー産業では更なる材料の高機能化を効率的かつ迅速に推進するため、機能特性を支配する”サイズ”と”化学組成”を併せた計測評価を可能とする技術の開発は喫緊の課題となっている。一方、ナノ材料は2011年 EC（European Commission）による“直径100nm以下の1次粒子を個数濃度で50%以上含む工業材料をナノ”と定義されたことに基づき、すでに当該定義に従ったナノ材料の輸出入時の申請義務に関する法案化を実施している国もあることから、ナノ材料であるか否かの判定をその定義に従って簡便に行える検査技術が切望されている。

このような背景を踏まえ、本研究ではナノ材料適正管理実現のための手法として、国産ナノテク産業が開発した材料の EC ナノ定義への合致判定だけではなく、サイズ情報に基づいた組成、修飾、含有量等の評価情報に基づくナノ材料の管理に対応した、サイズ分離技術に高感度計測技術を融合したハイスループット且つ多角的な分析技術を開発推進している。

本年度はナノ粒子のサイズ・サイズ分布・組成を高精度に評価できる、分級システムをコアモジュールとし計測評価用周辺モジュールから構成される複合計測システムの開発を目指した各種研究基盤要素検討を実施した。具体的には1) 中核モジュールの開発：液中粒子の分級に関して、既存遠心流動場分離装置における課題評価を行い、開発項目の詳細を決定した。また、気中粒子分級に関して高効率・多価帯電抑制型荷電装置の開発に向けた検討を行った。2) 周辺モジュールの開発：SEM/TEMによる個数計測手法について妥当性の検証、SEM/TEM観測に適した試料作製方法の検討、TEMを用いたナノ粒子の3次元形状評価技術の開発を進めた。SEM/TEM観測に適した試料作製方法では試料作製時における凝集を抑えた手法の開発を進めており一部は知財化を実施した。3) 標準化に向けた活動：異なる粒径のナノ粒子が混在した試料における、既存各種粒径評価法の問題点を実データとして取得し、2013年11月に行われた ISO/TC229/JWG2の会議で発表するとともに、現在開発している複合システムの必要性および日本として規格提案の意図についてプレゼンを行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕ナノ材料、粒径、粒径分布、SEM、TEM、CFFF、DMA、分級

〔研究題目〕超伝導計測デバイスの開発

〔研究代表者〕大久保 雅隆

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 大久保 雅隆、浮辺 雅宏、藤井 剛、
金丸 正剛、神代 暁、日高 睦夫、
仁木 栄、柴田 肇 (常勤職員8名)

【研究内容】

STJ 検出器の歩留まり低下の主要な原因であると考えられる、作製プロセス中の層間絶縁層の残留応力による機械的変形を防止するため、本年度は応力フリー絶縁層の成膜が可能な TEOS CVD 装置を導入し、応力フリー-SiO₂絶縁膜を作製できることを確認した。導入後は、超電導デバイスのみならず、半導体デバイス等の開発にも使用できるよう IBEC にて共用公開した。

また、本研究では、超電導デバイスを搭載した X 線分析装置を、CIGS 太陽電池中の Na 不純物のナノ構造分析に応用することを目標とする。そこで、微量の Na からの特性 X 線を検出可能な超電導検出器を作製し、X 線吸収微細構造分光 (XAFS) (KEK PF に産総研製装置を設置) による分析を試み、多元素多層構造の CIGS 太陽電池 (図2) 中の Na 不純物の蛍光 X 線のみを識別可能なことを確認し、XAFS スペクトルの取得に成功した。今後、種々の CIGS 太陽電池を測定し、Na 不純物原子の回りの原子スケール構造を明らかにする予定である。Na の K 線と Ga の L 線信号がオーバーラップして、Na の濃度が低い場合には現状の超電導検出器では対応できないことも明らかになった。さらに、TEOS CVD 装置で得られる応力フリー絶縁膜を用いてこれまでで最大の400素子の超電導トンネル接合アレイ検出器を作製した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 STJ、X 線検出器、軟 X 線、Na、CIGS 太陽電池、歩留まり、エネルギー分解能、アレイ素子、KEK-PF、XAFS

【研究題目】 高精度温室効果ガス観測のための標準ガスの開発

【研究代表者】 近藤 裕昭 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 近藤裕昭、村山 昌平、石戸谷 重之
(環境管理技術研究部門)
加藤 健次、下坂 琢哉、青木 伸行、
安藤 美和子 (計測標準研究部門)
(常勤職員7名)。

【研究内容】

本研究では、観測分野-計量標準分野が連携して、地球観測・排出権取引に適した SI トレーサブルな温室効果ガスの標準ガスを開発・作成し、国内主要機関間で巡回比較実験を行って、各機関が維持する濃度スケールの比較を行う。

H25年度は、計測標準研究部門において、一段希釈・質量比混合法による高精度の標準ガス調製法の確立のため、昨年度に作製した小型容器用自動秤量装置を用いた

原料ガスの秤量について検討した。秤量の高精度化には、試料容器と参照容器に対する浮力の違いについて、天秤内の温度、気圧及び湿度の変動による影響を補正する必要があることが明らかになった。また室内の対流に起因する秤量の誤差について、測定室内の温度分布測定等による検討を開始した。ラウンドロビン実験に用いる二酸化炭素標準ガスの高精度調製を一段希釈法及び従来の三段希釈法により行った。使用する容器は、3種類の異なる内面処理のものについて、予め環境管理技術研究部門において二酸化炭素濃度の長期安定性試験を実施し、その結果に基づき最適なものを採用した。計測標準研究部門において調製した標準ガスについて、環境管理技術研究部門において、調製のバラツキ、安定性評価等を行った結果、一段及び三段調製法による違いは (約±0.1 ppm)、安定性に関しては (8ヶ月間で±0.2 ppm 以下) であり、ラウンドロビン実験に用いられる精度のものが調製可能になった。調製した二酸化炭素標準ガスを国内主要観測機関が参加するラウンドロビン実験に供給し、巡回を行った。また、国内外主要観測機関が参加する、世界気象機関及び米国海洋大気庁が主催する国際ラウンドロビン実験に環境管理技術研究部門が参加し、各種成分の濃度及び同位体比スケールの機関間の相互比較を行った。さらにこれらのラウンドロビン実験と並行して、計測標準研究部門が調製した一酸化炭素標準ガスの巡回を国内機関間で行った。なおこれらのラウンドロビン実験は現在実施中であり、各機関の分析結果は後日報告される。H24年度に製作した、酸素絶対濃度±1 ppm の調製のために用いられる小型容器に関して、容器中の酸素濃度安定性確認のための保存試験を行い、充填から少なくとも1ヶ月間に亘って値が安定していることを確認した。また、広く用いられている各種標準ガスの多段希釈充填において、希釈のための移充填に伴ってガス成分の変質が生じる可能性を考慮し、その影響について評価を開始した。

【分野名】 環境・エネルギー、計測・計量標準

【キーワード】 標準ガス、地球観測、SI トレーサブル

【研究題目】 戦略メタル国内資源循環プロジェクト

【研究代表者】 大木 達也 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 大木 達也、田尾 博明、田中 幹也、
古屋伸 茂樹、西須 佳宏、林 直人、
成田 弘一、大石 哲雄、尾形 剛志、
加茂 徹、半田 友衣子、玄地 裕、
工藤 祐揮、田原 聖隆、畑山 博樹、
増井 慶次郎、近藤 伸亮、高本 仁志、
松本 光崇、小林 慶三、多田 周二、
田村 卓也、尾村 直紀、村上 雄一郎、
多井 豊、大橋 文彦、尾崎 公洋、
西尾 敏幸、中山 博行、柘植 明、
森川 久、清水 佳奈、森本 慎一郎

(常勤職員33名)

【研究内容】

これまで無秩序に蓄積された我が国の都市鉱山ポテンシャルや、どの廃製品から何を回収すべきかを明確にした上、製品選別～部品選別～製錬処理の境界領域を精緻化したリサイクルビジョンを提案する。また、将来の戦略的な都市鉱山形成を踏まえた評価・設計や標準化も視野に入れた生産ビジョンの構築を行う。以上、環境管理技術研究部門を幹事に5分野7研究ユニットの協力の下、現行都市鉱山からの戦略メタルの高度回収から戦略的な都市鉱山の創生に至る、生産ーリサイクル統合ビジョンを提唱するとともに、戦略メタルリサイクル研究拠点の整備を目指す。

現行の無秩序都市鉱山のリサイクルポテンシャル評価に向け、我が国の戦略メタルを選定するため、10種の金属を対象として日本の現行都市鉱山の規模を推計するとともに、それらの天然資源の利用可能性について検討した。また、技術開発や社会情勢の変化に伴う都市鉱山のポテンシャルをシミュレーションするため、都市鉱山を構成する廃製品の定量的な分布を各種統計データから推定する手法を提案した。廃 HDD の処理では、2.5インチ HDD に対する製品データを構築した。リサイクル工程の最初に廃製品の資源価値を評価・選別する技術開発の一環として、廃小型電気製品（20品目66機種）をタンタルコンデンサの使用数や銅などの有価金属の含有量の違いに応じて自動選別するシステムを開発した。蛍光灯の選別については、蛍光灯リサイクル施設の処理量に対応可能な処理速度を有する装置を試作した。廃製品から回収された部品の中間処理ー製錬処理の境界領域を精緻化したプロセス構築の一環として、プリント基板とネオジム磁石を取り上げた。まず、プリント基板から電子素子を機械的に剥離するため、電子素子の連続式剥離試験機を試作、加熱および掻き取り機構の導入を提案した。また、剥離された電子素子群から最適選別条件を迅速に見いだす電子素子選別シミュレーションソフト「AESS」を作成し、所内公開を果たした。一方、ネオジム磁石では、前記の廃 HDD から回収した磁石粉末から、レアアースを回収する湿式製錬技術を検討した。酸化焙焼ー塩酸浸出ー溶媒抽出分離プロセスにおける鉄の挙動について検討した結果、イオン交換樹脂法による鉄の選択分離が可能であることを明らかにした。高効率磁石の新規回収技術では、実際のハイブリッド用モータから希土類元素を濃縮するために、雰囲気を制御できる高周波溶解炉を改造し、パイロリサイクルを実施した。また、ラボスケールの実験においても市販の耐熱性高性能磁石を銅、炭素と同時に高周波溶解し、銅中への希土類元素の濃縮過程、ならびに外力付与の可能性について詳細に検討した。さらに、ハイブリッド用モータの高性能磁石を入手し、市販高性能磁石との高周波溶解における溶解挙動の差異について調査した。

生産ビジョンの構築では、戦略メタルのリサイクル効率化に向けて、中間処理技術と製品設計の関係強化を探索、製品設計および社会システム設計の両面から資源循環システムの構築を目指した。使用済み製品の回収フローについて、ノート PC からのタンタルの回収を例題として、リサイクル業に従事する事業者のコスト推計を行うシミュレーションモデルを構築するとともに、ジズプロシウムのリサイクル限界費用曲線（特定リサイクル量を得るための費用を示す曲線）の試算を行い、国内フローの数十%をカバーする曲線の算定ができる見通しが得られた。また管理型都市鉱山の設計では、部品リユース等有価物の回収を効率化するため、製品アーキテクチャを考慮して、分解・組み立て・調整コストと輸送コストを同時に最適化するための計算手法を開発した。廃プラスチックの処理については、使用済み電子機器にニッケル等の触媒活性を有する金属が比較的多く含まれることに注目し、これらの金属を微粒化して固体残渣上に担持することによって500～600℃の比較的穏やかな条件下で残渣を水蒸気ガス化できることを見出した。一方、代替磁性材料の導入によるリサイクル効率の低下防止とリチウムの不純物分離技術では、昨年度作成した暗号化・情報管理プログラムについて稼働安定性を確認した。また、代替材料としてサマリウム系磁性材料が共存した場合に磁石を識別するためのマークをレーザーマーカーで記載するための方法を検討した。

以上の成果の社会導入を促進する目的で、我が国の戦略メタルリサイクル研究拠点となる「戦略的都市鉱山研究拠点（SURE）」を始動した。産総研開発装置等を配した研究交流スペースである SURE 分離技術実証ラボ（LATEST）を整備するとともに、民間企業との連携を促進する SURE コンソーシアムの設立準備を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】都市鉱山、リサイクル、戦略メタル、レアメタル、レアアース、物理選別、製錬、エコデザイン、マテリアルフロー、代替材料

【研究題目】アジア戦略「水プロジェクト」

【研究代表者】田尾 博明（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】鳥村 政基、中里 哲也、愛澤 秀信、金 誠培、佐藤 浩昭、谷 英典、長縄 竜一、野田 和俊、根岸 信彰、日比野 俊行、王 正明、堀 知行、尾形 敦、佐藤 由也、柳下 宏、遠藤 明、川合 章子、羽部 浩、丹羽 修、栗田 僚二、加藤 大、栗津 浩一、島 隆之、桑原 正史、藤巻 真、高橋 栄一、村川 正宏、坂無 英徳、野里 博和、鎌形 洋一、玉木 秀幸、成廣 隆、菅野 学、

田村 具博、樋口 哲也
(常勤職員35名)

【研究内容】

水不足は21世紀の世界が直面する最大の問題の一つであり、アジア、アフリカを中心に約10億人が安全な水を確保できないといわれている。アジアの水問題の解決と、わが国水ビジネスの競争力強化のため、水質監視技術、水質改善技術、情報ネットワーク技術を一体的に開発することにより、水資源の有効利用に不可欠なスマートウォーターを先導するグローバルな技術開発拠点を目指す。

水質監視技術に関しては、スマートウォーター、新たな環境規制への対応、飲用水の安全性確保の観点から重要となる①オンサイト・インプラント型水質監視技術、②生体応答を利用する水質監視技術、③微生物の迅速監視技術を開発した。①では、昨年度試作した全有機炭素(TOC)分析装置を膜分離活性汚泥法(MBR)の排水に適用し、既存法と分析結果が一致すること、既存法ではできなかった長期連続運転が可能であることを実証した。重金属に関しては、バイオメディカル RI にて、測定セルをバッチ系からフロー系に改良するとともに、これを TOC 計の紫外線照射後の溶液を重金属測定に用いることにより従来問題となっていた有機物による電極の汚れと金属キレート生成を低減し、TOC と重金属を同時に監視できる装置とした。②では、生物発光酵素とこれを用いた内分泌かく乱物質および生理活性物質測定用プローブを開発し国際特許を出願した。また、現場での測定を可能とするため、ポータブル型測定装置を試作した。生物発光酵素に関しては、プレス発表を行い、複数社との間で実施契約を締結した。③では、電子光技術 RI 及び情報技術 RI にて、昨年度開発した光ディスク型微生物検出装置の分解能を0.25 μm と約2倍向上させた。また、生物プロセス RI で開発した蛍光標識 DNA プローブ法を導入した。

水質改善技術に関しては、油分や窒素分、PPCPs、微生物など既存の水処理技術では処理困難な物質に対して、水処理技術として将来性が高く、かつ、発展途上国にも適したものとして、①膜分離活性汚泥法(MBR: メンブレンバイオリアクター)、②ナノ吸着材/光触媒型水処理法を開発した。①では、油分濃度を高めた高負荷条件で運転し、その際の微生物群集の応答をメタゲノム解析から明らかにして、MBR の処理性能と微生物群集の関係を明らかにした。また、安定同位体追跡試験(SIP)を用いて、油分の高処理能微生物を同定した。②では、清華大学と四川大学の学生と共同で、昨年度に引き続き、炭素系層状ナノ材料の PPCPs に対する吸着特性を体系的に評価し、PPCPs の特性と吸着特性との関係、並びに排水や河川水中の主要な共存成分の影響を明らかにした。さらに、光触媒による滅菌および有害物質の分解技術を途上国に適用するため、タイおよびベト

ナムで水質調査を行って、光触媒による滅菌効果に対する共存物質の影響、並びに適用できる水の範囲を明らかにした。この結果、光触媒作用を失活させる共存成分濃度は低く、また、濁度が高い水に対しては砂ろ過を行うことにより、滅菌が期待できることが分かった。環境化学技術 RI にて、資源としてのリンの重要性に配慮し、下水道などから吸着したリンを容易に溶離回収できる条件を詳細な吸着特性評価を通して明らかにし、市販吸着剤の2倍の性能にまで機能を高めた。

情報ネットワーク技術に関しては、水質監視データをネットワークを介してクラウド上に転送してデータ処理を行い、広域コミュニティの送水・水処理システムにフィードバックして、安全で省エネ性に優れた水の循環利用システムを構築するための①データ送受信システム、②データ処理ソフトを開発した。①では、現在の送信ユニットより安価な CPU ボードを利用する方法を検討し、必要なファームの改良を行った。24年度はモデルケースとして水晶振動子センサにデータ送信システムを実装したが、本年度は他の水質監視装置への実装および水処理装置の監視を行った。②では、昨年度開発したグラフ化ソフトを水質監視装置からの物質濃度、微生物数、生死情報などに適用し、処理状況を容易に把握できるソフトを開発した。開発した技術を西事業所の水処理デモプラントに導入し、実用上、問題がないことを確認した。水処理機器の自動制御の部分を除いて計画は順調に進捗し、水質監視技術と水質改善技術を連携するための技術基盤ができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水問題、水質監視技術、水質改善技術、情報ネットワーク技術、スマートウォーター

【研究題目】エネルギーキャリア実証施設の整備

【研究代表者】古谷 博秀

(再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】古谷 博秀、辻村 拓、小島 宏一、
壹岐 典彦、倉田 修、松沼 孝幸、
井上 貴博、鈴木 雅人

(常勤職員8名)

【研究内容】

再生可能エネルギーを大規模に利用するためには、一旦エネルギーキャリアに変換し、これを消費地まで運搬して最適な形でエネルギーに戻すシステムの構築が重要である。アンモニアは水素と比較して容易に液化でき、液体水素、有機ヒドライドと比較しても水素貯蔵量が大きく、エネルギーキャリアとしてのポテンシャルは高い。アンモニアを再生可能エネルギー大量導入時のエネルギーキャリアとして利用するため、産総研は JST の ALCA エネルギーキャリアの研究プロジェクトに参画しており、福島再生可能エネルギー研究所にマイクロガ

スタービン設備を設置し、モデル燃焼試験を実施する計画である。そのためのアンモニア供給・利用設備の整備を進めている。アンモニアは消防法での危険物では無いものの、劇物、消火阻害物質等であるため、法規制等を遵守した整備が必要であるとともに、安全な運用を行うノウハウが必要である。平成25年度はアンモニア燃焼試験の条件範囲を拡げるために、安全対策強化を図った。本設備整備は、東北大学を筆頭とした ALCA 参加者が集積して成果発信する、いわゆるイノベーション・ハブの一大拠点として福島再生可能エネルギー研究所が機能するために必須なインフラ整備の第一歩となる。

【研究題目】バイオマスリファイナリー技術

【研究代表者】 中岩 勝（環境・エネルギー分野）

【研究担当者】 中岩 勝、佐藤 正健、平田 悟史、星野 保、村上 克治、松鹿 昭則、藤本 真司、井上 誠一、遠藤 貴士、柳下 立夫、柳下 宏、北本 大、藤谷 忠博、榎 啓二、中村 功、桑原 泰隆、浅川 真澄、富永 健一、根本 耕司、花岡 隆昌、白井 誠之、山口 有朋、三村 直樹、佐藤 修、日吉 範人、鎌形 洋一、中島 信孝、宮崎 健太郎、矢追 克郎、三谷 恭雄、菅野 学、鳥羽 誠、望月 剛久
（常勤職員33名）

【研究内容】

本研究では、産総研が独自に有するリグノセルロースの分解技術、化学変換技術、バイオ変換技術を融合させ、アルコール、有機酸、芳香族化合物などの基幹化学品を体系的に製造可能なプロセスの開発を行う。バイオマスリファイナリー研究センター、生物プロセス研究部門、環境化学技術研究部門、コンパクト化学システム研究センター、触媒化学融合研究センターの5ユニットが、連携し研究開発を行った。

メカノケミカル処理したリグノセルロースの酵素糖化において、タンニン酸などの酵素阻害物質の拡散溶出機構を解明し、その除去にイオン交換樹脂や非イオン性界面活性剤の添加が有効であることを見出した。また、遺伝子発現系を導入した大腸菌を用いて、スギ糖化液からピルビン酸を収率73%で10.7 g/L、イソブタノールを収率56%で6.9 g/L の濃度で生産できた。化学変換技術によるリグノセルロースからのレブリン酸製造について、触媒系を最適化し、スギ、ユーカリ、バガス等の実バイオマスから、 α -セルロース基準で収率71~93%のレブリン酸を得た。また、イソソルビドを木粉から直接化学変換する反応条件を検討し、Pt/C と Amberlyst の混合触媒系でワンポッドでのイソソルビド収率2%を得た。リグニン利用については、水熱メカノケミカルと酵素糖化処理により作成した低変性の糖化残渣リグニンを、さ

らに水熱処理および溶媒抽出することで、樹脂原料の目安となる平均分子量1,000以下に収率40%で低分子化できることを見出した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマスリファイナリー、リグノセルロース、ピルビン酸、レブリン酸、リグニン

【研究題目】バイオマスリファイナリー技術

【研究代表者】 中岩 勝（環境・エネルギー分野）

【研究担当者】 平田 悟史、星野 保、滝村 修、松鹿 昭則、遠藤 貴士、井上 誠一、柳下 立夫、藤本 真司
（常勤職員8名）

【研究内容】

産総研が独自に有するリグノセルロースの分解技術、化学変換技術、バイオ変換技術を組み合わせることで、アルコール、有機酸、芳香属化合物などの基幹化学品を体系的に製造可能なプロセスの開発を行った。BRRCでは、環境化学技術研究部門、生物プロセス研究部門、コンパクト化学システム研究センター、触媒化学融合研究センターと連携し、リグノセルロースからの糖の低コスト製造技術の開発並びに発酵阻害物質の特定（課題1）、リグノセルロースからの糖生成の際に生じたリグニンの有効利用のための特性評価に関する研究（課題3）を担当した。また、リグノセルロースの化学変換技術（課題2）に対しては、BRRC が有しているリグノセルロースの原料特性の知見からアドバイスをを行い、化学技術変換の改良に寄与した。

課題1では、リグノセルロースの前処理時に生成する没食子酸等のリグニン由来化合物による酵素糖化およびその後の大腸菌の発酵阻害を軽減するため、前年度報告したイオン交換樹脂による吸着除去に代わるより簡便な手法の検討を行い、界面活性剤添加によって糖化・発酵が改善されることを明らかにした。本法により、スギ糖化液を用いた組換え大腸菌によるイソブタノールの生産性は、約4.5倍向上した。

課題3では、水熱・メカノケミカル・酵素糖化法で生成した糖化残渣の水熱反応処理・有機溶媒抽出法によるリグニンの回収技術を検討した。その結果、糖化残渣中のリグニンから40%以上のリグニン回収率が得られ、その重量平均分子量が1,000以下であり、樹脂化の原料として期待できることを明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマスリファイナリー、リグノセルロース、ケミカル原料

【研究題目】地下水等総合観測による地震予測精度向上のための研究

【研究代表者】 松本 則夫

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 松本 則夫、小泉 尚嗣、高橋 誠、北川 有一、板場 智史、落 唯史、武田 直人、石川 有三、梅田 康弘、佐藤 努、加納 靖之(京都大学)、中村 衛(琉球大学)、角森 史昭(東京大学)、浅井 康広(東濃地震科学研究所)、田阪 茂樹(岐阜大学)、石井 紘(東濃地震科学研究所)、大久保 慎人(東濃地震科学研究所)、山本 明彦(愛媛大学)、頼 文基(台湾国立成功大学)、村瀬 雅之(日本大学)(常勤職員6名、他14名)

【研究内容】

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について(建議)」(文科省測地学分科会)の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。

平成25年度には、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用し、地下水等観測データを地震防災対策強化地域判定会等に報告した。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析を継続し、短期的ゆっくりすべりと深部低周波微動の解析結果を地震調査委員会などの各種委員会や地震に関する地下水観測データベースで公開した。地下水位・水圧変化にて、短期的ゆっくりすべりが検出できることを世界で初めて示した。1946年南海地震前の目撃証言の収集を継続し、上下変動推定の成果をまとめた。台湾成功大学との共同研究「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」を引き続き推進し、成功大学において第13回ワークショップを開催した。琉球大学と協力して1999年集集地震時の台湾での地下水位変化に対する地震動の寄与の周波数依存性を見積もった。

【分野名】 地質

【キーワード】 地震予測、地下水、地殻変動、東海地震、南海地震、東南海地震、ゆっくりすべり、深部低周波微動

【研究題目】 南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

【研究代表者】 松本 則夫

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 松本 則夫、小泉 尚嗣、桑原 保人、高橋 誠、今西 和俊、北川 有一、安藤 亮輔、板場 智史、落 唯史、武田 直人(常勤職員8名、他2名)

【研究内容】

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、短期的ゆっくりすべり・深部低周波微動の分布や発生間隔

の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明のために平成22年度から開始した。

平成25年度には、昨年開発した4成分の水平歪センサーで計算できる4組の水平歪に着目した短期的ゆっくりすべりの客観的な検出方法について、地下水等データ解析・表示システムへの実装にむけて仕様を決定した。また、昨年までに開発した産総研・防災科研・気象庁データを統合した短期的ゆっくりすべりの解析手法を用いて、四国から東海地域の過去3年間の短期的ゆっくりすべりを高精度に決定し、発生履歴・すべり速度を詳細に明らかにした。三重県松阪市に設置した地震計約40点からなる3次元地震計アレイ観測を継続し、従来の観測網では検出できない詳細な微動の移動パターンの推定を継続した。また、微動の発震機構解の推定方法を開発し、同機構解の推定を行った。国土地理院が公開するGNSSデータを解析した結果、南海地域では1997年以降、長期的深部すべりの前後でプレート固着の状況が変化しなかったことを明らかにした。また、東海地域の長期的ゆっくりすべりと固着との関係についての結果が国際誌に掲載された。

【分野名】 地質

【キーワード】 地震予測、歪、傾斜、地下水、ゆっくりすべり、深部低周波微動、東南海地震、南海地震

【研究題目】 水素等の輸送貯蔵における安全ガイドラインの提案

【研究代表者】 和田 有司(安全科学研究部門)

【研究担当者】 和田 有司、恒見 清孝、中山 良男、吉田 喜久雄、小野 恭子、布施 正暁、牧野 良次、久保田 士郎、椎名 拓海、高橋 明文、松木 亮、松村 知治、杉山 勇太、東 千加良(常勤職員12名、他2名)

【研究内容】

本研究では、水素ステーションの社会受容性を向上させるために、水素ステーションのリスクを説明する際に必要な、万が一事故が起きたらどういった被害があるかを、これまでの漏洩口径を限定した被害ではなく、容器破損や配管破断などの様々な条件を想定して、被害を数値シミュレーションによって予測するとともに、それらの被害予測に対してどういった対策によって、どの程度リスクが低減されているかを明確に示す先進的なリスク評価手法の開発を目指す。加えて、アンモニアの燃焼爆発特性を明らかにし、火災、爆発被害を予測するためのデータを取得するとともに、アンモニア漏洩時の周辺住民の暴露解析および有害性評価を行う。

また、水素に関する社会受容性調査については、以下の手順で行う。まず、水素ステーション設置に関して、

既存文献にもとづいて導入シナリオを複数設定する。次に、水素ステーション導入シナリオによる大気汚染物質と二酸化炭素の排出低減効果の定量的な評価をシナリオごとに行い、地域および地球環境の持続性の側面から、ヒト健康リスクと温暖化リスクの評価を行う。その上で、水素に関するリスクと便益の定量的評価結果を提供した社会受容性調査を実施して、過大視されやすいリスクイメージを変化させ、水素ステーションの安全と安心に関するリスクコミュニケーションのあり方を検討する。

今年度は、水素ステーションにおける事故シナリオの整理を行い、開口径や漏えい量でパターン化するとともに、事故シナリオのパターン毎に最悪シナリオの想定を行った。また、そのシナリオ毎のシミュレーションを行うための計算環境の整備と大学との研究連携を進めた。

安全文化評価に関しては、過去にトラブルを起こした CNG スタンドとトラブルを起こしていない CNG スタンドを選定し、それぞれの安全文化の評価を行い、比較を行った。

また、アンモニアの燃焼爆発特性実験を安全に実施するための実験環境の整備を進めた。

アンモニアの暴露解析および有害性評価に関しては、臭気、刺激性、死亡等を生じ得るアンモニア暴露濃度を決定するとともに、毒性影響の重篤度毎のアンモニア濃度分布を推定するモデルを構築した。さらに、事故発生確率を考慮して仮想的なガソリンスタンドとアンモニアステーション間のヒト健康リスクの比較を行い、アンモニア漏洩に伴う死亡リスクは、ベンゼンの発がんリスクに比べて大きい場合があることを明らかにした。

また、水素ステーション設置の導入シナリオを設定するとともに、水素ステーション普及の優先地域を対象にステーション周辺の曝露データを構築した。また、水素ステーションの普及時における大気汚染物質と二酸化炭素の排出の増減を評価し、NO₂の大きな排出低減が図られることを明らかにした。さらに、既に構築されている水素ステーションのイメージにもとづく予備調査を行い、ガソリンスタンドと比べて恐ろしさに対する認識は同等で、未知性が高いことを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素ステーション、リスク評価、被害予測、アンモニア、暴露解析、有害性評価、社会受容性、リスクコミュニケーション、リスクイメージ、大気汚染、二酸化炭素排出

【研究題目】ナノリスク～繊維仮説への挑戦～

【研究代表者】本田 一匡（安全科学研究部門）

【研究担当者】本田 一匡、阿部 修治、佐々木 毅、片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤、長沢 順一、針谷 喜久雄、藤田 克英、兼松 渉、小野 泰蔵、

太田 一徳、早川 由夫、山本 和弘、山脇 浩、湯村 守雄、斎藤 毅
（常勤職員18名）

【研究内容】

ナノ材料のリスク評価における最大の障壁である繊維病理性仮説を検証するため、①繊維特性を保存した状態で単層カーボンナノチューブ（SWCNT）を分散させる技術の開発、②長繊維 SWCNT 分散液を用いた有害性試験による生体影響の検証、③ナノ材料の包括的なリスク管理のあり方の検討、を行った。

① 繊維特性を保存した状態で SWCNT を分散させる技術の開発

多様な CNT の有害性評価を行う場合には複数の分散方法を確保しておく必要がある。本研究では、低毒性分散剤である天然 DNA と非イオン性界面活性剤（ポリオキシエチレン(20)ステアリルエーテル）を分散剤とする分散方法の開発を行った。

天然 DNA を分散剤する方法では、昨年度作製した長さ10μm 以上（以下、長尺と略）の SWCNT を高含有率で含む分散液などを用いた長期動物試験を実施している。今年度は、試験液中の CNT の太さ分布の正確な計測や金属不純物の含有量測定を実施した。これらの結果は、来年度得られる動物試験の結果を解釈する際に勘案する。

もう一つの有力な分散剤候補である非イオン性界面活性剤を用いた分散方法についても、繊維仮説検証に使用できる長尺分散液の調製方法を確立することに成功した。そこで、この界面活性剤自体の有害性を確認しておくための有害性試験を実施した。

② 長繊維 CNT 分散液を用いた有害性試験による生体影響の検証

①の成果で得られた DNA 分散長繊維 CNT による24ヶ月有害性試験を実施中である。6ヶ月経過時点において、遺伝子に対する直接影響を調べるためにコメットアッセイ試験を行ったところ、異常所見は認められなかった。

③ ナノ材料の包括的なリスク管理のあり方の検討

ナノ材料の環境・健康・安全問題に関わるリスク管理の可能性を検討するため、昨年度までの調査研究をもとに、総説を投稿し、付加的な文献調査を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノテクノロジー、ナノ材料、カーボンナノチューブ、有害性評価、繊維病理性仮説、分散剤

【研究題目】地震・津波および原発事故等の低頻度大規模災害へ最適対応するための、次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

【研究代表者】四元 弘毅（安全科学研究部門）

【研究担当者】四元 弘毅、吉田 喜久雄、和田 有司、

玄地 裕、恒見 清孝、田原 聖隆、
梶原 秀夫、牧野 良次、井上 和也、
岡村 行信、桑原 保人、堀川 晴央、
吉見 雅行、行谷 佑一、山本 直孝
(常勤職員14名、他1名)

【研究内容】

本研究では、一旦発生すれば社会や経済に与える影響が桁違いに大きい低頻度大規模自然災害リスクへの最適対応を可能とするため、一次災害と二次被害を含めた複層的な影響をシミュレーションする構造とそれらの災害から発生する産業への被害リスクを評価する新たな考え方に基づく分野横断的な総合リスク評価シミュレーション技術の構築を目指して研究を行っている。具体的には、①一次災害予測シミュレーションサブシステム、②二次被害定量化サブシステム、③リスク評価サブシステムから構成される総合的なリスク評価シミュレーション技術を開発している。

平成25年度は、総合的なリスク評価シミュレーション技術の完成に向けて、以下の研究開発を実施した。

① 一次災害予測シミュレーションサブシステム

産総研所有の地震の揺れ即時推定システム **QuiQuake** の改良を行いつつ、産業施設のフラジリティカーブを完成させ、また、南海トラフの地震による愛知県での揺れと津波強度の推定を行った。

② 二次被害定量化サブシステム

急性毒性の強い化学物質情報の追加を行うとともに、津波発生時の被害推定機能の追加を行い、プラント事故による有害化学物質と原発事故による放射性物質の漏洩、拡散および避難範囲等を推定するサブシステムを開発した。サプライチェーン分析については、①のフラジリティカーブを用いて、中部地域における地震および津波による生産停止による被害額を算出し、モデルを用いてその他地域への間接影響を算出するサブシステムを完成した。また、製品レベルサプライチェーン分析用暫定データベースは2000種類規模の製品レベルサプライチェーン分析用プロトタイプデータベースへと高度化を実施した。

③ リスク評価サブシステム

日本全国で把握されている震源における地震による揺れに伴う建物と人的被害、および愛知県における津波による建物と人的被害を、1km メッシュ分布で示すサブシステムを開発した。また、地震の発生確率を考慮した建物全壊と死亡リスクを1km メッシュ分布で示すサブシステムを開発した。各サブシステムにより推定される損害を一般化リスク指標によって積算する災害リスク評価方法を確立し、簡単な操作で様々な地震シナリオにおけるリスク評価を可能にするソフトウェアを開発した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 南海トラフ地震、津波、大規模災害、リ

スク評価、リスクマネジメント、フラジリティカーブ、産業被害、サプライチェーン、化学物質漏洩、共通指標

【研究題目】 地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

【研究代表者】 桑原 保人

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 桑原 保人、吉見 雅行、行谷 佑一、堀川 晴央、長谷川 功

(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研融合・連携推進予算(戦略予算)によって昨年度より開始した。当研究センターでは、産業種別ごとの地震の周波数毎の揺れと津波に対するフラジリティカーブ作成および南海トラフの地震について、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の推定を行なうことである。研究期間は H23年10月から H26年3月であり、最初の1年間はフィージビリティ研究として行った。

最終年度である本年度は、産業種別ごとのフラジリティカーブ作成に関しては、福島県、宮城県の公設試と協力して得られた企業約800社のアンケート回答データや、東北大学と清水建設(株)との協力関係を構築して得られた約7000社(東北大)および500社(清水建設)のデータについて被害状況を分析した。これらの被害データと、産総研 **QuiQuake** システムによる東北沖地震の揺れ推定データ、昨年度作成した宮城県全域の津波高さ分布の補完データを合わせ、揺れと津波に関する産業フラジリティカーブを得た。さらに、理論計算および **QuiQuake** の改良による東北地方の揺れの周期依存を2通り計算し、周期依存の揺れのフラジリティカーブの作成を試みた。なお、予備的な結果としては、必ずしも周期依存性は明確では無かった。また、東海・東南海・南海地震について、安全科学研究部門で実施する2次被害予測のシミュレーションシステムへの入力データとして、各種の起こりうる地震を想定し、愛知県の周波数ごとの揺れと津波強度の計算を実行し、結果を得ることができた。

以上の結果は、学会等で公表した。

【分野名】 地質

【キーワード】 産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティカーブ、揺れ、津波

【研究題目】 革新的創業推進エンジン開発プログラム (LEAD)

〔研究代表者〕 湯元 昇（ライフサイエンス分野）

〔研究担当〕 浅井 潔、Paul Horton、津田 宏治、
光山 統泰、Martin Frith、
清水 佳奈、富井 健太郎、
花岡 悟一郎、縫田 光司、小島 功、
池上 努、堀本 勝久、広川 貴次、
福井 一彦、五島 直樹、福西 快文、
竹内 恒、久保 泰、夏目 徹、
近江谷 克裕、古川 功治、山崎 和彦、
久保田 智巳、肥後 範行、高島 一郎、
松田 圭司、菅生 康子、久野 敦、
佐藤 隆、梶 裕之、梅谷内 晶、
安形 清彦、福田 道子、後藤 雅式、
成松 久、千葉 靖典、清水 弘樹、
館野 浩章、宮岸 真、石田 豊和、
亀井 利浩（常勤職員38名、他3名）

〔研究内容〕

難治性疾患に対する新薬開発には、短時間に、低コストで、成功確率の高い、スマートな創薬プロセスを確立することが鍵となる。本プログラムでは、3年間で創薬プロセスのボトルネックを解消し新薬開発の効率とスループットを高める技術、個別化医療に対応する技術、糖鎖マーカーによる疾患の定量的評価技術の開発を目指して平成25年度より4つのサブテーマを推進している。

「IT・計測・ロボット技術による医薬候補分子の最適化技術」では、定量プロテオミクスなどの高度なバイオ計測技術と IT 技術を融合し、薬効の分子メカニズムを明らかにするドラッグプロファイリング技術を完成させることを目標としている。平成25年度は、そのモデルとして実施したある種の肝炎治療薬が、前立腺がんの併用剤として効果を発揮することを明らかにした。「糖タンパク質マーカーによる疾患検出・診断技術」では、微小領域の糖鎖プロファイリング技術を開発し、肝・胆管・膵臓がんで臨床的価値のある糖鎖変化を発見した。「ゲノム情報の活用促進技術」では、ゲノム検索精度・速度の向上技術開発を実施し、ヒトとマウスのゲノムに新規な相同領域2万カ所を突き止めた。また、患者の個人情報保護のための秘匿検索技術開発も実施している。さらに、「特定疾患での選択創薬技術の実践」では、大学や製薬企業と連携し、感染症や疼痛といった具体的な疾患を念頭に置いた先端創薬技術開発を行っている。これらの課題を克服し、新たな技術を確立することにより、世界をリードする大規模な創薬の国家プロジェクトに発展させる予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 定量プロテオミクス、糖タンパク質、ゲノム、秘匿検索、感染症、疼痛

〔研究題目〕 革新的創薬エンジン開発プログラム
(LEAD)「糖タンパク質マーカーによる

疾患検出・診断技術

〔研究代表者〕 後藤 雅式（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当〕 久野 敦、梶 裕之、佐藤 隆、
梅谷内 晶、久保田 智巳、安形 清彦、
福田 道子、後藤 雅式、成松 久、
千葉 靖典、清水 弘樹、館野 浩章、
宮岸 真、山崎 和彦、石田 豊和、
亀井 利浩（常勤職員13名、他3名）

〔研究内容〕

疾患細胞上の微少な糖鎖変化を検出する技術を開発するとともに、ペプチドや抗体等、生体内で利用可能な分子による標的化技術を開発する。これにより、DNA やタンパク質解析では新たな標的分子を見いだせない分子標的薬開発のパラダイムシフトを進める。具体的には下記の課題を実施する。

- 1) 新規探索技術の開発
 - 1-1) 糖鎖解析技術の開発と標的分子の同定
 - 1-2) 標的膜糖タンパク質分子の探索と検証
- 2) ペプチド等生体適合性分子による標的化技術
 - 2-1) 結合プローブの開発
 - 2-2) 結合プローブの評価技術の開発

本年度の各課題の成果を以下に記す。

- 1-1) 糖鎖解析技術の開発と標的分子の同定

グライコムマッピング法をデータ再現性面で改良し、肝がん細胞表層に超微量で存在する糖タンパク質の比較糖鎖解析に応用した。ウイルス性肝炎患者発がん例、非ウイルス感染肝がん患者症例、結節内結節肝がん症例の組織標本からがん部、非がん部を単離し、比較糖鎖解析したところ、ある1つのレクチンのシグナル変化で特徴づけられる共通の糖鎖変化が、がん部で観察された。今後組織標本のレクチン染色により正当性を検証する。また、肝炎小胞の1つとして、HBV 肝炎患者のウイルス感染肝細胞から分泌され、血中に存在する粒径40~45nm のHBV 粒子を対象とした、簡易エンリッチおよび比較糖鎖解析手法の確立に取りくんだ。血中 HBV 粒子が高濃度である患者では血清10 μ L 程度を用いた解析が可能になっている。この手法を臨床的に有用なものにするためには、10倍程度の感度向上が必要であることが試算された。

- 1-2) 標的膜糖タンパク質分子の探索と検証

プロテオミクスの手法によるタンパク質の大規模同定実験で、同定の網羅性を向上させるためには、前分画によって一試料当たりの複雑性（タンパク質種類数）を減少させ、分析数を増やすことが常法とされる。このため一般に、組織や細胞を破砕して抽出される可溶性タンパク質と残渣の不溶性膜タンパク質に分けることが汎用される。このアプローチを基礎として、疾患細胞の可溶性タンパク質からはマーカーを、残渣からは創薬標的を探索することを目

的とし、貴重な臨床試料にこのアプローチを適用するため、スケールダウンを目指す。

はじめは培養細胞の疎水性画分を利用して、膜タンパク質をリストアップすることからはじめ、これを基礎情報として分析の微小化を目指す。25年度では、種々の肝がん細胞の培養液から総数約1,300種の糖タンパク質を同定し、マーカー候補タンパク質リストを作成した。また血球系細胞の疎水画分からは約1,300種の糖タンパク質が検出され、その7割が膜タンパク質であると予想された。この結果から、用いた疎水画分画試薬による膜タンパク質の濃縮効率は十分ではなかったことが判明し、分画法あるいは分析手順の改善が必要と考えられた。しかし、約900種の膜タンパク質が同定され、探索やスケールダウン法開発の基礎情報が得られた。

2-1) 結合プローブの開発

疾患の細胞表面マーカーや疾患に関わる糖鎖や糖タンパク質（標的分子）と結合するプローブの開発を目的として、ファージディスプレイの系を用いて新規のペプチドや抗体のスクリーニングを行っている。また、産総研オリジナル技術である PERISS 法を用いてウイルスの抗原に結合するペプチドを創製することや糖タンパク質を特異的に認識する低分子ペプチドを創出する技術の開発も行っている。本年度は、i) これまでに得られた糖鎖を認識する新規抗体様分子の検定とファージペプチドライブラリーを用いたスクリーニングに取り組んだ。ii) B 型肝炎ウイルスの抗原に結合するペプチドライブラリーのスクリーニングを行った。iii) キノコ由来のレクチン（40アミノ酸）のうち、糖に結合する最小単位を同定する実験を行った。

2-2) 結合プローブの評価技術の開発

標的となる糖タンパク質の合成を行い、プローブの結合能の評価を *in vitro* で評価する系を確立する。さらにプローブと標的分子の相互作用を X 線結晶構造解析や NMR、計算化学などにより評価し、2-1と連携して結合能の最適化を進めることを目的としている。今年度は(1) 40残基を超えるペプチドの迅速合成法を確立した。またプローブが結合する糖鎖構造を有する均一な糖ペプチドの合成にも成功した。(2) あるレクチンが認識する糖鎖構造を合成し、レクチンと糖鎖の共結晶化の条件検討を行った。(3) 糖鎖認識ペプチドプローブを大量調製し、NMR による溶液立体構造解析を進めた。(4) 糖鎖とプローブの相互作用の定量的評価を行うため、計算機ツールのセットアップと糖鎖を含むテスト計算を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、糖鎖

創薬、プローブ開発

[研究題目] アクティブ・バックプレーンの全印刷製造プラットフォーム

[研究代表者] 長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

[研究担当者] 長谷川 達生、牛島 洋史、鎌田 俊英、山田 寿一、峯廻 洋美、堤 潤也、野村 健一、日下 靖之、山本 典孝、埴 優子、松岡 悟志、小倉 晋太郎、藤田 真理子、岩瀬 典子（常勤職員9名、他5名）

[研究内容]

本研究は、シート状電子デバイスの構成に不可欠となる大面積・フレキシブルなアクティブ・バックプレーンの全印刷製造を目標に、高均質な有機半導体薄膜の製造が可能なダブルショット・インクジェット印刷技術、及び超微細な金属配線の製造が可能なマイクロコンタクト印刷技術などの産総研の独自技術を基盤として、半導体／金属電極配線／誘電体の各印刷製造技術を統合する全印刷製造プラットフォームの開発を行う。本年度は、これら印刷技術を統合するために必要な、有機半導体材料と製膜プロセス技術の高度化と最適化、インク液滴シミュレーション技術とその応用展開、電極及び絶縁膜の一括焼成による高精度アライメント技術、トランジスタの高性能化に不可欠な高効率印刷電極技術、位置合わせ印刷のための真空チャックアシストシート開発等の周辺技術の開発をそれぞれ着実に進展させた。またアクティブ・バックプレーンの全印刷製造を著しく高スループット化させることが可能な、有機ポリマー半導体のプッシュコート製膜と高精細金属配線の表面光反応ナノメタル印刷の新たな独自技術について、その材料・プロセスの高度化を推進するとともに、後者についてはイノベーション推進部との協議にもとづく知財強化と、本技術をシーズとする大型外部資金プロジェクト化につなげることに成功した。さらにアクティブ・バックプレーンの全印刷製造のデモンストレーションに向けたフロントプレーン用表示媒体の検討を実施した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] プリントドエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、インクジェット法、マイクロコンタクト印刷、有機半導体、金属ナノインク

[研究題目] プリントドエレクトロニクス技術の標準化に向けた計測・評価技術

[研究代表者] 山田 寿一（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

[研究担当者] 山田 寿一、徳久 英雄、吉田 学、

植村 聖、星野 聡、末森 浩司、
小笹 健仁、白川 直樹、山本 典孝、
福田 伸子、安部 浩司、野村 健一、
所 和彦、堤 潤也、日下 靖之
(常勤職員15名)

〔研究内容〕

目標：

- ◆プリンテッドエレクトロニクスに関する国際標準において、認証機能を海外機関に主導されることによる国内産業への弊害が無いよう、我が国での認証機能実現のための評価対応体制の構築を目指す。
- ◆プリンテッドエレクトロニクスにおける材料、デバイスの国際標準において、我が国の技術優位性を発現させるための差異化点を評価する信頼性評価技術の確立を目指す。

研究計画：

- (1) 認証機能実現のための評価体制構築に向けた、材料基本性能評価設備の整備ならびにそれを用いた評価データベースの構築を目指した指針作成を目指す。
- (2) 上記印刷形成単体パターンおよびデバイスの基本電気物性に対する標準寿命・信頼性評価技術を確立し、標準評価法として提案することを目指す。
- (3) 標準策定に関する業界との連携を強化するため、プリンテッドエレクトロニクス国際標準の受託団体である JEITA との連携を図り、JEITA 規格ならびに国際標準に材料、信頼性評価にかかる提案を行う。

年度進捗状況：

1. 材料性能の標準評価計測体制を整備
標準印刷設備の導入整備を引き続き行い、印刷用インク評価デバイス作製システムを構築した。
2. インク材料と基板に関するデータベース構築
種々のインク材料と基板に関する印刷塗布性能評価情報を広くデータベースとして構築することは、プリンテッドエレクトロニクスにおける国際標準策定に協力する際の前提条件となるだけでなく、産総研のみでなく国内の技術動向を把握することにつながる。今年度は、昨年度より着手した上記データベース構築を引き続き行うとともに、印刷特性情報以外のインク特性（粘度評価等）に関する情報収集の準備にも着手した。本データベースは、持ち込みインク等を対象としているため、単機能としての評価としてだけでなく、技術スクリーニングサービスとして技術アドバイスをを行うことによって公的機関の役割を果たすことも視野に入れており、今後もデータ蓄積を継続する予定である。
3. プリンテッドエレクトロニクスにおける標準策定活動
コンソーシアムを通じた各種印刷用インク材料に関する情報交換だけでなく、認証業務への発展を目指し、標準委員会において標準策定の活動への協力を行った。2つの JEITA 案が国際標準を目指して、順調に推移

している状態である。

4. 信頼性評価技術の開発

材料性能の優位性を発揮するポイントは材料寿命、信頼性にある。この優位性を保ち、技術レベルのボーダーを導入していくための評価技術として、標準信頼性評価技術の確立・整備を行った。印刷時に重要な液滴形状の予測評価技術となる新数値解析シミュレーション手法を産総研で開発し、市販ソフトに比べて桁違いの高速計算を行うことに成功した。本ソフトは、印刷性評価技術として外部公開している。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 国際標準、標準策定、認証機能、信頼性評価、JEITA 規格、印刷、印刷評価データベース、インク材料、プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス

〔研究題目〕 伸縮自在なセンシングデバイスの開発

〔研究代表者〕 植村 聖 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 植村 聖、吉田 学、渡邊 雄一、野村 健一、酒井 平祐、永見 武司、長久保 晶彦、小林 匠、加賀美 聡、小林 吉之、多田 充徳、宮田 なつき、阿澄 玲子、島田 悟、KIM YEJI、三田 直樹、金井 豊、岡崎 智鶴子 (常勤職員15名、他3名)

〔研究内容〕

健康で安全な生活を実現するために、カメラのようなプライバシーの侵害なしに社会のいたるところでバイタルサインや人の動きなど見守ることができるセンサーの開発が必要である。圧力センサーは体の動きや歩行などを直接検出可能であることから、その用途を想定して約1m×2m サイズのシート型の圧力センサーを開発した。その際、人の細かな動きを検出するために圧力分布の分可能を約1cm 角とし、約100×200個の圧力センサーアレイの各測定点の高感度化と特性バラつきを抑制する技術を開発した。また圧力センサーから得られたデータから出力のばらつき補正を自動化し、そのデータから人のよろめき、転倒等の動作識別する解析するソフトを開発した。さらに圧力データとモーションキャプチャシステムを同期させ、各パラメータを計測し比較することで、カメラや、多数の装着型のセンサーを必要ないセンサシステムの開発も行った。

今後シート型センサーより柔軟で伸縮性のあるセンサーの開発を目指し、ストレッチャブル耐性の高い基板と、そこに伸縮性のある電極を形成する要素技術の開発を行った。今後、日常生活における安全確保や身体機能維持を目的としたストレッチャブル圧力センサーを用いた新しいデバイスを創出することを目指し、デバイス開発を

担当するユニットと情報処理の開発を担当するユニットが連携してプロジェクトを推進する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】圧力センサー、見守りセンサー、フレキシブルデバイス、印刷デバイス

【研究題目】レギュラトリーサイエンス拠点化にむけた調査研究

【研究代表者】鎮西 清行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】赤松 幹之、横井 孝志、鎮西 清行、伊藤 敦夫、井野 秀一、小関 義彦、丸山 修、小峰 秀彦、佐藤 洋、葭仲 潔、鷺尾 利克（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、本村 陽一、西村 拓一（以上、サービス工学研究センター）、並木 周（ネットワークフォトニクス研究センター）、工藤 知宏（情報技術研究部門）（常勤職員15名）

【研究内容】

医療機器分野のイノベーションには、医学・工学・産業のネットワーク化、医療ニーズと事業性を合わせた事業化ニーズの発掘プロセスの確立と、臨床研究までの期間短縮の3つが必要である。この分野では、これら3つを進めるにあたって薬事制度などの理解を含むレギュラトリーサイエンス（RS）が欠かせない。本研究は、医療機器分野のイノベーションを推進する「医療機器産業化ネットワーク」の構築を行い、その拠点となることを長期目標として、平成25年度には既存のシーズを活用した医療機関、企業、産総研等工学研究機関をネットワーク化する試みを行った。その結果、電子カルテと連携する輸液ポンプと、筑波大旧病棟を活用した模擬病室で看護師等が実験参加する体制を構築した他、ソフトウェア医療機器の開発を支援する SCCToolKit を開発して、無償公開に至った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】医薬品医療機器等法（薬事法）、サービス工学、医療機器ソフトウェア

【研究題目】パロ癒し効果の科学的解明

【研究代表者】柴田 崇徳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】柴田 崇徳、小峰 秀彦、岩野 孝之、横井 孝志、高野 千尋、川口 幸隆、坂本 悦子（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）梶谷 勇（知能システム研究部門）（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

動物のように人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかかり事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに、アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行い、定量的、定性的研究により実証してきた。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善している。

本研究では、アザラシ型ロボット・パロとふれあった時の生理学的、心理学的応答を調べることによって、パロによる心身への影響がどのようにして発生するのかを明らかにする事を目的としている。パロによる心身への影響を明らかにすることで、要介護者や認知症の患者に対する精神的・身体的支援につなげていく。また、国内外の社会制度にパロを組込むための臨床評価データの蓄積等も医療福祉施設、研究機関、地方自治体等と連携して行っている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】パロ、癒やし効果、ロボット・セラピー、認知症

【研究題目】産総研ニューロマーケティング支援フレームワークの構築

【研究代表者】岩木 直（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】岩木 直、武田 裕司、永井 聖剛、木村 元洋、小早川 達、仁木 和久、長谷川 良平（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、蔵田 武志、大隈 隆史、大西 正輝、竹中 毅、本村 陽一（以上、サービス工学研究センター）（常勤職員12名、他1名）

【研究内容】

ヒトの意思決定過程を脳活動にブレイクダウンして評価する技術は、アンケートやヒアリングでは知りえない潜在的な顧客の本音を知る方法として企業の意思決定の手法（ニューロマーケティング）としても検討されており、将来的にはサービス産業の設計に欠かせない技術にもなりうる。他方、技術的には、ヒト認知・行動の計測・評価技術から日常行動の計測と解析等の高度な技術を統合的に行うと同時に、実環境で検証する必要がある。

また、倫理面への配慮も欠かせない。こうした状況のもと、企業でも強い関心を示すところが出てきているが、総合的なフレームワークを社会に示し、産業界とともに構築していく必要がある。

本プロジェクトでは、①非侵襲脳活動計測データの統合計測・解析技術、②無意識・情動による認知・行動・選好過程修飾の評価技術、③VR 環境を用いた消費行動関連脳活動と行動の同時計測技術、④脳活動データから得られた消費者行動モデルの実際の購買履歴データを用いた検証、⑤具体的事例への適用を目標としている。⑤では、①～④の要素技術を統合して、ショッピングモール内の1店舗を対象としたフィールドでの妥当性を検証する。平成25年度には、(i) VR 環境(Service Field Simulator: SFS)中にショッピングモール内の顧客動線を再現し、この環境内で安定的に脳波を計測する技術を確立した。さらに、これを用いて、(ii) SFS 内で、被験者の心理状態を評価するためのプローブ刺激を被験者に与えながら脳波計測を行うことにより、周囲環境に対する興味度合い(視覚と他の感覚との間の注意リソース配分のバランス)を定量的に計測できることを示した。本計画はショッピングモール内顧客動線を例にとり、その周囲環境の変化に対する顧客の興味度合いの定量評価を目標としているが、同じ技術は製品のデザインやユーザインタフェースなどにおける情報提示方法など幅広い応用技術の展開(Neuro-Aided Design)が期待される。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] Neuro-Aided Design、サービス工学、脳機能計測、無意識、ヴァーチャルリアリティ

[研究題目] 情報技術における音声命令の標準化

[研究代表者] 関 喜一(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

[研究担当者] 関 喜一(常勤職員1名)

[研究内容]

多くの情報機器に一定水準の統一化された音声命令を実装できるように標準化し、頸椎損傷や脳性麻痺など機器操作に上肢を使用することが困難な障害者、及び視覚障害者にとって高いアクセシビリティを実現する製品を普及させる。全体の計画は以下の通り。

- ・音声命令の基本要素の検討(H23年度)
- ・音声命令の構築と検証の手続きの検討(H23-24年度)
- ・音声命令のための翻訳問題と言語間問題の検討(H23-24年度)
- ・音声命令登録のためのデータベースの開発(H25年度)

H25年度は、この研究の最終年度として、前年度までに蓄積した実験データから規程作成の準備を行い、また

標準化された音声命令を登録するデータベースの開発を行った。

合わせて H25年度は、音声命令の国際規格となる ISO/IEC 30122 について、Part 1(総則)と Part 4(データベース)の DIS 投票を開始し、Part 2(検証)と Part 3(多言語)の NP+CD 投票を開始した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 情報技術、音声命令、ユーザインタフェース、情報アクセシビリティ

[研究題目] アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化

[研究代表者] 兵藤 行志(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

[研究担当者] 兵藤 行志、野中 勝信
(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

人工関節のより長期にわたる体内埋入を実現するためには、優れた骨固定性や安定性が要求され、そのためには高い形状適合性を有することが必須である。アジア圏ではその人種や生活様式によって骨形態は多様化しており、必ずしも十分に形状適合せずに人工関節置換術の効果が発揮されない症例も少なくない。この研究では、アジア圏の高齢者により適した人工関節の適用に向けて、骨形態の抽出と比較形態学的データ集、及び人工関節の迅速力学試験方法に係る基盤研究を実施した。

1) 骨形態の抽出と比較形態学的データ集

筑波大学整形外科と連携し、骨形態 CT データの収集と解析を継続した。また、設計のための骨形状計測方法原案を、『パーソナライズド人工関節の機能・安全性評価基準』(経済産業省アジア基準認証推進事業、INOTEK 及びナカシマメディカル株式会社)と連携し検討した。

ISO/NP 19233-1 Implants for surgery – Total knee-joint prosthesis – Personalized prosthesis: Part 1 Basic bone measurements for design

2) 人工関節の迅速力学試験方法

人工股関節ステムを対象としたデータ収集を継続すると共に、迅速力学試験に資する、非破壊試験分野の赤外線サーモグラフィ試験の国際標準化を推進した。

2-1) 赤外線サーモグラフィ試験用語2013年10月2日発行
ISO 10878:2013 Non-destructive testing –

Infrared thermography – Vocabulary

2-2) 試験方法通則 ISO 原案作成 (WG コンビーナ、PL)

ISO/AWI 10880 Non-destructive testing – Infrared thermographic testing – General principles

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 人工関節、アジア、骨形態、迅速力学評価、赤外線サーモグラフィ試験、非破壊

試験

〔研究題目〕インプラント用材料の電気化学的な評価方法の標準化

〔研究代表者〕岡崎 義光（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕岡崎 義光、有田 千成子（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

革新的な医療機器の製品化の早期実現のためには、開発費用の削減と薬事製造承認申請の加速化に有用な試験方法を開発ガイドライン、或いは公的な規格等として制定することが不可欠である。これらによって、インプラント産業の活性化、輸入依存度からの脱却が期待される。

インプラントの製品化では、力学的性能評価に加えて、生物学的安全性データ（細胞毒性、遺伝毒性、動物埋植試験、全身毒性、急性毒性等）の取得が必要となる。2012年3月に生物学的安全性評価に関する通知が改定され、生物学的な安全性データの試験項目が4～7項目に増加した。インプラント分野では金属材料が多いため、現状の生物学的安全性評価では感度が低く試験結果は全て陰性となり問題は生じないが、薬事製造承認申請ではGLP 下での試験が義務化されており医療機器製造企業の多大な費用負担となる場合が多い。薬事製造承認制度が日本と欧米とでは大きく異なるため、薬事法に準拠し、開発費用の削減と薬事製造承認申請の加速化のためには、生物学的安全性試験の代替え、或いは省略につながる感度の高い工学的試験方法の開発ガイドライン、或いは公的規格等を制定することが求められている。具体的には、ISO 16428に引用されている JIS T 0302 「金属系生体材料のアノード分極試験による耐食性評価方法」を参考に、簡便で高精度な新たな試験方法として交流インピーダンス試験方法を加えることを検討し、ISO の電気化学的な試験溶液等を踏まえた JIS 等の規格案を作成するとともに、規格化に必要な技術開発、生物学的な安全性の基準データ等の薬事製造承認申請に有用なデータを取得し、解説等に記載して取得データの活用を図る。

平成25年度の成果としては、測定装置の構成、測定条件、最適な測定周波数範囲の検討、解析方法、高周波域から低周波域でのノイズの除去の方法等について検討した。また、最適な測定条件を検討するため、皮膜抵抗と静電容量に対する表面積の影響に関するデータを取得し、膜抵抗と静電容量に対する表面積の影響に関する基礎式の妥当性を検証した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕整形インプラント、生物学的安全性の評価、動物代替試験

〔研究題目〕映画等映像コンテンツのバリアフリー化に向けた補助字幕設計手法の標準化

〔研究代表者〕大山 潤爾（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕大山 潤爾（常勤職員1名）

〔研究内容〕

音や声を聞き取りにくい利用者のために、ニュースや映画などの映像において、母国語のセリフや効果音を、母国語の字幕で表示することを”補助字幕”と言う。

現代においては、緊急災害時から日常生活まで、あらゆる場面で映像から情報を得る機会が多く、日本を含む世界の先進国では、映像のバリアフリー化に向けた補助字幕対応が急がれている。

日本では、聴覚障害者と高齢の軽度難聴者などを合わせると、600万人以上が音や声が聞こえにくい状況にある。更に、認知機能の低下による聞き取りにくさも考慮すると、補助字幕による情報保障は2000万人以上に有効であると見込まれる。

本研究では、補助字幕の必要十分な品質を確保するために、わかりやすい字幕設計の客観的根拠となるデータを取得し、国際標準として提案することを目的とする。

具体的には、映像と字幕が利用者にとどのように見えているか、といった人間特性研究から、字幕をわかりやすくするための表示条件を調べる。また、現状の映像や字幕の設計と、それに対する利用者の理解や印象を調べることで、日本の現状の字幕環境を踏まえて、映像や字幕の製作会社とともに実現可能な設計標準を作成し、日本から世界に提案する。

今年度は、文字のサイズや色と表示時間が読みやすさに与える影響、および一般的な字幕における表示時間と理解度の関係について調べ、読みやすい表示設計の基盤データを得た。また、実際のテレビや映画を対象に、字幕の表示時間や文章構造、そして、補助字幕が映像理解や印象に与える影響についても調査を行い、現状の字幕の一般的な設計を分析した。こうした結果は、学会や研究会で発表し、これらの知見を元に、各種メディアで映像のバリアフリー化の普及に向けた現状などを広く紹介した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕視認性、映像、注意、認知、記憶、バリアフリー、高齢者対応、障害者対応、情報保障

〔研究題目〕1型色覚および2型色覚の等歩度色知覚尺度（色差）、色差式および均等色空間

〔研究代表者〕坂本 隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕坂本 隆（常勤職員1名）

〔研究内容〕

標準規格としての障害者等配慮設計指針を考える上で、色覚異常を有する者（特に該当者が多い1型色覚と2型色覚）への配慮は欠かせない。例えば日本人男性の多く

(概ね20人に1人)が1型色覚か2型色覚である。にも拘わらず、視認性確保のための客観的評価法、および1型色覚と2型色覚が知覚する色の差異を表現する基準(色差)などは、標準化されていない。

そこで本研究では、1型色覚と2型色覚に配慮した視覚標示物設計に際して必要となる、色の差異を客観的数値として表現するための基準(色差)、計算式(色差式)、色差を定義可能な尺度系(均等色空間)の構築と検討、標準規格提案(JIS、CIE、ISOなど)を目標とする。

H25年度の成果は以下の通りである。

国際照明委員会(CIE)の技術委員会TC1-89で取りまとめが検討されている「色覚障害者向け画像強調法(Enhancement of Images for Colour Defective Observers)」は、技術報告書に記載すべき内容について、H25年初頭よりTC会議で議論が続けられている。本研究代表者は、画像強調法に対する評価手法として、1型色覚と2型色覚に配慮した色差、色差式、均等色空間を含めること、技術報告書に当該の内容を追加すること、等を提案し、第8回TC会議(平成25年1月24日開催)においてこれが認められた。今後、1~2年間の議論を経て、技術報告書に当該の内容が取り纏められる予定である。

また、標準化の進捗に関する特記事項として、平成25年4月にマレーシア(クアラルンプール)で開催されたCIE Division会議において、CIE143(International Recommendations for Colour Vision Requirements for Transport)改定を審議するJTC副議長に、本研究代表者が内定したことを報告しておく。今後CIE143規格の策定においても、1型色覚と2型色覚に配慮した色差、色差式、均等色空間の活用が可能であると考えられるため、状況を鑑みながら検討を進める予定である。

ISO/TC274(Light and Lighting)については、現在ワークアイテムの検討がなされている段階であるが、将来的にはCIE TC1-89の成果を基に、ISO規格化を提案する計画であり、そうした計画を想定した活動を進める予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】快適安全の標準化、障害者等配慮設計指針、視認性、色覚異常、色差、色空間

【研究題目】放射線による癌治療の副作用低減技術の開発

【研究代表者】今村 亨(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】今村 亨、浅田 眞弘、岡田 知子、鈴木 理、古川 功治、高橋 淳子(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

放射線被ばくによる健康障害は多岐にわたり、特に高線量の放射線による健康被害は重篤であるが、現状では有効な放射線防護剤がほとんど存在せず、その開発が喫緊の課題となっている。中でも癌の放射線治療の際に副

作用として起こる各種障害を低減することは、癌の治療成績を上げ患者のQOL(生活の質)を高める事に大きく貢献する。そこで本研究では、産業技術総合研究所で開発し、放射線防護効果を有することを動物実験等で見出したシグナル分子である新規細胞増殖因子FGFCについて、これを癌の放射線治療の過程で起こる種々の副作用を防ぎ、患者のQOLを高め治療成績を上げるための放射線防護剤として創薬開発することを目指している。研究目標として、1. 癌治療時の放射線照射による種々の副作用について、その低減にFGFCが有効であることを種々の評価系によって示し有効な投与法を開発するとともに、2. Good Manufacturing Practice(GMP)基準に準拠可能なFGFCタンパク質の大量生産系を確立し、前臨床試験としての実験動物を用いた安全性試験を行う。平成25年度途中に開始した本研究の達成進捗状況は以下のとおりである。放射線照射による種々の副作用については、表皮系、免疫系、個体死などの障害について、FGFCの防護効果を示すことができた。特に表皮系についてはFGFC投与により放射線による毛包細胞の障害を防護出来ることを示した。それ以外の評価項目についても評価を進め、放射線による癌細胞と正常細胞の受ける障害評価については実験系を構築した。FGFCタンパク質の大量生産系については、生産量の視点からの課題解決に向けて進捗した。さらに前臨床試験としての安全性試験を実施するための創薬コンサルティングを受け、平成26年度に実施すべき動物実験の計画を立案した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】放射線障害、防護、癌治療、シグナル分子

【研究題目】日印融合研究促進のためのイノベーション拠点形成—アジアのバイオをリードする研究ハブを目指す—

【研究代表者】近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、ワダワ レヌー、カウルスニル、大西 芳秋、戸井 基道(常勤職員5名)

【研究内容】

産総研では国際連携を重視しアジア各国を中心にMOU協定を元にした戦略的研究が推進されつつある。特にインドとは2007年に日印首相間共同声明に基づいた産総研とインド科学技術省バイオテクノロジー局(DBT)との包括的研究(MOU協定)が締結され、これまでの研究課題に対して、2011年度から2000万/年のインド政府予算が充当された実績がある。更にDBT-インドとのMOU協定を元にした共同研究推進及び研究者育成を推進するライフイノベーション研究拠点形成が急務な課題である。特にライフ分野における産総研の強

みは、的確に生理活性物質を探索、特定するスクリーニング技術、そして個体・組織・細胞・分子レベルでその生理活性メカニズムを解析するイメージング技術である。そこで産総研の強みである2つの研究コアの整備拡充とそれを活用した国際研究交流を実施した。研究コアとしては1) 生理活性物質のスクリーニング技術コア、2) 生理活性物質の動態、機序解析のためのイメージング技術コア、とした。本活動に対して、産総研とインド DBT の間で2013年4月にはインドと日本(産総研)にジョイントラボを設立する事を同意、2013年10月3日にはDBT より産総研に対する研究資金提供(当初3年間38,000千円/年)に関する契約を締結した。併せて産総研側にジョイントラボを設立した。また、研究者育成として、2013年1月20-25日にイメージング技術コアが中心にワークショップを開催、世界8か国16名の若手研究者がイメージング技術を学んだ。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 イメージング、スクリーニング、国際連携

【研究題目】 化学物質リスク管理のための発光培養細胞による化学物質安全性評価システムの標準化

【研究代表者】 近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 近江谷 克裕、丹羽 一樹、中島 芳浩
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

動物愛護の潮流の中で、化学物質の有害性を評価する代替法に利用可能な産総研の多色発光細胞技術の普及が求められているが、結果の信頼性を保証する仕組みの導入が不可避な課題となっている。このような流れの中、H23年より OECD 化学物質テストガイドライン策定の一環として、多色発光細胞を利用した皮膚感作性多色発光細胞試験のバリデーションが開始された。また、H25年度より産総研が開発した分泌青色発光酵素を利用した皮膚毒性評価試験法に関する共同研究が開始された。そこで本研究では、世界的に構築されつつある発光細胞による毒性評価技術の中で、産総研のベース技術である3色発光細胞技術や分泌青色発光酵素技術を、OECD 化学物質テストガイドラインを通じた標準化により国際的な普及させるため、本年度は①皮膚感作性多色発光細胞試験のバリデーション試験フェーズ IIb を元にプロトコルを策定、バリデーション試験フェーズ IIc を開始した。2014年2月に妥当性を検証する VMT 会議を実施、フェーズ III を行うことになった。②現在進行中のバリデーション試験のため、標準発光サンプル(標準ルシフェラーゼ)の生産、精製、値付けを行い、試験研究機関に配布した。③これまでの海外研究機関との技術交流を通じて、多色発光測定法の技術移転を

希望するドイツリスク評価機関 ZEBET との共同研究を継続、多色発光細胞技術及び多色発光校正技術の移転した。また、3色発光技術を全米標準局 NIST に紹介、技術移転を検討中である。④産総研が開発した分泌青色発光酵素を利用した毒性評価法が花王の皮膚毒性評価試験法に採用され、試験法の共同開発を開始した。今後、評価細胞に併せて分泌青色発光酵素を用いた毒性試験法が OECD テストガイドラインに提案される可能性が高いことから、本方法における問題点を精査、多色発光測定技術と同様に標準サンプルの供給系を確立した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 毒性評価動物実験代替法、レポートアッセイ、国際標準化

【研究題目】 電気活性高分子アクチュエータを用いた医療福祉機器実現のためのドイツ、フラウンホーファーIPA との国際連携研究

【研究代表者】 安積 欣志(健康工学研究部門)

【研究担当者】 安積 欣志、杉野 卓司、清原 健司
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

目標:

産総研で開発を行った電気活性高分子(EAP)アクチュエータ素子の積層・大型化技術をドイツ、フラウンホーファーIPA(生産技術・オートメーション研究所)と共同開発、この成果をもとに EAP デバイスの実用化開発を加速化することを目標とする。

研究計画:

EAP アクチュエータ素子の大型化・積層技術を開発し、リハビリロボットや、医療用無音ポンプに使用可能な伸縮型アクチュエータデバイスのプロトタイプを製作する。産総研において、素子の材料構成を検討し、IPAにおいてシステム・デバイス化技術の検討を行う。

進捗状況:

本年度は、昨年度、開発した薄型オートピペットプロトタイプの改良を進めた。具体的には、フラウンホーファーIPA と共同で、産総研で開発を行った EAP 高分子アクチュエータを用いた薄型オートピペットのプロトタイプについて、駆動電極の形状、ピペットの吸い込み/吐き出し口の改良を行い、Nanotech2014の産総研ブースで展示を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気活性高分子(EAP)、高分子アクチュエータ、積層、大型化、システム化、デバイス、プロトタイプ、医療用ポンプ、リハビリロボット、オートピペット

【研究題目】 グラフェン系材料の電磁波対策分野への応用

【研究代表者】 長谷川 雅考

(ナノチューブ応用研究センター)

[研究担当者] 長谷川 雅考、石原 正統(ナノチューブ応用研究センター)、堀部 雅弘、飴谷 充隆、加藤 悠人(計測標準研究部門)、中村 考志、蛭名 武雄(コンパクト化学システム研究センター)、南條 弘(ナノテクノロジー・材料・製造分野企画室付)、石川 純(計測・計量標準分野企画室)、渡辺 一寿(イノベーション推進本部知的財産部)
(常勤職員10名)

[研究内容]

電磁波利用が生活に浸透し「第4の社会インフラ」となっている。今後、不要電磁波対策の要求がさらに高まることから、電磁環境(EMC)・ノイズ対策関連市場の成長は著しい。グラフェンは、軽量でかつ電気伝導性および熱伝導性に優れることが従来謳われてきたが、それに加えて、物質レベルでの広範な電磁波特性の制御性が優れていることが最近分かってきた。グラフェンは安価な黒鉛から剥離分散した酸化グラフェンとして合成でき、コスト・性能共に可能性が高く、様々な周波数帯域に対応した電磁波吸収部材の開発に革新をもたらす材料となる。これにより、従来品と比較して革新的な薄さの電磁波吸収体を実現することを目標としている。

H25年度は、プラズマ CVD グラフェンによる電磁波遮蔽材の特性発現を確認した。既存製品に比べて単位厚さあたり格段の遮蔽効果を得た。透明性と電磁波遮蔽特性を備えた稀有な材料として、波及効果が期待される。またグラフェン-粘土複合膜では導電性の付与に成功し、非常に高い電磁波遮蔽効果を達成した。

さらに極薄グラフェン膜や粘土グラフェン複合膜に特化した測定系の整備と手法・評価方法の確立を行った。また開発した技術を応用するため、産業界からのニーズの把握を行った。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造、環境・エネルギー

[キーワード] 電磁波対策、グラフェン、粘土、測定技術

[研究題目] 革新的次世代 TCAD プラットフォームの開発

[研究代表者] 福田 浩一
(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 伊藤 智、池上 務、越本 浩央、宮崎 剛英、石橋 章司、井上 靖朗、鈴木 爾(常勤職員5名、他3名)

[研究内容]

Technology CAD (TCAD) は物理モデルに基づいて半導体デバイスの電気特性を予測する計算機シミュレーションで、仮想実験によって研究開発を加速するための

キー技術である。つくばイノベーションアリーナ

(TIA) 拠点として、産総研で最先端半導体デバイスの研究開発が進行する中、ナノスケールの微細化や新材料の導入に加え、パワー、フォトニクスなど目的の多様化にも対応できる、新しい TCAD システムが必要とされており、産総研は各部門のシーズを結集して組織的に取り組んでいる。パワーデバイスで必要な大領域の3次元解析を実現するため、並列クラスタ計算手法を応用して、従来の最大100倍の大規模・高速化を達成、産業界に提供するとともに、さらなる大規模解析を実現するための領域分割手法を提案した。ナノデバイスでは新材料を用いたデバイスの特性予測を行うため、第一原理計算の結果を TCAD に反映する研究を実施した。新原理デバイスとしてトンネル FET (TFET) の研究開発を実施した FIRST プログラム Green Nano-electronics Center (GNC) の中では、デバイス～回路まで一貫したモデリングに成功、Fin 型・ナノワイヤ型等の将来の TFET デバイスの検討や、回路応用に関する共同研究に発展した。フォトニクス分野では、電磁界シミュレータと TCAD を結合し、フォトダイオードや光導波路の解析を可能にした。電磁界シミュレータはラマン分光測定や光照射型走査型トンネル顕微鏡 (STM) のモデリングにも活用し、ナノスケールの計測精度向上を実現した。さらには電磁界シミュレータを活用したパワーデバイスの寄生インダクタンスモデリングにも発展しつつある。このように次世代半導体デバイス研究開発のキーインフラとして、本次世代 TCAD プラットフォームが多面的の成果を出している。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 計算論的デバイス設計、テクノロジー CAD、計算機シミュレーション、トンネル FET、パワーデバイス、ナノデバイス、フォトニクス

[研究題目] RT ミドルウェアの動的なコンポーネント配置・設定 (DDC4RTC) の標準化

[研究代表者] ビグス ジェフ
(知能システム研究部門)

[研究担当者] ビグス ジェフ、中坊 嘉宏、堀 俊夫、安藤 慶昭、神徳 徹雄
(常勤職員5名)

[研究内容]

多種多様なニーズに対応するオーダーメイド型の生活支援ロボット産業の市場は萌芽期にあり、製品コストを下げるためにもシステム開発効率の向上が求められている。この問題を解決するために、ロボット技術をソフトウェアとしてモジュール化して再利用性を高め、技術の蓄積を可能にする RT ミドルウェアのコンセプトを NEDO プロジェクトにおいて示し、2008年に OMG に

においてロボット用のコンポーネントモデル（RTC: Robotic Technology Component）標準を発行した。平成25年度は、3回の技術会議に参加し、2013年6月のベルリン技術会議では、次世代コンポーネントモデルを確立するためのワークショップを開催して最前線のコンポーネント技術について議論した。ワークショップでは13件の講演があり、盛況に開催された。2013年6月のサンタクララ技術会議では、産総研の貢献が大半となる次世代コンポーネントモデル（UCM: Unified Component Model）の標準仕様の公募が発行された。現在、産総研が日本代表として UCM の標準提案書の作成を主導している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ロボットソフトウェア、標準化活動、動的組込みシステム、RT ミドルウェア、OMG

【研究題目】 FPC および関連製品のめっき表面の外観検査法の標準化

【研究代表者】 野中 一洋
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 野中 一洋、古賀 淑哲、坂井一文、蒲原 敏浩、檜田 龍美、手島 寅浩
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

金めっきは電子回路基板、各種電子部品など、多くの製品に使用されているが、ムラ、シミ等の表面性状の異常検出については、現在、目視検査を中心に実施されている。このため、検査者の熟練度の違いや疲れなどによって検査結果がばらつき、これが製造メーカーと製品ユーザー間での品質に関するトラブルや過度の不良発生等の原因にもなっている。これらの問題を解消し、製品の信頼性を向上させるには、客観的検査基準を整備する必要がある。これは、目視検査者の負担軽減、育成にも貢献する。グローバル化に関しては、フレキシブルプリント回路基板（FPC）では、アジアを中心とした製品製造の海外シフトが進んでいる。ここで、日本人のきめ細かな感性に検査方法を適合させていくことによって、海外製品に対する日本製 FPC の品質優位性を確保できる。また、日本企業の FPC 調達に際して、粗悪品の排除も容易となる。我々は、これまでにマイスター型連携研究として、FPC 金めっき（金パッド）の光沢ムラ検査技術の開発に取り組み、光学的手法によるムラの自動検出および数値化技術を開発し、汎用性の高い小型検査装置を試作している。本検査法の標準化推進によって、検査装置としての需要拡大も期待でき、国内装置メーカーの競争力向上への貢献も期待できる。

本研究では、FPC 金めっき微細パッドに対応する外観検査法の業界規格化を早期に実現すると共に、種々の材質・製品のめっき表面に対応する外観検査法として段

階的に検査対象を拡大する。最終的には、種々の材質・製品に対応する外観検査法として、内容を段階的に拡大した規格化を行い、IEC 国際標準化提案を目指す。

平成25年度では、金めっき部位の微細化（サブ mm サイズ）と種々の不良モードに対応できるように、検査装置の光学系および画像処理系の改良を行った。本検査法の標準化については、関連の学会の中に官能検査自動化研究会を新たに設立し、WG としての活動を通じて業界規格化への提案を実施し、並行して国際標準化（IEC）提案の準備を進めた。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 プリント回路基板、金めっき、光沢ムラ、外観検査、標準化・規格化

【研究題目】 ダイヤモンドライクカーボン膜の密着性評価の標準化

【研究代表者】 大花 継頼
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 大花 継頼、間野 大樹
(常勤職員2名)

【研究内容】

ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜は低摩擦・耐摩耗特性に優れた硬質のアモルファス炭素膜であり、広く産業界に適応が始まっている。しかしながら、膜内に残留応力をもち、しばしば皮膜のはく離が問題になる。皮膜の基板への密着性は、自動車部品、情報機器部品、医療機器等の用途によらず実用性の面から極めて重要な特性である。従来、DLC 膜の密着性評価には、スクラッチ法やボールオンディスク摩擦試験法などの評価法が用いられているが、統一的な評価法は確立されていない。そこで、DLC 膜密着評価のための適切な評価法や評価条件について検討を行った。DLC 膜は製法等の違いによって多くの種類があることが知られているので、同一基板を用いて、代表的な3種類の皮膜を作成し、振動型摩擦摩耗試験機を用いて、ドライ環境下でステップ的に荷重を変化させながら摺動試験を行い、皮膜のはく離状況について検討した。皮膜がはく離する荷重にばらつきがみられることから、摩耗粉の噛みこみ等、さまざまな要因がはく離特性に影響を与えることが明らかとなり、ある一定のはく離荷重を規定することが適切ではないことから、統計的な手法によってはく離荷重の違いを検討した。さらに、得られた摩耗痕の観察から、はく離に至るプロセスについて検討を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 トライボロジー、皮膜、はく離、標準化、評価法

【研究題目】 パワーデバイス用セラミックス放熱基板の機械的特性試験方法の標準化

【研究代表者】 宮崎 広行

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】宮崎 広行、吉澤 友一、大司 達樹、
平尾 喜代司(常勤職員4名)

【研究内容】

本研究では、セラミックス放熱基板の機械特性として重要な「破壊靱性」と「破壊強度」を評価する手法の開発をする。どちらの測定法も、バルク材を対象とした評価手法は標準試験法が規格化されているが、現状では薄いセラミックス基板を測定することが困難であることから、薄いセラミックス基板に最適な試験法の検討を行う。

「破壊靱性」評価においては、薄板試験片の測定に有望である SEPB 試験法をもとに、薄板試験片においても測定できるように開発した手法のラウンドロビン試験を行い、試験実施の容易性と再現性の検証を進めている。また、作業がより容易な SEVNB 試験法についても検討を始めている。

「破壊強度」評価においては、きわめて薄いセラミックス基板でも精度良く測定可能な最適試験法の選択を行う。まずは現在主流の3点曲げ試験によるプレラウンドロビン試験により、問題点の洗い出しを行い、必要に応じて他の試験法の検討も行う。各測定法につきセラミックス放熱基板の製品に固有の反りなどに影響されにくく、簡便かつ再現性があるかを実験的に検証する。

国際標準化素案作成に向けて、素案における種々の規定のバックデータとなる基礎データの整備を精力的に進め、素案の骨格がほぼ定まった後に国際的なラウンドロビン試験による再現性の検証を行う。上記開発目標を達成し、国際標準提案の基礎となる2つの国際標準規格素案を作成し、最終的に ISO の当該専門委員会 (ISO/TC206「ファインセラミックス」)へ提案することを最終目標としている。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】セラミックス、放熱基板、機械特性、標準化、パワーデバイス、窒化ケイ素、強度、破壊靱性

【研究題目】エネルギーキャリアとしての水素貯蔵・
輸送技術

【研究代表者】辻村 拓

(再生可能エネルギー研究センター)

【研究担当者】古谷 博秀、辻村 拓、小島 宏一

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

産総研イノベーション推進戦略課題として実施。本プロジェクトでは、夜間や春秋等々のエネルギー需要に対して余剰となり得る再生可能エネルギーを化学変換し、エネルギーグリッド間、季節間の時空を超えた再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に係る技術の高度化を目指している。平成25年度には、福島再生可能エネルギー研究所へ水素製造・利用統合システムを設計製作し、実

証実験の準備を実施した。同システムは、変動する電力を用いた電気分解・水素製造、有機ハイドライド系のエネルギーキャリア製造とその大量貯蔵、ならびにエネルギーキャリアからの脱水素触媒を搭載した発電エンジンから成る。今後、同研究所内の太陽光発電、風力発電等のモニタリング結果をもとに、システムの実証評価を進めていく計画である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】再生可能エネルギー、エネルギーキャリア、水素、液体燃料、電力平準化、蓄電池

【研究題目】ICの偽造防止技術の開発

【研究代表者】吉田 学(フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】植村 聖、吉田 学

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

印刷技術による回路の物理特性を PUF (Physical Unclonable Function) に応用する手法を研究するとともに、PUF の基本回路を印刷技術によって実現するプリント PUF を開発し、将来のプリント RFID の実現に道筋をつける。

平成25年度は、印刷デバイス製造プロセス装置のセットアップを行い、印刷 PUF の製造指針の確立に向けて評価用リングオシレータ TEG を開発した。また、特性評価システムのセットアップを行い、TEG を用いて半導体・絶縁膜の特性評価を行った。CYTOP を用いた塗布絶縁膜は、ゲート・ソース電極間に50Vの電圧を印加した際の漏れ電流が 10^{-14} A オーダーであり、十分な絶縁特性を示した。塗布半導体として TIPS ペンタセンを用いた FET、インバータ、リングオシレータを作製しそれぞれの動作確認・特性評価を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】プリントエレクトロニクス、印刷金属配線、RFID タグ、有機エレクトロニクス

【研究題目】ICの偽造防止技術の開発

【研究代表者】堀 洋平(セキュリティシステム研究部門)

【研究担当者】堀 洋平、松井 俊浩、寶木 和夫、
古原 和邦、川村 信一、坂根 広史、
片下 敏宏、昌原 明植、金丸 正剛、
柳 永勲、大内 真一、大野 守史、
柳原 昌志、五十嵐 泰史、小池 帆平、
小笠原 泰弘、吉田 学、鎌田 俊英、
牛島 洋史、植村 聖、近松 真之
(常勤職員17名、他4名)

[研究内容]

IC（半導体集積回路）の設計・製造工程の複雑化・国際化や、リバースエンジニアリング技術の高度化に伴い、偽造 IC の流通が顕在化して深刻な問題となっている。IC の価値そのものに目をつけた偽造行為は IC ベンダ企業やユーザの金銭的損失をもたらし、2011年度の調査では被害額は15兆円に達すると報告された。また、現代において IC は重要インフラを支えるための必要不可欠な部品であり、粗悪な偽造 IC は国民の生命に関わる重大な被害をもたらす危険性がある。したがって、産業の利益と国民の生命・財産の保護のための偽造 IC の防止・検出技術の開発が急務である。

本研究では前述の問題を解決するため、セキュアシステム研究門、ナノエレクトロニクス研究部門およびフレキシブルエレクトロニクス研究センターが協力し、情報セキュリティ研究とデバイス研究を融合することで IC の偽造防止技術 Physically Unclonable Function (PUF) の研究を行う。それぞれの研究ユニットは、(1) PUF 構成・評価方式および利用技術開発、(2) 新型素子・物理設計技術による PUF 高性能化基礎研究、(3) PUF の低コスト製造と容易な利用を目指すプリンテッド PUF の基礎研究、を担当する。

今年度は、大量 PUF の評価環境の整備と、PUF の認証誤り率制御法に関する研究を行った。また、新型素子「三次元ポリシリコンチャネル FinFET」を用いた SRAM TEG の設計を行い作製プロセスを進めるとともに、ばらつきのレイアウト依存性評価用 TEG の解析を行った。さらに、有機半導体 PUF 製造用印刷デバイスの製造プロセス装置や印刷電子回路の特性評価システムのセットアップを進め、これらを用いて印刷・塗布によるテスト回路の作製と評価を行った。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] Physically Unclonable Function

(PUF)、偽造防止、ポリシリコン FinFET、ばらつきのレイアウト依存性、有機半導体プリンテッド PUF

[研究題目] データベースの秘匿検索技術の開発

[研究代表者] 花岡 悟一郎

(セキュアシステム研究部門)

[研究担当者] 花岡 悟一郎、松井 俊浩、寶木 和夫、渡邊 創、大岩 寛、縫田 光司、田中 哲、松田 隆宏、Zongyang Zhang、照屋 唯紀 (セキュアシステム研究部門) (常勤職員8名、他2名)、浅井 潔、清水 佳奈、広川 貴次、津田 宏治、浜田 道昭 (生命情報工学研究センター) (常勤職員4名(内1名は兼務)、他1名)、中村 良介、小島 功、中村 章人、

的野 晃整 (情報技術研究部門)

(常勤職員4名)

[研究内容]

科学技術の知識を集積したデータベース (DB) は、IT と他分野との融合が進む中で、急速にビジネス活用の機会を増大させている。しかし、ここにはジレンマが存在する。DB でビジネスをするためには、DB の内容を秘密にしておく必要があるが、その DB を使ってみようとする利用者は、自分の欲しいデータが記載されていることを確認しておきたい。試しの検索を許せば、利用者はそれだけで満足し、ビジネスが成立しない可能性がある。また、利用者の検索は、たとえば新機能物質の分子構造のような利用者の興味対象を露見することになり、DB の所有者に有利な情報を与えてしまいかねない。検索を秘密にするために、DB 全体を利用者に渡すことは極めて高価であり、契約が成立しない。これらを解決し、科学技術成果の集積と DB ビジネスの健全な発展を期するためには、利用者が自分の検索対象を秘匿にしたままデータ検索を行う技術の実現が急務である。そのような DB の典型例に、創薬において利用される化合物 DB がある。

この問題に対し、セキュアシステム研究部門、生命情報工学研究センター、情報技術研究部門は、昨年度 (平成24年度) 戦略予算研究により、化合物 DB に対するプライバシー保護検索技術の設計、プロトタイプ・試験実装作成およびその高速化、さらに、数学的安全性評価の大部分を終えている。具体的には、次の二つの特長的機能をもつデータ検索技術の研究開発を行ってきた：

- (i) 利用者の検索内容を DB 側が一切知ることができない。
- (ii) 利用者側は自分の検索内容と十分に関連するデータ項目の個数を知ることができるが、それ以外の情報は一切知ることができない。

本技術の実用化に向けた課題は、次の (1) ~ (3) となっている：

- (1) ユーザの実用的ニーズを考慮した機能拡張と、長期的なシステム運用に耐え得るより高い安全性レベルの実現
- (2) 実利用されている DB での性能実証と、より多様なデータベース形式・検索条件への対応・機能拡張
- (3) 上記の機能拡張を安全に実現するための基盤的理論の整備、広報活動、連携先獲得、ビジネスモデルの確立

上記の目標に関し、本年度までに以下のような進捗状況となっている。

[課題(1)に対する進捗]

- ・既に開発した試験実装 (80ビット安全性) に対し、新たに112ビット安全性、128ビット安全性、192ビット安全性、260ビット安全性への対応を可能とする機能を追加した。

- ・また、上記の試験実装に対し、上述した5種類の安全性レベルの可変的調整を可能とする機能を追加した。
- ・本技術の潜在的な導入先となる外部企業・機関に対するデモ実演を行い、化合物 DB の秘匿検索技術に対する実用的なニーズに関するヒアリングを実施した。また、そのニーズの一例として、データ項目の個数に加えてデータ自体も検索結果として返す（他の情報は一切漏らさない）化合物 DB 秘匿検索の機能拡張について検討し、基本プロトコルの設計を行った。

[課題(2)に対する進捗]

- ・上述の安全性の可変的調整機能が追加された実装に対し、性能評価を行い、十分実用的に動作することを確認した。
- ・導入先となりうる産総研内外の企業・機関との意見交換を実施し、DB 秘匿検索技術の機能拡張に関する実用的ニーズのヒアリングを行った。また、そのニーズの一例として、範囲検索に対応する秘匿検索技術の実現に向けて検討し、基本方式の設計および試験実装も行った。

[課題(3)に対する進捗]

- ・上記の機能拡張方式の設計と安全性解析に必要な基盤理論の整備を行った。特に、開発した化合物 DB 秘匿検索プロトコルの核となる楕円曲線暗号の実装の高速化の研究をはじめ、秘匿計算プロトコルの設計、暗号プロトコルの設計、ある条件下で達成可能な安全性の限界の解析、より高機能な準同型暗号技術の開発に関する研究を行い、査読付国際会議での発表および論文投稿を行った。
- ・約400人が参加したコンピュータセキュリティに関する国内有数の学会会議コンピュータセキュリティシンポジウム2013（CSS2013）において化合物 DB 秘匿検索技術のデモ実演を行い、優秀デモンストレーション賞を受賞した。また、産総研オープンラボなどを通じて、本研究成果の普及活動を行った。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 秘匿計算、ゼロ知識証明、データベース検索

[研究題目] TPEC 活用パワーエレクトロニクス研究

[研究代表者] 奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

[研究担当者] 奥村 元、福田 憲司、原田 信介、岡本 光央、岩室 憲幸、辻 崇、後藤 雅秀、俵 武志、坂井 隆夫（常勤職員5名、他24名）

[研究内容]

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減（省エネルギー化）に重要な技術として、SiC による超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器（インバータ）の実現がパワーエレクトロニ

クス産業界から期待されている。そのために、TPEC（Tsukuba Power Electronics Constellations）活用プロジェクトで富士電機アドバンステクノロジー株式会社、アルバック株式会社、住友電気工業株式会社、トヨタ自動車株式会社、新日本無線株式会社と連携して大容量 SiC-SBD/MOSFET の実用レベルでの量産技術の共同研究を行った。本プロジェクトでは、デバイス開発だけでなく、高温、高耐圧用の実装技術の開発も行っており、平成25年度は、パッケージ、モジュール試作用設備の導入および立ち上げを行い、応用側へパッケージ品、モジュール品の供給を開始した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] SiC、低損失デバイス、MOSFET、SBD、パワー半導体、量産技術

[研究題目] 地理空間情報メタデータおよび WEB 配信方式の国際標準策定

[研究代表者] 小島 功（情報技術研究部門）

[研究担当者] 小島 功（常勤職員1名）

[研究内容]

本研究は、国際標準化フォーラム組織 OGC（Open Geospatial Consortium）が策定する地理空間情報のメタデータ（データに関連する情報）の検索と Web 配信方式の標準規格に対し、ソフトウェアの実装や経済省の衛星データへの適用に基づき改善点を提案し、新たな仕様の策定（Catalog Service 3.0, CS3.0）に貢献するものである。OGC 標準は、ISO TC211（あるいは ISO/IEC JTC1など）へ持ち込まれてデジュール標準となり、最終的に JIS 化されるのが通例になっており、本研究成果も同様の展開が期待される。

3年計画の最終年度にあたる H25年度は、以下の研究開発を行った。

1) ソフトウェアの開発及び経産省衛星データへの適用：議論中の新仕様（CS3.0）に準拠した独自のカatalog検索サービス用ソフトウェア AIST-CSW の開発と改良を続けた。産総研が研究開発を行っている地球観測データのプラットフォーム GEO Grid 上で経済省の衛星メタデータの検索に使われ、衛星データ利用促進プラットフォームからの統合検索に用いられると共に、産総研が新たに構築した衛星データ Landsat-8の検索システムとして広く一般にサービス公開するなど高い実用性を実証した。利用者のフィードバックを得てインターフェイスを改良し、モバイルなど多様な機器からの利用を可能にするなど実用性の高いソフトウェアとして開発を完了した。

2) 仕様改善点の検討と規格提案等の標準化活動：引き続き分散処理やインターネット検索との連携の部分において仕様の改善点の検討を進めると共に、OGC のカatalogサービスのワーキンググループへの参加・発表を通して、本仕様に関わる問題の洗い出しや仕様の周知に

努めた。ワーキンググループでの仕様とりまとめ完成は26年度にずれ込んだが、1)で完成したソフトウェア実装の標準の互換性テストと合わせて年度中に行われる予定である。また、OGCの技術委員会そのものの日本誘致について東大および日立に協力し、H26年12月の開催が決定した。引き続き協力および支援を行う予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】地理空間情報、メタデータ、OGC

【研究題目】災害対応ロボットシステム開発

【研究代表者】横井 一仁 (知能システム研究部門)

【研究担当者】横井 一仁、加藤 晋、尹 祐根、山野辺 夏樹、森川 泰、尾暮 拓也、神村 明哉、金子 健二、中岡 慎一郎、阪野 貴彦、安達 弘典、大山 英明 (以上、知能システム研究部門)、鈴木 良一、浮辺 雅宏 (以上、計測フロンティア研究部門) (常勤職員14名)

【研究内容】

東京電力福島第一原子力発電所廃止措置に向けた作業に貢献するため、各種災害対応ロボットシステムに関する研究開発を行っている。

東京電力から提供された現場状況をもとに、遠隔操作で原子炉建屋内1階高所・狭隘部などの調査を行う「高所調査用ロボットシステム」を本田技術研究所 (以下、ホンダ) と共同で開発した。高所調査用ロボットは、高所作業台車 (産総研担当) に、調査用アームロボット (ホンダ担当) を搭載したものとなっている。原子炉建屋内は配管等により天井高の低い箇所もあるため、走行時には全高1.8m、全幅0.8m というコンパクトさを保ちつつ、調査時には最大到達高さ7.0m を実現している。高所調査用ロボットは、東京電力が運用しており、平成25年6月と7月に2号機の原子炉建屋一階の高所・狭隘部の調査を行い、最高4.3m の高さにおいて、放射線量・設備状況等のデータを取得した。当該調査で得られたデータは、東京電力福島第一原子力発電所廃炉の中で活用されている。

統合ロボット GUI ソフトウェア Choreonoid を用いて、災害対応ロボットのシミュレーションを円滑に行えるように、モデルデータの整備、計測データの統合処理、および Choreonoid の機能の改良を行った。また、計測したポイントクラウドデータと CAD データに基づくシミュレーションモデルと統合した環境を構築し、その中でのクローラ型ロボットの操作シミュレーションを実現可能とした。また、工業用内視鏡の送り出し装置に関して基本設計を進め、工業用内視鏡を送り出す機能と振る機能を備えたナックル部健全性調査装置プロトタイプを開発中である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】災害対応、東京電力福島第一原子力発電所廃止措置、高所調査用ロボットシステム

【研究題目】超ハイブリッド微粒子製造プロセスの工業技術確立と二酸化炭素霧化技術との融合

【研究代表者】川崎 慎一郎 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】川崎 慎一郎、藤井 達也 (常勤職員2名)

【研究内容】

原料として、すでにベーマイトやアルミナなどの粒子形態のもの、また水酸化アルミニウムなどの原料形態のものを用いて、東北大学のシーズである超臨界水雰囲気での有機修飾技術の実験的検討を行った。有機修飾材はモノカルボン酸9種類、ジカルボン酸7種類、不飽和カルボン酸であるオレイン酸などを用い、オートクレーブで有機修飾実験を行った。その結果、ゾルスタートの場合、粒子への有機修飾はされず、乾燥粒子スタートの場合はベーマイト、原料スタートの場合は水酸化アルミニウムが、良好に有機修飾されることが分かった。特にベーマイトは有機修飾材の分子量が小さいと得られる粒子が長軸方向に成長し、分子量が大きいと長軸方向への結晶成長が抑制されることが分かった。また、水酸化アルミニウムはオレイン酸で有機修飾した場合、塗料溶媒である NMP に良好に分散することが分かった。今後、産総研の連続装置を用いて連続合成実験を行う予定である。一方、BKJ製の有機溶媒中に均一に分散されたナノ粒子分散液を、ポリイミドワニス塗料に混合して成膜実験を行ったところ、粒子の沈澱、凝集なく均一な成膜を得た。また、成膜強度試験より、膜中の粒子濃度70%までは十分な強度を有することが分かった。この結果より、有機溶媒中に均一分散が可能なナノ粒子分散液を作成できれば、均一な膜は得られることが確認された。今後、連続合成及び塗料化の検討を行う。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界水、二酸化炭素、ナノ粒子

【研究題目】放射性セシウム廃棄物等の管理に関する安全性評価技術

【研究代表者】光畑 裕司 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】光畑 裕司、坂本 靖英、保高 徹生、川辺 能成、杉田 創、井本 由香利、宮崎 晋行、東野 晴行、石川 百合子 (常勤職員9名)

【研究内容】

本研究では、除染土壌等の放射性セシウム廃棄物の保管施設 (仮置き場) とその周辺環境における総合的な環境管理及びリスク評価の基盤情報整備・技術開発を行い、

中立的・公共的な立場による保管施設の設計・環境管理に関する基盤情報を整備・公開することを目的とする。

保管施設の下部地盤の性状評価ならびに施設周辺のモニタリングでは、福島県に代表的な土壌を対象とした非放射性セシウムを用いた吸着試験を実施し、セシウムの吸着特性に及ぼす土壌種の影響について明らかにするとともに、複数の吸着モデルを用いた検討を実施した。また、保管施設の下部地盤の圧密と透水性について実験的に評価した。さらに、福島県内の2自治体に設置された仮置き場周辺の河川水および仮置き場からの排水のセシウム濃度のモニタリングを実施した。これらを通じて、保管施設その周辺環境における環境リスク評価のためのパラメータを整備した。

放射性セシウムの土壌・地下水環境での拡散に関する数値解析モデルの構築では、保管施設より浸出したセシウムの土壌・地下水環境での拡散の評価が可能な数値解析モデルを構築した。放射性セシウムの河川での濃度変化を予測する数値解析モデルの構築では、人々の生活圏に対応した小流域レベル（10km×10km）での環境影響評価を目的として、表層および土壌・地下水を経由して河川へ移行した放射性セシウムについて、バックグラウンドの影響を考慮した時空間的な濃度変化の予測を可能とする数値解析モデルを構築した。また、福島県農業総合センターへの委託研究により、河川水を農業用水として利水した場合を想定し、植物への移行係数に基づく環境水-植物移行モデルを構築した。

構築された環境中でのセシウムの拡散に関する数値解析モデルを地圏環境リスク評価システム（GERAS）、安全科学研究部門が所有する水系暴露評価システム（AIST-SHANEL）に組み込み、放射性セシウムの土壌-地下水-河川-農地への移行に伴う環境影響評価を可能とする安全性評価統合システムとして整備した。セシウム濃度のモニタリング結果との比較によりシステムの信頼性を検証するとともに、複数のリスクシナリオに基づく環境影響評価を実施した。その結果、仮置き場の設置が周辺環境に及ぼす影響は小さく、環境中でのセシウムの拡散には、土壌等に沈着したセシウムの寄与が著しく大きいことを明らかにした。

【分野名】地質

【キーワード】放射性セシウム、保管施設、環境モニタリング、リスク管理

【研究題目】気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化

【研究代表者】榎原 研正（計測標準研究部門）

【研究担当者】櫻井 博、高畑 圭二（常勤職員3名）

【研究内容】

低濃度領域での粒子計数器の計数効率に対して、段階的希釈法による実験的評価を行い、結果を高濃度領域からの理論的外挿による推定結果と比較した。両者が不確

かさの範囲で一致することを確認した。また、微分型電気移動度分析器による粒径測定結果と比較して、動的光散乱法による結果が大きめ、原子間力顕微鏡法による高さ測定で小さめの結果が出る傾向を確認した。これらの原因の考察とその補正方法及び補正に付随する不確かさの評価方法の提案を行い、その手順書を作成した。さらにISO/TC 24/SC 4において、凝縮粒子計数器校正方法の規格（ISO 27891）のDISとしてのとりまとめにプロジェクトリーダーとして貢献するとともに、光散乱式粒子計数器の規格（ISO 21501-4）の定期改訂において、試験の不確かさの評価手順を日本から提案した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】エアロゾル、粒子、粒径分布、個数濃度、電気移動度分析器、凝縮粒子計数器、光散乱式粒子計数器、標準粒子

【研究題目】実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定

【研究代表者】石井 順太郎（計測標準研究部門、2014年1月より企画本部）

【研究担当者】石井 順太郎、山田 善郎、笹嶋 尚彦（常勤職員3名）

【研究内容】

ものづくりや研究開発の現場など測定窓の汚れや光路障害が問題となる現場で多く使用されている2色放射温度計は、トレーサビリティの確保や校正・評価の技術基準が十分確立されていない。そのため、2色放射温度計について、固有性能の評価技術の開発、および単色標準放射温度計等を参照標準とした校正技術の開発を行う。上記の成果を用いて、2色放射温度計の規格化・標準化の提案を目指す。

平成25年度は、産総研が主導して日本学術振興会温度計測分科会に設置した2色放射温度計ワーキンググループにおいて、2色放射温度計特有の用語の定義やその評価方法を議論し、標準化原案を作成した。すなわち、2色放射温度計の視野の定義とその評価方法を新たに提案し、産総研において評価方法の検証を行った。また、2色放射温度計の応答時間等の技術的課題の検討と新たな定義を行った。以上より、2色放射温度計の標準化文書を作る上で問題となる技術的課題についての議論は終了し、標準化文書の前案を作成した。

一方、2色放射温度計の校正技術として、高温定点をを使用した定点校正法の検証を行った。Ru-C 共晶点、Co-C 共晶点、Cu 点を2色放射温度計で測定し、単色放射温度計の校正に使用されている特性式を2色放射温度計に初めて適用し、評価した。その結果、ウィーン型の特性式が2色放射温度計の校正に使用できる可能性が高いことを実証した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】放射温度計、2色温度計、標準化、評価、

校正

〔研究題目〕高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化

〔研究代表者〕衣笠 晋一（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕衣笠 晋一、高橋 かより、松山 重倫、厚見 英里（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

MALDI-TOFMS（マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析）法は、合成高分子やタンパク質の構造解析手法として多用されてきた。本研究ではこれを定量的な手法として用いるために必要な基礎情報と検討を行い、それに基づいた共同測定の実施と測定規格素案の提案を行うことを目的とする。対象としては末端基の異なるポリエチレングリコール（PEG）誘導体の混合物を選び、MALDI スペクトルの面積比から質量混合比の推定が可能かどうかのポイントとなる。

平成24年度に行ったプレ共同測定にもとづきプロトコルを作成し、VAMAS TWA28のプロジェクトの一環として国際共同測定を実施した（参加機関数は18）。まず、平均分子量が約2000の PEG、PEG モノメチルエーテル、及び PEG ジメチルエーテル（PEG-dMe）の各単体試料3種、質量混合比が1:1の2成分混合試料3種、及び同比が1:1:1の3成分混合試料1種を産総研から配布した。次に、各参加機関が報告したピーク面積値を用いて単体試料の数平均分子量と混合試料の見かけの質量比を算出した。これらの量について並行精度、室間再現精度、偏りなどの評価を開始した。また、次年度以降の新規提案のために定量 MALDI-TOFMS の ISO 規格作業案を作成した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕MALDI-TOFMS、定量分析、共同測定、ISO 規格

〔研究題目〕JIS B7556気体用流量計の校正方法及び試験方法の改正

〔研究代表者〕森岡 敏博（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕森岡 敏博、寺尾 吉哉、石橋 雅裕、船木 達也（常勤職員4名）

〔研究内容〕

現行の気体用流量計に関する規格である JIS B 7556「気体用流量計の校正方法及び試験方法」について、流量測定におけるユーザの規格利用の向上のため、2011年に改正された類似規格である JIS B 7552「液体用流量計の校正方法及び試験方法」と整合性が取れる原案改正を目的とした。メーカーを交えた原案作成分科会を6回開催し、改正内容について議論し、器差試験に関する記述の復活、校正条件規定の絞り込み、不確かさ評価の簡略化などを内容とする改正素案を作成した。さらに、ユーザを含めた原案作成委員会を開催、最終原案を作成し

た。この原案に基づく改正版が平成26年度中に発行される予定である。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕気体流量、規格化、JIS、不確かさ、校正、トレーサビリティ

〔研究題目〕Standard for Rectangular Metallic Waveguides and Their Interfaces for Frequencies of 110 GHz and Above (110 GHz 以上の方角導波管およびインターフェースの標準化)

〔研究代表者〕堀部 雅弘（計測標準研究部門）

〔研究内容〕

昨今、110 GHz を超える通信・センシング等の研究開発において、導波管のベクトルネットワークアナライザが多用されているが、110 GHz 以上の周波数では、接続部（フランジ、インターフェース）の規格がなく、デファクトスタンダードあるいは、それらを改良したフランジが氾濫している。また、テラヘルツ領域では、既存フランジでも高精度接続を自治減で着ないことから、新たな構造のフランジの開発・実証と標準化が必要となっている。

新たなフランジ構造を考案し、1 THz を超える周波数で接続の再現性を実証した。既存のフランジでは、接続の繰り返しにより特性のばらつきが0.15程度であったものが、開発したフランジでは0.01程度以下を実現している。

そして、あらたな国際標準化プロジェクトとして提案する意向を IECTC46/SC46F の国際会議で伝え、了承された。これを受け、次年度の NP 提案の準備のため、既存企画の調査、国内委員会の立ち上げを行った。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕導波管フランジ、接続再現性、国際標準化、テラヘルツ、ミリ波、サブミリ波

〔研究題目〕ナノ材料の特性評価手法に関連した標準化

〔研究代表者〕水野 耕平（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕阿部 修治、竹歳 尚之、藤本 俊幸（常勤職員3名）

〔研究内容〕

ナノ粒子の粒子径測定は、各国で法規制の準備が進められる中、重要性を増している。しかし高価な装置や使用者の高度な熟練を要するものが多く、より低コストな方法を望む声は大きい。本研究ではナノ粒子の比表面積測定より計算される実効的な粒子径と電子顕微鏡観察等により測定される粒子径との対応関係を調査し、比表面積測定による簡便な粒子径決定法の規格化を検討する。本年度は代表的なナノ粒子を選んで入手し、吸着等温線の測定と比表面積の評価を行った。また、測定法の原理、

長所と短所、他の測定法で得られる粒子径分布との関係などを調査し、ISO/TC229/JWG2/SG on Tiered Approach 会合で発表した。

また、ナノテクの社会受容の促進を図るため ISO/IEC のナノテク用語規格 TS 80004のうち、Part 1: Core terms に対応する JIS/TS 原案の作成・提案および Part 3: Carbon nano-objects の定期見直しに対応する。前者は ISO/TC229/JWG1における改定作業に協力した。ただし、作業は全体的に遅れ、TC229委員会投票は2014年に持ち越されることになった。後者については定期見直し投票（5ヶ月間）が2013年10月に開始されたため、国内の意見募集を始めた。2014年3月までに日本としての改訂意見を取りまとめる。改訂作業に入るのは来年度となる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】ナノテクノロジー、ISO、ナノ粒子、比表面積、JIS、ナノ物体、用語

【研究題目】遠心加速度校正に関する標準化研究

【研究代表者】大田 明博（計測標準研究部門）

【研究担当者】大田 明博、野里 英明、穀山 渉（常勤職員3名）

【研究内容】

自動車の衝突安全性能試験に使用されるひずみゲージ式加速度計の計測信頼性を確保するために、日本で従来まで広く利用されてきた ISO 5347-7遠心加速度校正法の廃案が審議され、反対を唱える日本に対して不確かさを含めた規格改訂案の提案が要求されている。日本としては、衝撃加速度校正を主とする欧州をはじめとした諸外国勢を説得するために、遠心加速度校正に関する不確かさ評価、及び、衝撃加速度校正と遠心加速度校正との整合性検証を行い、それら結果を反映した規格改訂案を作成することが必要とされる。

本研究では、遠心加速度校正装置の民間製造事業者、そのユーザである民間事業者（自動車業界）、衝撃加速度校正装置を所有する産総研が協力して、遠心加速度校正と衝撃加速度校正の整合性検証のためのラウンドロビンテストと遠心加速度校正の不確かさ評価を行い、その結果をとりまとめ、規格改訂案に反映させる。

平成25年度は、ラウンドロビンテストで使用する加速度計選定のための事前評価を行い、ラウンドロビンテストのテクニカルプロトコルを作成した。さらに参加機関との間でラウンドロビンテストを実施し、全参加機関の校正結果が整合することを確認した。

2013年に行われた ISO/TC108/SC3会議において、日本から ISO 5347-7の規格改定が提案され、ISO 16063-17として改定することが決定された。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】遠心加速度、衝撃加速度、ISO 5347-7、ラウンドロビンテスト、不確かさ評価

【研究題目】水中ふっ素化合物の定量のための流れ分析法

【研究代表者】宮崎 章（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】宮崎 章、中里 哲也、田尾 博明（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

平成21年3月に、JIS K 0170-6流れ分析法による水質試験方法 第6部：ふっ素化合物が制定された。この JIS 規格は、流れ分析法を用いた水中のふっ素をランタンアリザリン錯体として発色させて吸光度法で測定するものである。ISO 規格としては、同じ試薬を用いた手分析による方法で水中ふっ素を定量する方法の規格があるが、流れ分析法による規格は無い。流れ分析法は手分析よりも簡便・迅速な分析法であるため、我々は JIS K 0170-6に基づいた方法を ISO 規格とするために、ISO TC147 に NWIP（新業務提案項目）として提案し承認された。JIS K 0170-6では、FIA（フローインジェクション法）と CFA（連続流れ分析法）は一つの JIS 規格であったが、平成24年6月の ISO TC147の総会にて、FIA と CFA の二つの規格案とすることと、CFA には吸光度法の他に Annex（付属文書）としてイオン選択性電極を検出器とする方法も付け加えることが決定された。今年度は、この決定内容に基づき WD（作業原案）を作成し事務局に提出したところ、P メンバー（投票権のある国の機関）の承認を得ることが出来た。その後、その承認内容を基に CD（委員会原案）を作成し提出したところ承認を得られたため、DIS（国際規格案）を作成し事務局に提出した。また、本 ISO 規格の成立のためには Intercontinental Laboratory Trial（国際実験室共同試験）が必要なため、共同試験の実施に向けて試験者の調整や試験試料の調製などの準備を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水質分析法、ふっ素化合物、標準化、ISO

【研究題目】全有機炭素測定法による光触媒材料の水質浄化性能評価試験法の開発（イノベーション推進本部）

【研究代表者】平川 力（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】平川 力、竹内 浩士（評価部）、西本 千郁（常勤職員1名）

【研究内容】

全有機炭素測定法を用いた水質浄化用光触媒および応用材料の光触媒の性能を評価する試験方法を開発するために、反応試験容器を試作した。試作した反応試験容器を用いて、試験条件を厳密に決定するために必要な主要パラメーターを変化させ、本試験を実施するに必要なかつ十分な条件を決定した。反応試験容器に接続するサンプリングポートを試作し、試験実施中の水温の制御とともに反応溶液の適切な管理を行えるようにシステムを構築

した。また、全有機炭素測定機器の操作手順および測定方法を1つに選定した。上記の試験条件を基に、試験に用いる反応溶液の総量を TOC 計測を考慮して決定した。その他、本試験に必要な器具、試験装置構成、薬品、試験条件を決定し、水質浄化用光触媒の活性を評価する試験手順について取りまとめた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、全有機炭素、水質浄化、活性評価方法

【研究題目】化学物質フィジカルハザードに関する TDG/GHS 国連試験法の標準化

【研究代表者】松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】松永 猛裕、薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢（常勤職員4名）

【研究内容】

化学物質の国際的な危険分類には国連が勧告する試験法（TDG/GHS）が用いられている。この中で、発熱分解エネルギーの量により、クラス1（火薬類）の試験法を行わなくて良いとするスクリーニング試験の標準化を検討している。今年度までに断熱熱量計では十分な信頼性が得られないことを実証した。また、示差走査熱量計（DSC）において問題となる試料量、加熱条件、容器材質についての詳細検討を行った。これらの成果は国連の危険物輸送専門家委員会において日本側改正案を提出し、承認された。また、国内においては JIS 原案を作成し、平成26年1月に JIS 4834:2013として発行された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】危険物、爆発性物質、火薬類、発熱分解、熱量計、標準

【研究題目】再生可能エネルギー導入拡大に向けた最適技術導入シナリオ推計手法の開発

【研究代表者】工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】工藤 祐揮、玄地 裕、田原 聖隆、本田 智則、村田 晃伸、益田 泰輔、村松 良二、高田 亜佐子、藤井 千陽、紀平 茂雄、横田 真輝、宮本 銀一（常勤職員6名、他6名）

【研究内容】

わが国では再生可能エネルギー（再エネ）利用拡大への期待が今まで以上に高まっているが、再エネの安定的利用のためには電力需給調整力が同時に必要であり、またそれに伴う消費行動の変化も生じうる。そのため、再エネ導入拡大に向け、再エネ技術をエネルギーシステム全体の最適技術構成の観点から評価するため、(1)再生可能エネルギー発電の導入ポテンシャル評価および、(2)エネルギー技術データベース・需要シナリオ構築を行った。

(1)のためには、電力システムの規模、電源構成、可制御需要機器の普及度、出力変動の大きさ、等さまざまな要因の影響を考慮しなければならない。これらの要因を考慮したエネルギーシステム分析を行うためには、太陽光発電などの1時間単位の出力変化を電力システム規模の地域単位でモデル化する必要がある。そのため、電力需要等の変化を1時間単位で表現できるように拡張された我が国のエネルギーシステムモデル MARKAL を用いて、全国レベルで太陽光発電の1時間単位の出力変化をモデル化し、2050年までの期間を対象として、太陽光発電が大量導入された電力システムの最適電源構成と、それに対応した電気自動車の充電パターンの最適化を分析した。その結果、充電パターンの最適化により電気自動車の導入が促進されることを見いだした。また、MARKAL モデルのいっそうの機能強化に取り組み、時間的には3季節（夏、冬、春秋）、3日類型（平日、休日、特異日）、1日24時間の分解能と、地域的には全国を10地域に分割した多地域 MARKAL モデルのソースコードとデータベースを開発した。

(2)では、(1)で開発した多地域 MARKAL モデルの入力値となる、ライフサイクルの視点からのエネルギー技術の効率・環境性能データ整備と、消費者行動分析に基づくエネルギー需要シナリオを構築した。具体的には、再生可能エネルギー電源大量導入時に必要となる調整力として有望視されるヒートポンプ式給湯器・電気自動車について、それらの製造から廃棄に至るライフサイクル全体での CO₂排出量を算出し、従来型給湯器およびガソリン自動車と比較することで環境面での優位性を検証した。いずれも使用段階からの CO₂排出量がライフサイクル全体に占める割合が高いため、使用条件の違いによる CO₂排出量の差、あるいは調整力として利用できる時間帯を詳細に検討できるように、住宅でのエネルギー計測や道路交通センサスデータを用いて推計した時間帯別給湯・交通需要に基づいたエネルギー需要シナリオを構築した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】再生可能エネルギー、導入ポテンシャル、エネルギーシステムモデル、ライフサイクルアセスメント

【研究題目】産総研物質・材料データベースポータルサイトの整備

【研究代表者】松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】松永 猛裕、薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢（常勤職員4名）

【研究内容】

RIO-DB「化学物質の爆発安全情報データベース」は世界的にも例が少ない化学物質の爆発危険性を情報発信するものである。今年度から、「分散型熱物性データベース」と「有機化合物のスペクトルデータベース

(SDBS)」と統合し、一つの総合的なデータベースとして運用できるような作業を開始した。このために、トップページを全面的に更新した。また、各データベースの構造を見直し、データも追加し続けている。平成25年秋より、外部クラウドへの移行を開始し、8割程度のコンテンツを移行した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】爆発、データベース、物性、危険物、情報、標準

【研究題目】除染のあり方を考えるための放射性物質汚染のリスク管理に関する研究

【研究代表者】内藤 航 (安全科学研究部門)
保高 徹生(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】保高 徹生(地圏資源環境研究部門)、
小野 恭子、岸本 充生、東野 晴行、
内藤 航、八十田 英市、上坂 元紀、
山田 千恵 (安全科学研究部門)
(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

福島県で進められている除染には膨大な予算が必要であるが、どこにどれくらいの費用がかかるのか、その線量低減効果はどの程度かといった、適正な除染のあり方の検討に必要な除染の費用と効果の関係について、俯瞰的に解析した報告はなかった。そこで、福島における今後の除染方針に関する議論の土台となる情報の提供や除染等放射性物質の適正なリスク管理・対策に資する政策的な提案を行うことを目的とした問題解決指向の評価研究を開始した。さらに、放射性物質のリスク管理の意思決定において、その重要性が改めて浮き彫りになった外部被ばく線量の現実的な評価とその推定手法の開発を産総研が開発に携わった小型個人線量計 (D-シャトル) を活用して実施した。GIS 活用して除染の効果と費用の関係を解析した結果、除染特別地域の除染費用は1兆円超と推定され、そのうち汚染土壌などの保管費用が60%以上になると予想された。除染特別地域と除染実施区域 (福島県内) の総除染費用は最大5兆円程度になると推定された。D-シャトルを活用して約30人の福島在住の住民を対象に個人の被ばく線量の計測をした結果、個人の被ばく線量の測定値は、政府の推定値 (特措法推定) の30%程度であった。中通り地区の農業者を対象に調査したところ、個人の被ばく線量率は屋外で作業している時間帯が高いが、積算線量への寄与率で見ると自宅にいるときの寄与が半分程度あることがわかった。場所ごとに個人線量と空間線量の比を算出した結果、場所ごとに違いがみられた。さらに、避難している人々が除染後に帰還する場合、帰還意志を左右する因子を明確化するため、全国の居住者を対象としたオンラインアンケートを実施した。その結果、発がんリスク情報と被ばく量情報という提示方法によって帰還意志が異なり、リスク

認知の因子の一つの「破滅因子」の大小が、被ばく線量の大きさそのものよりも帰還意志に影響を及ぼすことがわかった。成果の一部を産総研のホームページで公表し、成果の普及のためのワークショップを行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】福島、放射線、除染、個人被ばく、リスク認知

【研究題目】研究情報公開データベースの強化事業 (セラミックカラーデータベース)

【研究代表者】杉山 豊彦
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】杉山 豊彦、大橋 優喜、楠本 慶二
(常勤職員3名、他8名)

【研究内容】

産総研が保管する30数万点の釉薬テストピースについてデータベースを構築しインターネット上に一般公開してきた。釉薬テストピースは90年以上の陶磁器研究の過程において作成された高水準の研究成果と実験過程が見える形で残された貴重な資料である。データベースは公開後10数年を経て、セラミックスの研究プロジェクトなど産業界に有効利用され、更にセラミックス以外の分野からの利用も発生している。これまでの公開版データベースは構築開始当初の利用者側のコンピュータ性能等を考慮してデータ数や情報量の制限を行ってきたが、近年の一般的なインターネット環境では多くの情報量の提供や高度な検索機能が容易となっている。膨大な資料の情報を提供することにより、データベースの利用価値を質的に向上させることを目指して、データベースの再構築を開始した。研究所内部に蓄積した未公開のデータについて正誤再確認を実施した。また、データ項目の新設、検索機能の拡充、データベースシステムの改良などを検討し、膨大な数のデータを一般公開するための整備を行った。再構築後のデータベースは物質材料データバンクに属し他のデータベースとの連携を実施するため API 等の設計と対象データの整備、今後の改良の検討を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造、情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】セラミックス、陶磁器、釉薬、発色、データベース

【研究題目】研究情報の公開データベース化事業 (RIO-DB)

(セラミックカラーデータベース)

【研究代表者】杉山 豊彦
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】杉山 豊彦、大橋 優喜、楠本 慶二
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

産総研に30数万点の釉薬テストピースが保管されている。それらのテストピースは陶磁器試験所以来の90年以上の陶磁器研究の過程において作成され、研究過程とその結果が見える形で残された貴重な資料である。この資料から研究情報を抽出し体系的に整理して、産業や新規研究開発に有効活用することを目的としてデータベース構築を行う。平成25年度は、データ作成を継続して行い、一般に公開するセラミックカラーデータベース用の新規データを準備した。また、データベースのデータ項目構成、データベース構築システムの改良、データベースの今後の展開などについて検討を開始した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、陶磁器、釉薬、発色、データベース

【研究題目】 構造部材への機能性表面創成技術の研究

【研究代表者】 穂積 篤

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 穂積 篤、浦田 千尋

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

はつ油処理は、指紋付着防止、フラックス這い上がり防止、包装容器の油残り防止等、幅広い産業分野で実施されている。一般にはつ油処理は、テフロン®に代表される有機フッ素化合物（低表面エネルギー材料）の使用に依存しており、本用途に向けた多種多様な有機フッ素化合物が開発されてきた。しかしながら、近年、有機フッ素化合物の製造に必要な原料（蛍石）の価格高騰や、長鎖パーフルオロアルキル含油有機フッ素化合物の人体・環境への悪影響が懸念されており、本物質群に対する規制も年々厳しくなっている。このような現状を受けて本研究の担当者は、これまで、表面分子の駆動性を上げることで、表面の動的な濡れ性（滑液性）を向上させることを試みてきた。平成25年度は、開発したハイブリッド皮膜の優れたはつ液メカニズムを調査するため、皮膜最表面（固/気および固/液界面）に存在するアルキル鎖の構造を和周波分光法（Sum-Frequency Generation Spectroscopy, SFG）により調査した。

SFG スペクトルより、ハイブリッド皮膜表面のアルキル鎖は、周囲の環境（気体および液体の極性）に合わせて、その配座を変化させていることが分かった。アルキル鎖と親和性の高い液滴（極性小、アルカン等）が表面に存在すると、アルキル鎖配座の秩序性が向上し、親和性の低い液滴（極性大、水等）はアルキル鎖の秩序性を低下することがわかった。このような局所的な配座の変化により、極性の低い液体ほど、ハイブリッド皮膜表面を滑落しやすいことが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 耐熱性、はつ油性、滑油性、ハイブリッド、動的濡れ性

【研究題目】 大面積調光ミラー薄膜の作製に関する研究（カタパルト H25）

【研究代表者】 吉村 和記

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 吉村 和記、桑 正市（中部産学官連携センター）（常勤職員2名）

【研究内容】

透明な状態と鏡の状態がスイッチングできる調光ミラーガラスは、冷房負荷を大幅に低減できる省エネルギーガラスとして期待されている。有望な応用先の一つとして自動車があるが、実際に自動車に使用することが可能かどうかを検証するため、大型のデモ用調光ミラーシートの試作を行った。

ターゲットの構造などを最適化することで、良好なスイッチングを示す、A1サイズの調光ミラーシートの作製に成功した。また、産総研において、B4サイズの調光ミラー薄膜の作製が自由に行えるようにするため、大型スパッタ装置用チャンバの製作も行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 調光ミラー、ガスクロミック、省エネルギー、スパッタリング

【研究題目】 回転軸ぶれ検出機能を有するインテリジェント・ロータリエンコーダの性能評価法の確立

【研究代表者】 渡部 司（計測標準研究部門）

【研究担当者】 渡部 司、近藤 余範、佐藤 理、藤本 弘之、権太 聡、高辻 利之（常勤職員6名）

【研究内容】

近年、産総研「特許」の技術移転として、角度誤差を検出できる自己校正機能付ロータリエンコーダ（SelfA）に、新たな特許として回転軸ぶれ検出機能が付加された SelfA+が開発された。しかし新しい原理であることから評価技術が十分に発展しておらず、中小企業が海外進出・展開するにあたって障害となっている。そこで、このインテリジェント・エンコーダの中小企業による海外販売の促進を後押しするために、SelfA+の軸ぶれ検出機能を定量的に評価する技術を確立し、回転機器の安心安全、高寿命化に貢献できる基盤技術を確立する。

「軸ぶれ性能評価装置」を用いて SelfA+の軸ぶれ検出精度の評価を行った。3種類（23 cm、11.5 cm、7 cm）の目盛盤の直径が異なる SelfA+で評価実験を行った結果、「軸ぶれ性能評価装置」が発生させた数マイクロメートルの軸ぶれを、どの SelfA+とも100 nm 以下の精度で検出していることがわかった。産業機器が発生する軸ぶれ量は概ね100 nm 以上である。SelfA+の検出精度はその要求に比べられる100 nm 以下である事が実証された。工作機械等の製品評価等に必要な精度に十分達

している事がわかった。

〔分 野 名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 長さ計測、角度、位置決め精度、計測技術

〔研究 題目〕 高圧液体漏れ検査装置の開発

〔研究代表者〕 吉田 肇（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 吉田 肇（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

エネルギー、航空・宇宙、自動車等の産業では、エネルギー高効率化のため超高压機器が使用されはじめている。これらの機器では製造時の品質管理で高压を加えての漏れ検査が必須であるが、従来のヘリウムガスによる漏れ検査は、安全性・コスト等の点から量産に適用できない。提案研究では検査媒体にヘリウムガスに替えて液体を使用することで、安全・低コストで量産に適用できる世界初の高圧部品の定量漏れ検査装置を開発する。産総研は、標準コンダクタンスエレメントを用いて、液体蒸気リークディテクターを校正するための液体標準リークの開発を担当する。

今年度は、外部資金獲得に向けた基礎実験、提案書作成のための打ち合わせ、ニーズ調査、アドバイザーの依頼などを実施した。これら成果に基づき、次年度には、中小企業2社、大学、産総研の4者で、外部資金に応募することで合意した。アドバイザーとして公的研究機関、大企業、中堅企業合計4者に協力頂けることになった。

〔分 野 名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 真空、計測、分圧、高压、水素、ガス放出、リーク、校正

〔研究 題目〕 高電圧直流給電対応スマートモニタリングシステム（DC-Smart Energy Monitoring System (SEMS)）の開発

〔研究代表者〕 堂前 篤志（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 堂前 篤志、金子 晋久
（常勤職員2名）

〔研究 内容〕

データセンター等における電力消費量が著しく増加しており、それを削減するための大きな手立てとして情報通信機器への直流による電力供給（直流給電）が進められている。直流給電の導入に加えて、効率的な機器運用や空調負荷の削減など、総合的な電力マネジメントを行うことにより、より一層の電力消費量削減が可能になる。電力マネジメントではまず電力消費の動向を正確に把握することが重要であり、そのためには直流給電に対応した消費電力のモニタリング装置が必要となる。本研究では、このような背景に基づき、中小企業と共同で、高電圧（380 V）における直流給電に対応した電力モニタリング装置「DC-Smart Energy Monitoring System (DC-SEMS)」の開発に取り組んでいる。

電力計測の信頼性を確保するには、計測用センサの定期的な校正作業が必要である。しかしながら、その際、これまでの計測用センサでは電力供給を一時的に停止し、センサを取り外して校正する必要があった。本年度、電力供給を停止せずに校正作業を行える新たな機構を備えた計測用センサを開発した。また、高電圧測定に必要な分圧器を、簡便に校正可能なシステムの開発および評価を行った。

〔分 野 名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 直流電力、直流給電、電力モニタリング、見える化、高信頼化

〔研究 題目〕 熱エネルギーを自在に操るための材料開発

〔研究代表者〕 山田 修史（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 山田 修史、山下 雄一郎、馬場 哲也
（常勤職員2名、他1名）

〔研究 内容〕

各種ハンドブック、書籍、学術論文、製品カタログ等を対象に断熱材料、蓄熱材料、熱電材料の熱物性データの現状を調査し、未利用熱エネルギー関連材料用熱物性データベース構築に向けた情報整備を実施した。

熱物性分野ではデータ収録数が豊富な CINDAS LLC. のデータベース TPMD の収録データへのアクセスを実現した。本調査研究において、TPMD に収録された熱物性データのインデックスファイルを入手し、産業技術総合研究所の分散型熱物性データベースシステムと連携して検索と閲覧を実現するためのユーザーインターフェースの検討を開始した。

国内外の書籍・ハンドブックについて、未利用エネルギー関連材料の熱物性データとの関連について調査した。1960年～2013年の期間にて出版されたもの対象とし、93の書籍を候補書籍としてリスト化した。

科学技術論文を対象に、熱電材料の熱物性データ収録に関する調査を行った。書籍「熱電変換材料」に掲載された論文180報の引用・被引用関係から10,650報の収録候補論文をリスト化し、これらに対して、アブストラクトやタイトルから熱物性データの収録有無を推定するアルゴリズムを構築し、その有効性を確認した。

〔分 野 名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 未利用熱、エネルギー、データベース、熱物性、材料物性

〔研究 題目〕 農産物の品質の現場評価装置開発

〔研究代表者〕 堀部 雅弘（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 悠人（常勤職員1名）

〔研究 内容〕

穀物とりわけ米の水分量は、収穫時期や品質を評価するうえで重要なパラメータであるが、既存の方法では、破壊検査や抜き取りによるサンプル評価である。また、

高精度な評価方法である乾燥法では、1日以上時間がかかり、現場での評価には向かない。そして、上記のどの方法でも多量の米について、全数を評価することは不可能であり、評価したサンプルの結果が全体の水分量を表すものか疑問も残る。また、非接触で非破壊の観点から、電磁波を用いた水分量測定が注目され、過去からさまざまな期間で研究されてきた。しかし、水分量を評価するために、評価対象である米を容器に入れ、さらにその充填率が既知である必要があった。そのため、実用上、サンプル評価となり、また、充填率のばらつきが評価結果の精度に影響を及ぼしていた。

今回開発した方法は、米を容器に充填する必要もなく、そのため、充填率には依存しない方法である。そして、製造ラインを流れる米について、動的評価が可能である。原理としては、これまでの誘電率測定に帰着せず、平面回路を伝播する電磁波の振幅と位相を評価し、米が平面回路上に存在するとき、その米の量に応じて振幅と位相が変化する。その振幅と位相の関係は、水分量で決まる。よって、振幅と位相変化の割合を測定することで、水分量を決定することができる。実際に、米の水分量が10%～20%程度において、±3%程度での評価を実現した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】水分含有量、マイクロ波、減衰量、位相量、非破壊、充填率

【研究題目】農薬残留分析の信頼性向上のための技能試験

【研究代表者】鎗田 孝（計測標準研究部門）

【研究担当者】鎗田 孝、大竹 貴光、沼田 雅彦、高津 章子、青柳 嘉枝
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

玄米中の残留農薬を対象とした技能試験を実施した。技能試験には、食品メーカー、農産物生産者団体、委託分析所等58機関が参加登録した。試験試料として、農薬が残留した玄米から粉末試料を調製した。参加機関は、この試料中の3種類の農薬を分析した。参加機関から報告された分析結果から付与値を算出し、これを基に各参加機関の技量を評価した。また、産総研においても同位体希釈質量分析法を用いて農薬を分析し、その結果を用いた技量評価も行った。

以上の結果を報告書にまとめ、参加機関に配布した。さらに、参加機関を対象としたセミナーを開催し、技能試験の総括を行うとともに、本技能試験を通して得られた分析上の改善点に関する知見等を報告した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】残留農薬分析、農薬、技能試験、玄米、同位体希釈質量分析法

【研究題目】物質・材料データバンク

【研究代表者】馬場 哲也（計測標準研究部門）

【研究担当者】馬場 哲也、齋藤 剛、渡邊 宏、衣笠 晋一、浅井 こずえ、小野 千里、滝澤 祐子、鍋島 真美、山下 雄一郎、高澤 眞紀子、須田 幸子
（常勤職員4名、他7名）

【研究内容】

物質・材料データバンク構想の下、複数のデータベースが参画し、それらデータベースを横断的に利用できるポータルサイトの整備を目的とし、SDBS および分散型熱物性データベースに設置した検索用 WebAPI の運用を開始するとともに、物質材料名、化学式、分子量、構成元素とその数、特定の物理量を検索対象として、参画データベース中に収録された化学物質および材料を検索する機能を実現した。

また、ポータルサイトに付随する材料情報の基盤的データベースについて、データ整備を開始した。原子量はIUPAC が推奨する値を整備するとともに、化学式から構成元素とその数をカウントする VBA プログラムを作成し、原子量と構成元素の情報から分子量を作成するなど、化学物質情報の整備を進めた。

参画データベースの中で最もアクセスの多い有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）については、質量分析（MS）206件、赤外分光（IR）502件、H-1核磁気共鳴（NMR）128件と C-13 NMR 128件のスペクトルを独自に測定、評価した上で公開した。類似した化学構造を持つ化合物ページへ簡易に遷移できる新機能「SDBS 構造式 Web」を作成、公開するとともに、新機能の設計・作成に関するアイデアおよび技術的内容をまとめて研究発表した。公開している SDBS へは1日平均14万回のアクセスがあり、年間で約400万スペクトルがダウンロードされた。ユーザからのコメントへの対応を適宜行った。

SDBS に次いでアクセスの多い熱物性データベースにおいては、文献調査により炭化ホウ素のバルク材や金属単体の蒸気圧を主とする約70件の熱物性データを新規に整備した。さらに公共データとして2次利用を促すために、個々の物性データにたいするライセンスを明記できるよう、データベース構造およびシステムを拡張した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】物質・材料ポータルサイト、横断検索、データベース、知的基盤、熱物性、有機化合物、スペクトル、元素、周期律表、原子量

【研究題目】物質・材料データバンクの高度化

【研究代表者】馬場 哲也（計測標準研究部門）
【研究担当者】馬場 哲也、山下 雄一郎
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

物質・材料データバンクを構成する複数のデータベースにおける量の記述方式を統一化して横断的な検索と表示を実現するために、ポータルマルチスレッド対応、国際単位系（SI）とそれに対応する量の体系を記述するオントロジーの開発、元素組成比による物質・材料データの表示・検索機能の開発を行った。

・ポータルマルチスレッド対応

物質・材料データバンクにおける参画データベースに対する横断検索機能のユーザビリティ向上を目的に、並列かつ非同期で検索リクエストの送信と構造化データ（レスポンスデータ）の取得・解析・表示を行う機能を実装した。さらにキャッシュ機能を利用して横断検索結果の表示を高速化する機能を実装した。これらの機能強化を通して、実用レベルの応答速度と操作性を実現した。

・国際単位系（SI）とそれに対応する量の体系を記述するオントロジーの開発

物質・材料データバンクにおいて、長さ、面積、体積、質量、密度、電流、電圧、エネルギー、熱量、熱力学温度、熱容量、比熱容量、体積熱容量、熱流密度、熱伝導率、熱拡散率、熱浸透率の単位と量を Linked Open Data (LOD) 技術により統一的に記述するためのオントロジーを開発した。

・元素組成比による物質・材料データの表示・検索機能の開発

物質・材料系データバンクを構成する有機化合物のスペクトルデータベースなどの化合物のデータベース、および熱物性データベース、セラミックカラーデータベースなどの固体材料を収録したデータベースに収録された多様な物質・材料について、元素組成比を算出し、データベースポータルに収録するとともに、特定の元素組成（絶対値）および元素組成比（相対値）を有する物質・材料を横断的に検索し表示する機能を開発した。

[分 野 名] 計測・計量標準

[キーワード] 物質材料系データバンク、構造化データ、クラウド、知的基盤、横断検索、量と単位、元素、周期律表、原子量、元素組成比

[研究 題 目] 地震・火山噴火のリスク対策に関する国際標準化

[研究代表者] 石川 有三
(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 石川 有三、宝田 晋治、小泉 尚嗣、桑原 保人、高田 亮、近藤 久雄、重松 紀生、古川 竜太、丸山 正
(常勤職員8名、他1名)

[研究 内 容]

本テーマでは、統一的な基準でアジア地域のデータ整

備を進め、CCOP 関係各国との協力を通して、より信頼性の高い地震、火山データベースやハザードマップ、リスクマップ作成のための活動を展開する。これらの成果を Global Earthquake Model (GEM) や Global Volcano Model (GVM) 等のデータベースにも反映させることにより、国際標準化が進むことが期待される。今年度は G-EVER (アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスク対策) 推進チームを中心に、アジア太平洋地域の研究機関等の訪問や研究協力を実施し、東アジア地域地震火山災害図の作成、アジア太平洋地域地震火山ハザードシステム構築等の地震・火山噴火のハザード、リスクに関する活動を推進した。具体的には、インドネシア、フィリピン、シンガポール、イタリアと地震火山ハザード情報整備プロジェクトに関する連携を進めた。また、イタリア GEM 本部を訪問し、アジアの活断層情報整備に関する研究打ち合わせを実施した。さらに仙台市において、第2回 G-EVER 国際シンポジウムを開催した。これらの活動を含め、アジア科学技術会議 (SCA2013)、IAVCEI2013 (国際火山学会)、AGU (米国地球物理学連合) において、G-EVER に関する研究成果発表を行った。

[分 野 名] 地質

[キーワード] 地震、火山噴火、リスク、国際標準、アジア、太平洋、G-EVER

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成25年度に受け入れた受託収入等の状況

資金名	件数 (テーマ)	決算額 (千円)
受託収入		13,186,182
(1) 国からの受託収入		6,764,157
1) 経済産業省		5,021,004
産業技術研究開発委託費	12	2,118,847
石油天然ガス基礎調査等委託費	1	1,291,423
放射性廃棄物処分基準調査等委託費	1	650,080
石油資源開発技術等研究調査等委託費	2	150,680
非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費	2	144,614
高压ガス等技術基準策定研究開発委託費	3	128,344
環境対応技術開発等委託費	2	121,198
温暖化対策調査等委託費	1	92,877
希少金属資源開発推進基盤整備委託費	1	85,142
工業標準化推進事業委託費	6	67,780
エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費	2	64,273
石油製品需給適正化調査等委託費	1	44,737
その他	3	61,009
2) 文部科学省		1,317,159
科学技術試験研究委託事業	4	1,043,483
科学技術基礎調査等委託事業	3	252,619
原子力基礎基盤研究委託事業	1	21,057
3) 環境省		304,546
核燃料サイクル施設安全対策技術調査	2	282,563
試験研究調査委託費	1	21,983
4) その他省庁	16	121,448
(2) 国以外からの受託収入		6,422,024
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	26	1,504,492
2) その他公益法人	340	4,093,317
3) 民間企業	151	812,902
4) 受託出張		11,313
その他収入		10,354,336
(1) 資金提供型共同研究収入		3,433,315
(2) 知的所有権収入		270,508
(3) 外部グラント(個人助成金の間接経費分)		582,624
(4) その他		6,067,890
合計		23,540,518

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

1) 国からの受託収入

【経済産業省】

■産業技術研究開発委託費 12テーマ 21.2億円

重点分野(移乗介助、移動支援、排泄支援)のロボット介護機器の実用化に不可欠の実証プロトコル確立のための研究や、機能や部品等のモジュール化や標準化の研究を実施するための経費、他。

平成25年度は、21.2億円で事業を実施した。

■石油天然ガス基礎調査等委託費 1テーマ 12.9億円

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、平成28年度までに経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、我が国のエネルギー長期安定供給の確保に資する研究を実施するための経費。

平成25年度は、12.9億円で事業を実施した。

■放射性廃棄物処分基準調査等委託費 1テーマ 6.5億円

わが国において原子力エネルギーを継続的に利用していく上で、原子力発電及び核燃料サイクルに伴って発生する放射性廃棄物の処理処分対策を着実に進める必要があり、高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされる。この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくため、天然バリアである深部地質環境の状況把握と将来変化に係る調査評価手法の高度化開発を行うための経費。

平成25年度は、6.5億円で事業を実施した。

■石油資源開発技術等研究調査等委託費 2テーマ 1.5億円

人工衛星を利用した高度リモートセンシング技術を石油等の資源探査に活用するための基盤技術を活用するため、人工衛星から得られる画像データの処理解析技術等の研究を実施するための経費。また、わが国の喫緊の課題である大陸棚延長の可能性のある海域における資源地質調査等を行うため、大水深域を対象とした資源探査技術・データの蓄積を図るための経費、他。

平成25年度は、1.5億円で事業を実施した。

■非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費 2テーマ 1.4億円

再生可能エネルギー等からの高効率低コスト水素製造技術、高効率な水素-エネルギーキャリア転換・輸送技術等の技術開発を行います。さらに、国内外の再生可能エネルギーサイト候補において、風況等の現地調査を実施し、得られたデータ等を技術開発に反映するとともに段階的・効率的な再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発のシナリオを作成するための経費、他。

平成25年度は、1.4億円で事業を実施した。

■ 高压ガス等技術基準策定研究開発委託費 3テーマ 1.3億円

火薬類の貯蔵に係る包装や土堤等の新たな技術基準や、火災リスクの高い小型冷凍機への可燃性冷媒の使用に係る適切な基準のあり方等について調査を行うための経費、他。

平成25年度は、1.3億円で実施した。

■ 環境対応技術開発等委託費 2テーマ 1.2億円

iPS 細胞等を用いた再生医療及び新薬候補のスクリーニングの実用化を加速するため、iPS 細胞等の自動培養装置等について、評価を行い、研究機関や企業等のニーズに合致した装置等の開発支援に資する研究を行うための経費。

平成25年度は、1.2億円で実施した。

■ 温暖化対策調査等委託費 1テーマ 0.9億円

CCS 実用化に向けて安全性評価のために、弾性波探査（反射法）を補完するモニタリング技術の開発に加えて、モニタリング技術そのものを補完する観点から弾性波探査で検知が困難と考えられる小規模な断層や薄い砂泥互層などの地質構造の遮蔽性能を評価する技術の開発、及びそれら基盤となる知見やデータの取得・整備を総合的にを行い、CO₂挙動評価精度の向上とモニタリング・コストの低減化を目指すための経費。

平成25年度は、0.9億円で実施した。

■ 希少金属資源開発推進基盤整備委託費 1テーマ 0.9億円

自動車、IT 製品等の付加価値の高い環境配慮型の工業製品の製造に必要な不可欠なレアメタル等（レアアース含む）について、基礎的な資源探査等を実施することで、資源の開発促進及び資源保有国との関係を強化し、レアメタル等資源の代替供給地の確保・安定供給確保を行うための経費。

平成25年度は、0.9億円で事業を実施した。

■ 工業標準化推進事業委託費 6テーマ 0.7億円

ISO/IEC ガイド71の理念に基づくアクセシブルデザインを志向した製品・環境・サービスの体系的技術を開発し、それに係る一連の国際規格原案を ISO/TC159（人間工学）及び TC173（福祉用具）に提案することを目的とする経費、他。

平成25年度は、0.7億円で事業を実施した。

■ エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費 2テーマ 0.6億円

植物を用いた医薬品原材料・ワクチン・機能性食品等の有用物質生産プロセスの開発およびその実証を産学官連携の下で実施することにより、二酸化炭素排出削減効果のある省エネ型革新製造プロセスを確立するとともに、次世代ものづくり産業基盤を構築するための経費、他。

平成25年度は、0.6億円で事業を実施した。

■ 石油製品需給適正化調査等委託費 1テーマ 0.4億円

最近問題となっている支燃性ガスを含む様々な混合ガスの爆発事故被害を予測出来るシミュレーション技術を、実験的計測により解析・評価を行い、これらのガスを安全に取り扱うために必要な措置の調査検討を行うとともに、石油精製プラント及び石油化学プラントにおいて爆発事故が発生した際のプラント内外への被害を予測するための手法の開発を目指すための経費。

平成25年度は、0.4億円で事業を実施した。

■ その他 3テーマ 0.6億円

【文部科学省】

■ 科学技術試験研究委託事業 4テーマ 10.4億円

「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテクノロジー・材料」、「防災」の5分野において、文部科学省が設定した課題等に関する研究開発を実施するための経費。

平成25年度は、10.4億円で実施した。

■ 科学技術基礎調査等委託事業 3テーマ 2.5億円

沿岸海域に存在する6つの活断層を対象として、地震調査研究推進本部が今後長期評価等を行うために必要となる、活断層の活動履歴や位置・形状に関するデータの取得を目的とした調査観測・分析を実施する等のための経費。

平成25年度は、2.5億円で実施した。

■ 原子力基礎基盤研究委託事業 1テーマ 0.2億円

基礎的・基盤的原子力研究を推進するとともに、政策ニーズに基づく重点化を図りつつ、将来の応用までを視野に入れた研究を推進することにより、原子力分野の研究基盤の重点的な強化、および持続的・安定的な原子力技術の向上を図るための経費。

平成25年度は、0.2億円で実施した。

【環境省】

■ 核燃料サイクル施設安全対策技術調査 2テーマ 2.8億円

放射性廃棄物の地層処分に係る概要調査などの立地段階における調査のガイドライン、調査結果のレビュー及び安全審査時に必要な安全評価手法の構築とその手法を適用した安全評価に資する知見・データの整備に資する

研究実施のための経費。

平成25年度は、2.8億円で事業を実施した。

■試験研究調査委託費 1テーマ 0.2億円

環境省設置法第4条第3号の規定に基づき、関係府省の試験研究機関が実施する公害の防止並びに自然環境の保護及び整備に関する試験研究費を「地球環境保全等試験研究費（公害防止等試験研究費）」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。また、地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的視点から計画的かつ着実に研究機関で実施・推進されるべき研究で、地球環境保全等の観点から(1)現象解明・予測、(2)影響・適応策、(3)緩和策、などをテーマとする研究課題を実施するための経費。

平成25年度は、0.2億円で実施した。

【その他省庁】 16テーマ 1.2億円

2) 国以外からの受託収入

■新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成25年度は、26テーマを15.0億円で実施した。

■その他公益法人

平成25年度は、341テーマを40.9億円で実施した。

■民間企業

平成25年度は、150テーマを8.1億円で実施した。

■受託出張

平成25年度は、受託出張の経費0.1億円を受け入れた。

3) その他収入

■資金提供型共同研究収入

平成25年度は、民間企業から31.0億円、民間企業以外から3.3億円の合計34.3億円の資金提供を受け共同研究を実施した。

■知的所有権収入

平成25年度は、当所が所有する産業財産権等を企業等に利用させた実施料収入等として2.7億円を獲得した。

■外部グラント

平成25年度は、科研費補助金及び研究助成金の経理委任収入（間接経費分）として5.8億円を受け入れた。

■その他

平成25年度は、計量標準供給業務・計量教習業務による手数料収入、地質図幅等の頒布収入、産学官連携

活動の一環として当所施設内で連携先が共同研究等を行うときの経費負担収入及び国等からの機関補助金等として、60.7億円を受け入れた。

1) 国からの外部資金

①【経済産業省】

・産業技術研究開発委託費

〔研究題目〕高効率 CO₂還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究

〔研究代表者〕姫田 雄一郎

(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕姫田 雄一郎、三石 雄悟、砂 有紀、

徐 紹安、前川 秀、塙 晴美

(常勤職員2名、他4名)

〔研究内容〕

本事業では、半導体光触媒の水分解により生じた水素(電子)を用いて二酸化炭素の固定化・燃料化を目指した人工光合成技術の基礎研究を目的とする。可視光応答型光触媒と二酸化炭素の変換錯体触媒などの高い人工光合成用触媒技術を持つ産総研と、錯体触媒等の高度な材料・反応機構解析技術を有する米国ブルックヘブン国立研究所(BNL)が、補完的に協力し、共同研究を行うことにより、革新的な人工光合成触媒の基盤的技術の確立を目指す。

本年度は、開発した高性能触媒の反応機構解明を、産総研では実験的なアプローチで、BNLでは計算化学的なアプローチで行った。その結果、触媒配位子上の水酸基が脱プロトン化して生じたオキシアニオンが、水分子を介した活性中心と相互作用することにより、水素分子を著しく活性化することを、両アプローチから結論付けることができた。また、新規触媒配位子を用いたコバルト触媒の合成およびX線結晶構造解析を行った。これにより、水酸基の位置によって、水分子の配位構造が異なることが分かった。また、コバルト触媒は二酸化炭素の水素化反応において触媒活性を示すが、耐久性が低く、水中でシクロペンタジエニル配位子が脱離することが分かった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕炭素固定、水素貯蔵

〔研究題目〕色素増感起電力を利用した水分解水素製造

〔研究代表者〕小野澤 伸子

(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕小野澤 伸子、草間 仁、舩木 敬、

三石 雄悟、小西 由也、北尾 修、

福 康二郎、中澤 陽子、大塚 裕美

(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

光のエネルギーを用いて見かけの電気分解効率を向上させ、水素コストを大幅に低下させる技術として半導体光電極水素製造がある。この光電極は太陽電池による補助電源が一般的には必要であるが、この電源電力も低コスト化する必要がある。本事業では、低コスト水素製造

のために半導体光電極および、補助電源用の太陽電池として革新的な低コスト化が期待できる色素増感セルの起電力を組み合わせた統合水素製造システムの研究を米国のブルックヘブン国立研究所(BNL)と協力して行う。

半導体光電極の反応機構の解明に関する研究では、2価のマンガニオンを利用した酸化反応促進サイトの可視化を試みた。その結果、(001)面以外のほとんどの結晶面に対して二酸化マンガンの析出が確認され、酸化反応が進行している結晶面の可視化に成功した。また量子力学計算ソフトウェア CASTEP を用いて各結晶面の仕事関数を算出したところ、結晶面ごとに大きく異なる仕事関数を有することが分かった。なかでも(001)で突出した大きな仕事関数が得られ、実験結果とよい一致が得られた。

半導体光電極の安定性向上に関する研究では、有望な光電極である三酸化タングステンおよびバナジン酸ビスマスに対して、炭酸水素カリウム電解質水溶液中での安定性評価実験が、加速試験として利用できることを明らかにした。さらに、金属酸化物で被覆することによって、安定性が向上する事実を明らかにした。

色素増感セルに関しては、既存の基準色素だけでなく、産総研で開発した色素の劣化機構についての検討を行った。窒素雰囲気中では増感色素の劣化が起りにくいことが分かり、大気中の酸素が増感色素の劣化に大きく影響していることが示唆された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素製造、色素増感、光電極

〔研究題目〕蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析

〔研究代表者〕周 豪慎(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕周 豪慎、細野 英司、大久保 將史、

朝倉 大輔、李 徳、難波 優輔、

星野 純一、嶋田 陽子

(常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能二次電池として、リチウムイオン二次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン二次電池の実現を目指す。特に、ナノ材料における電気化学反応メカニズムの解明を放射光内殻励起分光法により行い、電極特性の高性能化への指針を得るとともに、指針に基づいた材料設計を行う。

平成25年度の研究内容として、ナノサイズ LiFe_xMn_{1-x}PO₄等の新規電極材料を用いて、ローレンス・バークレー国立研究所(LBNL)の放射光施設 Advanced Light Source(ALS)における軟X線吸収分光による

電子状態測定を行った。その測定結果に関し、電極材料の電気化学特性と整合性について、理論計算と合わせて検討した。また、ナノ構造 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ ファイバー等の新規電極材料に対し、ALSの部分蛍光収量軟 X線吸収分光や低エネルギー軟 X線吸収分光等の非常に先端的な手法を用いて、その有効性を評価するとともに、ナノ材料内部の電子状態や Li の電子状態など、従来の軟 X線吸収分光では得ることのできなかった知見を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン二次電池、正極材料、ナノ材料、軟 X線吸収分光

【研究題目】ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料

【研究代表者】山本 淳（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山本 淳、太田 道広、Jood Priyanka、
國井 勝、西当 弘隆
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

熱電発電デバイスを利用することで、我々の身の回りに存在する膨大な未利用熱エネルギーを利用価値の高い電気エネルギーとして回収できる。本研究では、希少・毒性元素を使わない低環境負荷な熱電変換材料の研究を進めている産総研と、ナノテクノロジーを活用した高効率な熱電変換材料に関する研究を展開している米国のアルゴンヌ国立研究所が協力して、高効率と低環境負荷の二つの要求を満たす新しい熱電変換材料を開発することを目的としている。

MgTe と Na_2Te を含む PbTe バルク焼結体を作製して、従来材料の熱電性能指数 ZT (≈ 0.8) を大きく凌駕する非常に高い p 型の $ZT=1.7$ (530°C) を達成した。さらに、 n 型のバルク体熱電変換材料の開発研究も進め、 MgTe と PbI_2 を含む PbTe バルク焼結体において、高い n 型の $ZT=1.0$ (410°C) を実現した。すなわち、革新的な p 型、 n 型のバルク体熱電変換材料の開発に成功した。さらに、開発した p 型と n 型のバルク体熱電変換材料を用いて、実際に熱電発電デバイスを試作して高効率な動作を確認した。

一方、Pb は毒性元素、Te は希少元素であるという課題を抱えている。この課題を克服するために、環境にやさしい硫化物熱電変換材料の開発研究を進めた。本年度は、ミスフィット層状構造を有する硫化物 (LaS) $_{1-m}\text{TS}_2$ ($\text{T}=\text{Cr}, \text{Nb}$) の開発に成功した。加圧焼結法を用いることで、配向したバルク焼結体の作製に成功し、熱電変換材料に有利な低い熱伝導率を実現した。今後、ドーピングによるキャリア濃度の最適化などを実施することで、 ZT はさらに上昇し、低環境負荷で高効率な熱電変換材料の開発につながると期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電変換材料、熱電発電、未利用熱エネ

ルギー活用、金属物性・材料、日米協力

【研究題目】クリーンアップ石炭ガス化ガスのための SOFC 燃料極開発

【研究代表者】堀田 照久（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】堀田 照久、山地 克彦、岸本 治夫、
倉本 浩司、陳 剛
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

クリーンアップされた石炭ガス化ガスを固体酸化物形燃料電池 (SOFC) で適用するための材料基礎研究を行った。特に、石炭ガス化ガス特有の不純物が多量に含まれるガス雰囲気下において、作動しうる高性能燃料極の開発を行うことが目的である。SOFC 材料の不純物・劣化分析技術に優れる我が国とガス不純物の影響評価に先行する米国との英知を結集し、共同で石炭ガス化ガス不純物の SOFC 材料に対する影響を解明し、許容範囲を明らかにすると共に高性能燃料極の開発を行う。

本年度は主に以下の3点について検討を進めた。①超低濃度の硫化水素を燃料ガス中に添加し、これによるニッケルサーメットアノードの性能低下挙動を系統的に調査する。②ガスボンベでの供給が難しい揮発性・半揮発性微量元素の添加方法を確立する。③新規に提案した高性能酸化物燃料極を設計・探索する。その電極性能の目標として、模擬石炭ガス化ガス雰囲気下で $0.5\text{W}/\text{cm}^2$ 程度以上の性能を示し、数100時間以上も安定して発電できうる高性能燃料極の開発をおこなう。

①について、一連の実験の結果、 $2\text{ppm}-\text{H}_2\text{S}$ 以下の低濃度領域においても H_2S が接触することによってニッケルサーメットアノードの不可逆的な性能低下が起き、この性能低下は加湿水素利用時に比べて石炭ガス化模擬ガス ($\text{CO}/\text{H}_2/\text{CO}_2/\text{N}_2=50/20/4/26[\text{vol}\%]$) 利用時のほうが大きくなることが分かった。②については、パーミエーションチューブ法を用いた超低濃度 H_2S 添加方法の有効性を確認できた。③については、コンポジット燃料極を構成する酸化物イオン伝導体の不純物耐性について評価をすすめた。一連の検討により、石炭ガス化ガスの利用に対して反応層としてガドリニウムドープセリア (GDC) 層を利用することは好ましくないことが判明し、コンポジット燃料極にはジルコニアを用いるべきという設計指針が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性

【研究題目】再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究

【研究代表者】伊藤 博（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】伊藤 博、中納 暁洋、前田 哲彦、
染矢 聡、稲田 孝明、榎 浩利、

齊田 愛子、宗像 鉄雄、鈴木かほり
(常勤職員8名、他1名)

〔研究内容〕

再生可能エネルギーは不安定であることから、それが大量に導入されると一時的なエネルギー貯蔵装置が必要になる。統合型水素利用システムは主に水素製造装置、水素貯蔵装置、水素供給装置、及び燃料電池で構成される定置型の水素システムである。これを設置することにより電気に加え、熱、及び物質（水素）を供給することができ、水素の形でエネルギー貯蔵を行うことからエネルギーの長期・大量貯蔵に適した再生可能エネルギー利用促進に有望なシステムである。本研究の目的は再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ、優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る統合型水素利用システムを米国のサバンナリバー国立研究所（SRNL）と共同で開発することにある。

高圧ガス保安法に係らない10気圧未満で作動する日本仕様の水素吸蔵合金タンクについて、SRNL で得た再生可能エネルギー（太陽光）による水素製造での水素流量データと、同じく SRNL で得た燃料電池運転での水素流量データを用いて、産総研実験室のパーソナルコンピュータ（PC）と PC 制御マスフローコントローラで SRNL での各種実験を再現した。更に水電解装置の仕様に起因する制限により SRNL では出来なかった温度条件で横置型水素吸蔵合金タンクの性能評価を行った。再生可能エネルギーでの水素製造を模擬した水素吸蔵実験では、SRNL と同じ循環水入口温度12°Cの試験において晴天条件下での合金反応熱利用率が約86.9%、晴れ時々曇りの条件では約88.0%であった。また、SRNL では行えない循環水入口温度32°Cの条件で、合金反応熱利用率が晴天条件下で約83.4%、晴れ時々曇りの条件で約83.1%であった。また、水素吸蔵では日射量の時間変化により実験終盤におけるタンク内の圧力上昇率が緩和される。一定水素流量での水素吸蔵実験では高圧ガス保安法による制限のため約94%となる合金利用率が、この試験ではほぼ100%に達することが確認できた。一方、燃料電池運転における水素吸蔵合金タンクからの水素放出の模擬実験では、燃料電池負荷0.5kW、循環水入口温度22°C条件での合金反応熱利用率が約85.7%、燃料電池負荷1kW、環水入口温度32°Cの条件での合金反応熱利用率が約86.8%と良好な結果を得た。

一方、水電解・燃料電池一体型セル（可逆セル）構造最適化研究については、主に産総研で研究を進めた。具体的にはガス拡散層（GDL）に付加するマイクロポーラス層（MPL）単独層作製について、GDL 基体へ最適な接合方法を特定すべく試行錯誤を行った。その結果、チタン粉末を用いた MPL 作製においては、緻密な MPL 作製と電気伝導率低下という、相反する条件を両立させるためには GDL 基体であるチタン不織布内にチ

タン粉末を含浸させつつ、緻密な MPL 層を形成することが必要であることが明らかになった。また、ベンチスケール（電気出力1kW 級）の可逆セル・スタックを用いた水素吸蔵装置との連結試験を行うために、運転切り替えを含む可逆セル・スタック運転を効率的に行うための周辺機構を設計し、導入した。同周辺機構の試運転を兼ねて、ベンチスケール可逆セル・スタックの運転試験を行い、その基礎特性を取得した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素システム、再生可能エネルギー、水素貯蔵

〔研究題目〕 水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究

〔研究代表者〕 飯島 高志（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 飯島 高志、安 白、孫 正明、
中道 修平（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

研究開発の背景・研究目的及び目標

燃料電池自動車の開発普及と、水素ステーションの設計開発が2015年の同時投入を目指して加速段階にきている。いずれも水素容器・蓄圧器による水素の貯蔵・運搬が大きな技術開発要素である。今回の米国サンディア国立研究所との共同研究では、水素蓄圧器の安全性・経済性を念頭において、実験データを基に日米の問題意識の共通化を図ることで、燃料電池自動車の車載水素容器や水素ステーションの蓄圧器の設計に必要な、国際規格・標準の整備・強化を目指し、日米で世界標準をリードしていくことを目的とする。水素利用社会を構築するために、日米が協力して高圧水素ガス中での材料の疲労強度や破壊靱性など材料特性評価方法の検討、ならびにそれらデータの取得を行い、水素容器・蓄圧器を開発するために必要な国際規格・標準化を推進するための技術的裏付けを日米共同で明らかにする。

成果概要

H23年度に日米協議により策定した研究計画に基づいて、①フェライト鋼の水素ガス中での破壊特性評価、②ステンレス鋼の水素脆化メカニズムの把握について研究を実施した。①では、サンディア国立研究所側から支給された米国規格 Cr-Mo 鋼（SA372 GradeJ）について、日本側の高圧水素ガス中材料試験装置を用いて除荷コンプライアンス法によるき裂進展開始試験を実施し、サンディア国立研究所においてライジング法で求めた試験結果との相互比較を世界で初めて行った。②では、水素中に暴露した SUS304 オーステナイトステンレス鋼（SUS304）を低温（200K）で引っ張り試験を行い、対応するそれぞれの破壊面、および破壊面直下の断面について AFM や MFM などの走査型プローブ顕微鏡（SPM）を用いた組織観察を試みた。その結果、破壊の起点である初期き裂は、歪みによって誘起されるマル

テンサイト相の双晶界面 (TB) 近傍のマルテンサイト相-オーステナイト相界面に発生することが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素、燃料電池自動車、水素脆化、国際標準

〔研究題目〕 熱電変換モジュールの性能評価技術の開発

〔研究代表者〕 山本 淳 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 舟橋 良次、松村 葉子、池西 ひとみ、岩岡 さおり (ユビキタスエネルギー研究部門)、阿子島 めぐみ、天谷 康孝、鈴木 英理子 (計測標準研究部門)、山本 淳、太田 道広、Hu Xiaokai、長瀬 和夫、西当 弘隆 (エネルギー技術研究部門) (常勤職員5名、他7名)

〔研究内容〕

熱電変換は熱と電気間の直接エネルギー変換技術であり、可動部がなくシンプルな発電システムを構築できることから、小型分散型の温度差発電に適した発電技術として世界で注目を集めている。中でも熱電変換モジュールは重要な役割を果たす部品であり、その性能の評価は重要である。将来の国際標準化に向けて、発電性能や耐久性などの熱電変換モジュールの評価技術を開発することが本事業の目的である。

本事業では、高温で使用可能な熱電変換モジュールの開発、新評価技術の開発、および、世界各国の研究機関と連携して熱電変換モジュールの評価を実施した。

国際連携による熱電モジュール評価技術の調査研究として、米国オークリッジ国立研究所などの海外連携機関と協力し、現在のモジュール評価技術の調査を実施し、複数の異なる評価技術が混在する現状を明らかにした。モジュール評価技術の調査では今後も連携が必要な部分があるため、機関間の枠組みづくりを進めた。また500℃まで安定に動作する酸化物モジュールの標準形状を決め、モジュール製造と発電性能評価を行った。

本事業では新たにモジュール評価システムを開発し、最高加熱温度1000℃で出力計測と長期連続試験が可能な簡易型高温モジュール評価装置、および10mm□以下の小型試料評価用の小型熱電モジュール評価装置について設計と製造を行い装置の立ち上げを行った。

また測定の高精度化のため、3次元の熱モデルを構築し、シミュレーションにより熱流計測精度向上のための解析を行った。熱流評価用の計測システムを設計し、熱電能の絶対値計測の精度向上のために必要なトムソン係数の新規測定手法を確立した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電発電、熱電モジュール、未利用熱エネルギー、発電効率、発電出力、熱計測、

標準化

〔研究題目〕 熱電変換モジュールの性能評価技術の開発

〔研究代表者〕 山本 淳 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 阿子島 めぐみ、天谷 康孝、鈴木 英理子 (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究には、エネルギー技術研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門、計測標準研究部門が参画している。計測標準研究部門では、熱電モジュール評価において熱流センサが役立つことを期待して、その校正法に関する予備調査と装置試作を行うとともに、熱電モジュール評価装置部材の熱電能を校正することで発電性能の測定精度を改善することを目的として、熱電能の絶対測定法の研究を行った。

熱流センサは、その特性を生かして、定常法による熱伝導率測定方法と同様の測定装置による校正が適当であると考え、定常法による熱伝導率測定方法について調査を行った。市販されている熱流センサの仕様と用途を調査し、それらを校正するための装置の設計と必要な機器の導入をして試作を進めた、更に、熱流センサを熱電モジュール評価への応用する方法を検討した。

絶対熱電能の導出にはトムソン係数の評価が必要である。トムソン係数の導出方法として、交流-直流法を検討した。交流-直流法を実現する実験装置を試作し、試作した装置の測定結果から、熱伝導率や素子寸法情報を必要とせず、トムソン係数を評価可能であることを実証した。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 熱電モジュール、熱流センサ、熱電能、熱伝導率

〔研究題目〕 多核金属錯体の CO₂多電子還元機構の解明

〔研究代表者〕 小池 和英 (環境管理技術研究部門)

〔研究担当者〕 小池 和英、佐野 泰三 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、究極の再生可能エネルギーである光 (太陽光) エネルギーを利用した CO₂の有効利用技術としての「人工光合成」システム構築を目的とする。化学的な「人工光合成」系として、触媒活性や選択性の点で有望な金属錯体触媒を CO₂と直接反応 (多電子還元反応) する基本要素に選び、多核化や金属クラスター触媒等との複合化により、ボトルネックとなっている多電子酸化還元反応の高効率化を目指す。

H24年度は最も効率の高いルテニウム-ルテニウム多核錯体を対象として1電子還元状態における電子移動の時間分解赤外分光による観測を行った。触媒ユニットを構

成するルテニウム錯体部には2つの CO 配位子があり、1800–2100 cm^{-1} の領域に特徴的な赤外吸収バンドをもつ。時間分解赤外吸収を測定することにより、中心金属の電子密度の変化を直接観測することが可能であり、高効率な多核触媒では、ユニット間の電子移動が 10^8s^{-1} 以上の高速であることを証明した。

H25年度は、電子移動速度を決定する因子を明らかにする目的で、系統的に構造を変化させた触媒活性の異なるルテニウム-ルテニウム複核錯体を対象として、光増感部の電子励起状態における高精度の時間分解赤外吸収光測定を行った。

昨年度までの測定システムに、光吸収モニター用の赤外レーザー光の強度を常時測定し、レーザー光強度の変動を相殺するシステムを増設することにより、過渡吸収の変動を10倍以上高精度に測定することが可能となった。このシステムにより、光増感ユニットの光励起だけでも、電子が触媒ユニットまで移動していることを初めて観測した。

この電子移動は、ルテニウム光増感ユニットの励起直後の架橋配位子へ部分的な電子移動と、それに引き続くルテニウム触媒ユニットへの1電子移動の2段階からなり、2段階目の電子移動速度を決定することができた。錯体の種類による電子移動速度の違いはユニット間電子移動の自由エネルギー変化とよい相関を示し、分子設計による電子移動制御の指針が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】人工光合成、 CO_2 、金属錯体、触媒

【研究題目】クラスター化学に基づく（光）エネルギー変換システムに関する研究

【研究代表者】大古 善久（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】大古 善久、脇坂 昭弘、久保 史織、長嶋 雲兵（常勤職員4名）

【研究内容】

再生可能エネルギーの利用を促進するため、低コストで高効率な技術やシステムの開発と共に、技術に見合った市場形成の見極めが重要である。日本の優れた環境技術分野（光触媒や吸着、クラスター分析等）の研究者と、米国のナノ物質化学や（光）電気化学、エネルギー分析の分野の研究者が協力することにより、革新的な（光）エネルギー変換システムの基礎技術を開発する。計算機シミュレーションによって反応経路を予測しながら、微細で質の高いナノ物質の創製を進め、太陽光から高効率かつ安定に水素ガスを発生させ、得られた水素を貯蔵するための最適なナノ材料開発を行うことを目標としている。

今年度は、共同研究としての契約手続き並びに実験を開始し、米国の有する金属硫化物のテーラーメイドナノ材料合成技術を基に、光触媒反応による水素ガスの定量評価を行った。一方、光触媒表面反応の理論的検証を進

め、硫化物イオンの酸化反応で生成する多硫化物イオンについて、水中での安定性を計算により評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、クラスター分析、カーボンナノ材料

【研究題目】薄膜熱物性計測

【研究代表者】八木 貴志（計測標準研究部門）

【研究担当者】八木 貴志、新田 詠子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

半導体やメモリ等のエレクトロニクスの発熱挙動や温度分布を予測するための熱設計では、デバイス中に使用される薄膜材料の熱物性値が必要であり、これらの正確かつ信頼性の高い評価手法が求められている。本研究では、パルス光加熱サーモリフレクタンス法による薄膜の熱拡散率計測技術に関して、測定方法および解析方法の検討を行い、最終的に国際標準化を前提とした技術指針のとりまとめを目指す。

本年度は、測定装置のパルス幅の影響、測定曲線の解析の精密化および薄膜の熱拡散率標準物質の開発を進めた。標準物質の開発では、昨年度の検討内容をもとに成膜プロセスを改善して Mo 薄膜（膜厚400 nm）1ロットの製造を行った。本ロットから抜き出した8サンプルについて、膜厚の標準偏差は0.5%、熱拡散率の標準偏差は1.6%であり、すでに頒布を行っている標準物質（窒化チタン薄膜 RM1301-a）と比較して遜色のない結果が得られた。また、薄膜の膜厚測定用のエッチングパターンについて検討を行い、断面 TEM を用いた形状観察からエッチングプロセスに問題が生じないことを確認した。以上の結果により、次年度の標準物質の正式な製造に向けた技術的課題を解決することができた。測定手法の ISO 標準化に向けた活動に関しては、ISO/TC206総会に出席するとともに国内審議委員会の委員に就任し、次年度の NWIP の提案に向けた準備を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】薄膜、熱拡散率、標準物質、標準化

【研究題目】微細寸法計測

【研究代表者】権太 聡（計測標準研究部門）

【研究担当者】権太 聡、三隅 伊知子、菅原 健太郎、堀 泰明、木下 和人
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

新規ナノデバイスの機能を実現する上で、三次元微細寸法・形状は普遍的かつ不可欠な評価項目である。しかしデバイス構造そのものが nm 単位となっており、要求精度は1 nm よりはるかに小さく、こうした評価項目において多用される走査型電子顕微鏡（SEM）や原子間力顕微鏡（AFM）でも性能限界に近付いているた

め、nm サイズの信頼できる基準試料が望まれている。原子ステップ・テラス構造の段差を不変の基準として利用した表面微細寸法を次世代の基準試料として実証し、国際標準化に向けた技術的根拠とするため、候補物質の寸法・形状の品質を高精度に評価する。本年度は、Z 方向のドリフト補正法を検討し、テラス面が原子レベルで平坦であることを利用した補正処理手順を作成した。また使用するカンチレバーの品質のばらつきが測定結果に影響しないよう、先鋭度の高いカンチレバーを選別することを目的として、探針先端の先端曲率半径を簡易的に評価する手順を最適化した。これにより、微細寸法試料の形状を測定する前後において、カンチレバーの選別だけでなく、探針先端の摩耗の進行度を評価し、カンチレバーの走査距離を指標とした寿命を推定することが可能となった。国内製の単結晶サファイアの原子ステップ&テラス試料を高さ寸法基準の候補物質の例として実証する一環として、NIST との比較測定を行う。3種類の結晶方位で作製した試料について、産総研が保有する測長型 AFM により測定した後、NIST 側の測定のために提供した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】原子間力顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、単結晶、格子定数、段差、不確かさ、微小寸法計測、ナノスケール

【研究題目】薄膜膜厚計測

【研究代表者】東 康史（計測標準研究部門）

【研究担当者】藤本 俊幸、黒河 明、寺内 信哉、東 康史、尾高 憲二（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

半導体・エレクトロニクス産業等、ナノ構造を有する材料を積極的に利用する極めて広い産業分野において材料の微細化は進んでおり、ロバストかつ簡便な薄膜構造評価法の確立が期待されている。X 線反射率（XRR）法は、膜厚計測の絶対測定法であること、大気下での非破壊測定が可能なこと、トレーサビリティが明確であり、測定の再現性が高いこと等々から、研究開発のみならず、製造現場における品質管理に向けた応用が期待されている。本研究では、XRR 法を用いた膜厚評価の産業応用化を目指して、手法の高精度化を目指すとともに、米国・国立標準技術研究所（NIST）と連携し国際標準化に向けた課題の検討を行う。

薄膜の内部構造に関する正確な情報は、XRR 法による膜厚評価に必要な不可欠なものである。しかしながら、良く知られた材料である Si 基板上の熱酸化（SiO₂）膜でさえ、その構造は十分には明確になっていない。本年度は、製膜条件によって密度が変化する界面遷移層についてさらに詳細に調べた。新規に開発した急速加熱炉を用いて、製膜プロセスの異なる SiO₂膜の微細構造を精

密に評価した結果、より密度の高い遷移層の生成は、昇温時における低温度で製膜された SiO₂膜であることを示唆する結果が得られた。加えて、NIST と連携し、新規標準物質の共同開発に関する議論を行うと共に、参照標準物質のガイドラインに関する新規規格提案の準備を継続して行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】X 線反射率法、膜厚計測、国際標準化

【研究題目】重水素化増感触媒の耐久性に関する研究

【研究代表者】川西 祐司（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】川西 祐司、宮沢 哲、下位 幸弘、椎名 祥己、井上 杏子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

重水素（D）は水素の安定同位体で、天然に約 150ppm 存在し、存在比の最も高い軽水素（H）の倍の質量数（=2）を有する。有機分子中に含まれる軽水素を重水素に置き換えることにより、光や酸化還元などに対する有機分子の耐久性が、20～100%以上向上することを近年見出し、独自の同位体交換技術による有機電子材料等への展開を検討している。本課題は、長期駆動可能な光エネルギー変換系の実現に資する、高耐久な増感色素・分子触媒等の増感触媒の開発を目的としており、水の人工的な光分解ならびに二酸化炭素固定に関する基礎研究に優れる米国ブルックヘブン国立研究所との協力下で進めている。今年度得られた主な成果は以下のとおりである。高効率な増感太陽電池を与える色素として知られる金属錯体型色素 N3 の、半導体上ならびに溶液中での分解過程について検討した。分解は光ならびに熱により2段階の逐次反応で進行するが、光・熱ともに錯体中の NCS 配位子の構造変換が主反応である。室温前後では、熱的分解における重水素標識化した効果は小さいが、光分解においては重水素標識体の耐久性が優れることが明らかになった。高効率電池に必要な十分な色素吸着能を得るため、多孔性の酸化チタン膜を与える製膜条件を試験し、色素吸着速度の速い半導体電極の安定な作製法を検討した。あわせて、酸化チタン上への色素導入を容易かつ強固にする反応性カプラーの合成法を確立した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】色素増感太陽電池、耐久性、重水素標識、増感色素

【研究題目】高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発

【研究代表者】川波 肇（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】川波 肇、石坂 孝之、川崎 慎一郎、八重嶋 早枝子、Maya Chatterjee、

藤山 仁美、David G. Grills
(常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

本研究は、日米間の連携を築きながら、エネルギー環境技術の開発を行うもので、当該研究課題は、高圧二酸化炭素中で光エネルギーにより二酸化炭素還元反応を行うことで、従来効率の悪かった人工光合成技術を高密度で行い、より生産的な技術へと展開を図ることを目的としている。加えて、高圧条件に適した反応システムを再構築することで、新しい反応システムの提示を行い、プロセス化への道を切り開くことが目的である。

平成25年度は、平成24年度に引き続き米国との間で統一した手法に準じて触媒や反応システムの改良を行い、光還元による二酸化炭素変換効率の向上の可能性を探った。更に、米国の分光学的な測定・解析技術（時間分解FT-IR法）に高圧技術を組み合わせ、超臨界二酸化炭素中における反応メカニズムの解明を行なった。この結果、二酸化炭素から一酸化炭素への還元過程では、光励起過程では高圧の効果は無かったが、溶媒分子との交換過程で著しく加速（100倍以上）されることが分かった。これより超臨界二酸化炭素中での光還元システムは、二酸化炭素から一酸化炭素への変換プロセスとして有効であることをメカニズム的にも示すことに成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 二酸化炭素、光、還元

【研究題目】 共同施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発

【研究代表者】 秋永 広幸

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 秋永 広幸、島 久、野田 周一 (ナノエレクトロニクス研究部門) (常勤職員2名、他1名)

亀井 利浩 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究内容】

先端機器共用施設は、その場において多様な研究課題と人材の交流がなされることから、オープンイノベーションプラットフォームとしての機能を持つ。日米共に、このようなプラットフォーム間のネットワーク構築事業において世界を先導してきた経験を持ち、両者が連携を組むことは、全世界的課題に対する研究を推進する上で極めて効率的である。本事業では、日米の先端機器共用施設を相互利用することにより、低炭素社会の実現を目指した環境・エネルギー分野の革新的研究開発の促進と、研究者交流や最先端情報の共有化等、協働のシナジーによる研究連携ネットワークの強化を図る。

年度進捗状況：

米国側は Center for Integrated Nanotechnologies

(CINT) / Sandia National Laboratories (SNL)、日本側は Nano Processing Facility (NPF) / AIST が窓口となり、以下の2つのテーマを実施した。

① 酸化物を用いた新規太陽電池の開発

AIST-NPF と CINT-LANL の共用施設が協力して基礎検討を行い、光吸収層に Cu_2O を用いた $\text{Cu}_2\text{O}/\text{ZnO}$ ヘテロ接合型太陽電池構造を作製した。その結果、エネルギー変換効率0.24%、開放電圧0.69V、短絡電流密度1.2mA/cm²の太陽電池特性を得た。平成25年度は、エネルギー変換効率を更に向上させるために、 Cu_2O 膜の低温形成メカニズムの詳細分析、低温形成膜のより詳細な物理分析を行うとともに、自己組織化による結晶配向性制御を検討した。その結果、室温で形成する Cu_2O 多結晶膜に、400~600°C、30秒間の急速熱アニール (RTA) を行うことにより、鋭く (111) 面配向する Cu_2O 多結晶薄膜を形成する Low Thermal Budget (LTB) 条件を見出した。LTB 法で得られた (111) 面配向膜は、比較的低い形成温度で良好な結晶性、低欠陥性が得られることが分かった。LTB- Cu_2O (111)面配向膜を光吸収層として用いた $\text{Cu}_2\text{O}/\text{ZnO}$ 太陽電池において、全吸収光に対して数10%の量子効率が得られることから、更なるバルク欠陥および接合界面欠陥の低減により、エネルギー変換効率の大幅な増加が期待される。 $\text{Cu}_2\text{O}/\text{ZnO}$ 接合界面に関しては、理論計算による現実的な原子配列構造の究明を進めており、Cu と Zn 原子が界面を挟んである程度混合する構造が最も安定である可能性が明らかとなった。

② ナノ光アンテナ技術の太陽電池応用

ナノ光アンテナ技術の太陽電池応用においては、電磁界分布 (FDTD) シミュレーションにより、太陽電池の光吸収を評価し、Particle SWARM 法により光吸収が最大となる銀ナノ構造の最適化を進めた。プラズモンによる電場増強は表面に局在して生じるため、薄膜太陽電池の効率向上には非常に有効である。プラズモンナノ構造電極を有する薄膜 Si 太陽電池において30%以上の量子増強効果をシミュレーションにより確認し、より具体的には200nm の膜厚で50%の増強が期待されることが示された。前記 $\text{Cu}_2\text{O}/\text{ZnO}$ 太陽電池において、光吸収層となる Cu_2O 多結晶膜の (111) 配向性は200nm 程度の薄膜が最適であるため、ナノ光アンテナ技術との統合による光閉じ込め効果により更なるエネルギー変換効率の向上が原理的には可能であることが分かった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、ナノテク・材料・製造

【キーワード】 先端機器共用施設、太陽電池、ナノ光アンテナ、酸化物半導体

【研究題目】 ナノ構造電極を活用する発電のための

新たな電気化学反応器の開発

〔研究代表者〕 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 藤代 芳伸、鈴木 俊男、濱本 孝一、
山口 十志明、鷺見 裕史
(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

燃料電池に代表される高性能電気化学反応器は、高効率物質・エネルギー変換技術として注目されている。日本側で開発を進めているセラミックリアクター製造技術における様々な構造、材料からなるナノ構造電極を共有し、米国機関(アルゴンヌ国立研究所)と連携し、米国 DOE 放射光施設 (APS) 等で、最新の発電のための機能性セラミック電極のナノレベルでの表面状態評価を実施目標とし、今後のナノ構造電極を活用する新しい高効率電気化学反応器の開発展開に向けた課題抽出を検討した。実施計画として、日本側が先行する独自の世界最高レベルのナノ電極材料製造技術によって様々な電極構造を具現化し、高度な電極表面の評価が実施できる米国機関で相互に解析を進め、両機関の技術を効果的に発展させる目的で産総研研究員を米国へ派遣し、共同申請で使用が許可された米国放射光施設 (APS) や集束イオンビーム加工観察装置付き電子顕微鏡 (FIB-SEM) 等を活用することにより、日米共同での電極ナノ構造の機能解析を進めた。その結果、本年度は、アルゴンヌ国立研究所、米国ノースウエスタン大学と連携し、産総研で開発しているナノ構造電極を有するチューブ型 SOFC 電極の三次元構造評価によって、ナノ構造を有する燃料電極構造の影響を検討した。具体的には、日本で製造したナノ構造電極を有する電気化学セルをアルゴンヌ国立研究所の有する FIB-SEM 観察実験を実施し、米国ノースウエスタン大学と共に、それによりナノ構造を有する燃料電極の画像解析を実施した。多孔質ナノ構造電極の気孔制御を行い、電気化学的手法で反応器性能の比較検討を行った。その結果、気孔制御によって燃料利用率(発電効率)を飛躍的に向上させることができることが分かった。今後は、更なる電極構造や界面構造の3次元解析データを蓄積し、ナノ構造電極をプラットフォームにした電気化学セルの標準化に不可欠となる高性能化、高耐久性化を実現する新規ナノ構造電極の開発およびその評価技術の高度化を進める。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ構造電極、電気化学反応器、セラミックス、固体酸化物形燃料電池、放射光施設、機能・構造制御、低炭素、発電、セラミックリアクター

〔研究題目〕 高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究

〔研究代表者〕 崔 隆基 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 崔 隆基、土田 英二 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

アルカリ電解質形燃料電池 (AMFC) は白金のような高価な貴金属を用いなくてもいいので、既存の固体高分子形燃料電池の実用化の妨げとなっている白金使用の問題を回避できる。

しかしながら AMFC に用いられる電解質膜 (AEM) は膜の水酸化物イオンによりすぐ劣化してしまう問題があり、解決すべき課題となっている。通常使用されている AEM は膜の骨格部分の耐久性に問題があることが最近分かった。密度汎関数法を用いて AEM の骨格部分の科学的劣化過程の詳細を調べた。水酸化物イオンと膜のエーテル結合の部分が反応し、骨格の劣化が起きていることが分かった。反応は SnAr 反応であり、隣のフェニル基にある置換基の位置によって反応障壁が変わることも計算から分かった。膜の骨格部分の劣化はカチオン基の劣化と比べ、同じか、それ以下の反応障壁で起こることが計算からわかり、骨格部分の耐久性の強化が必要であることがわかった。このような知見を基に、より耐久性の高いエーテル結合のない膜の構造を提案し、実際に実験グループによって合成及び耐久性テストが行われた。新しく提案された構造は非常に耐久性に優れていることが計算及び実験結果から明らかになった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 燃料電池、高分子電解質膜、分子シミュレーション

〔研究題目〕 水素生成光触媒電極の耐久性向上に関する研究

〔研究代表者〕 大谷 実 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 大谷 実 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

近年の地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は人類にとって喫緊の問題であり、化石資源に変わりうるクリーンエネルギーの開発は最重要課題である。本事業では計算科学的手法を用いて、太陽エネルギーから化学エネルギーへの変換効率を飛躍的に向上する材料開発へ向けた研究を行う。具体的には水素発生光触媒電極の劣化メカニズムを解明し、電極寿命の飛躍的増大に資する研究を行う。

京コンピュータ等のスーパーコンピュータで第一原理分子動力学シミュレーションを超並列で実行可能とするために、UC Davis の Francois Gygi 教授が開発している平面波擬ポテンシャルプログラム (QBOX) に ESM 法の導入を行った。これにより、より大規模で現実の系に近いモデルを用いたシミュレーションが可能になる。さらに、昨年度開発したプログラムを用いて、目標であった500原子以上の固液界面系の X 線吸収スペクトルシミュレーションが可能であることを示した。これにより、電極劣化メカニズムを解明するための実験結果を理論的

に説明することが可能になった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 太陽光水素発生反応、第一原理分子動力学シミュレーション、有効遮蔽媒質法

〔研究題目〕 非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (1) 細胞壁脆弱化・機械的ナノ解繊処理と糖化酵素によるセルロース分解挙動の研究

〔研究代表者〕 遠藤 貴士 (バイオマスリファイナリー研究センター)

〔研究担当者〕 遠藤 貴士、岩本 伸一朗、熊谷 明夫、武 龍、妙見 夕佳
(常勤職員2名、他3名)

〔研究内容〕

本テーマは、リグノセルロース系バイオマスの利活用技術開発として、産総研が持つ木質等をナノサイズに解繊できる水熱・メカノケミカル処理技術と米国オークリッジ国立研究所 (ORNL) が持つ1つの微生物で酵素糖化と発酵を同時進行させる統合バイオプロセス (CBP) 技術との融合を進めることを目的としている。これら技術によりリグノセルロースから効率的かつ効果的にバイオ燃料や化学品を製造する技術開発を目指している。

本年度は、米国で研究対象とされているバイオマス原料を用いて水熱・メカノケミカル処理技術の CBP 技術への適用性を確認するため、ポプラおよびスイッチグラスを原料として水熱・メカノケミカル処理により、ナノサイズの微細繊維であるナノセルロースを製造し、酵素糖化性の評価を行った。その結果、いずれのバイオマスにおいても酵素糖化により90%以上のグルコース収率が得られ、水熱・メカノケミカル処理技術がバイオマスの種類に関係なく、広く適用可能であることが示された。

水熱・メカノケミカル処理により得られたナノ解繊物の特性評価として、これまでに構築した水晶振動子マイクロバランス法 (QCM) を用いて、酵素の吸着・分解挙動の解析を行った。その結果、水熱処理温度が180℃以上の場合、溶解・再析出したリグニンがナノファイバー表面を覆うことにより、酵素反応が阻害されることが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リグノセルロース、ナノ解繊、ナノセルロース

〔研究題目〕 非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (2) 糖化酵素生産糸状菌及び糖化酵素の高機能化研究

〔研究代表者〕 石川 一彦 (バイオマスリファイナリー研究センター)

〔研究担当者〕 石川 一彦、渡邊 真宏、藤井 達也、岸下 誠一郎、吉見 美穂
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

バイオ燃料製造における糖化酵素コストの削減およびエタノール発酵収率の改善を目的に、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) と連携し、セルロース系バイオ燃料の生産に適した酵素生産糸状菌およびバイオ燃料生産微生物の開発を行った。糸状菌酵素の開発では、セルラーゼ高生産糸状菌 *Talaromyces cellulolyticus* 株の相同組換えによる組換え糖化酵素の生産を検討し、昨年度までに、セルラーゼ高生産糸状菌 *T. cellulolyticus* CF-2612株由来の様々な糖化酵素を個別にモノコンポーネント化した酵素ライブラリーを構築し、さらにデンプン誘導型の同種発現系を用いて様々な組換え糖化酵素の発現技術を確立した。今年度はこの技術を用いて、バイオマス糖化に重要なコア酵素であるエキソグルカナーゼ (Cel7A, Cel6A)、エンドグルカナーゼ (Cel5A, Cel7B)、キシラナーゼ (Xy110A, Xy111) の発現生産に成功し、種々の酵素機能および活性評価にも成功した。また、本糸状菌に存在する耐熱性セルラーゼ酵素の同定にも成功した。また、当該発現系を用いて異種生物由来の耐熱性セルラーゼの発現実験を実施、種々の耐熱性セルラーゼ酵素が高発現可能であることを証明した。

キシロース発酵性組換え酵母の開発研究に関しては、昨年度において目標を達成できたため、今年度から当該研究を除外した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオ燃料、セルラーゼ生産糸状菌、キシロース発酵性酵母

〔研究題目〕 非可食性バイオマスを原料とするバイオマスリファイナリー研究 (3) 糖化酵素及び発酵阻害物質の効率的除去に関する研究

〔研究代表者〕 星野 保 (バイオマスリファイナリー研究センター)

〔研究担当者〕 星野 保、村上 克治、松鹿 昭則、木村 善一郎、濱田 佳子、辻 雅晴
(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、産総研の木質系バイオマス糖化技術と米国ローレンス・バークレー国立研究所の電子顕微鏡3D解析技術を組み合わせて、木質系バイオマスの糖化に必要なセルラーゼの使用量削減を目的とし、セルラーゼ阻害物質を効率的に分解・除去する技術開発を行った。

本年度の研究により、酵素阻害物質は試料内部に存在し、酵素処理に伴い、酵素反応の途中で徐々に反応液中に放出されることを明らかにした。また、ユーカリ木粉

をメカノケミカル処理して調整した試料中の、*Talaromyces cellulolyticus* 酵素処理によって生ずる細孔構造の詳細を透過型電子顕微鏡トモグラフィ観察により調べた。酵素処理により試料中に生じる細孔は、酵素処理時間が進行するに従い、細孔同士が連結し、試料表面から内部に繋がることを明らかにした。この結果は、酵素阻害物がこの細孔から徐々に放出される仮説を支持するものである。

T. cellulolyticus 由来セルラーゼに非イオン性界面活性剤を添加することにより、酵素阻害物質を軽減し、イオン交換樹脂処理とほぼ同等の酵素量の削減効果があることを確認した。この糖化液を用いて酵母による発酵を行った結果、添加する非イオン性界面活性剤の種類によって酵母の発酵能に与える影響は大きく変化した。Tween 80を添加した系では、試薬グルコース添加時と同様の発酵挙動が見られ、Tween 80が酵素阻害物を無毒化できることが分かったが Triton X-100では酵母細胞に対する毒性から発酵は確認できなかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】糖化反応、発酵阻害、3D-トモグラフィ

【研究題目】脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究

【研究代表者】町田 雅之（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】町田 雅之、玉野 孝一、小池 英明、梅村 舞子（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

微生物の持つ物質の分解・生産能力を利用して、バイオマス等の植物成分原料から化石燃料に代わる燃料物質を作製することを目的として、ディーゼル燃料の原料物質である脂肪酸、その他の炭化水素系化合物であるテルペノイドや二次代謝化合物の生産系の構築と生産性の向上技術の研究を進めている。

本年度は、生産性が向上した脂肪酸の細胞外への分泌化を進めるとともに、PNNL の研究員との協力により、情報科学のおよび実験科学的な解析の両面から研究を進めた。昨年度までに作製した脂肪酸分解に働くアシル CoA 合成酵素遺伝子の破壊株について、ある特定の化合物を添加して培養することにより、培養液中に脂肪酸が分泌されていることが示され、1.8g/L の生産量となった。これにより、細胞内の約 90%の脂肪酸が分泌されていることが分かったが、細胞内も含めた脂肪酸の全体の生産量には変化がなかった。また、この破壊株の脂肪酸組成に関して、ステアリン酸が顕著に増加し、リノール酸が逆に減少していた。脂質高生産カビであるケカビおよびクサレケカビ属のゲノム解析を進めた結果、脂質生産性と関連する遺伝子が多く存在していることが明らかになった。また、これらの糸状菌が培養条件に特異

的に脂質を高生産することを明らかとした。これらの遺伝子及びその構成の利用によりさらなる高生産化が期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオディーゼル、二次代謝、糸状菌、比較ゲノム科学

【研究題目】新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、小熊 光晴、辻村 拓、

文 石洙、小島 宏一

（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）へ在外研究員を派遣し、化学反応動力学に基づく在来燃料及びバイオ燃料等の新燃料に関する最新技術動向の調査を行うとともに、モデリング技術の習得を継続中である。平成25年度には、これまでに構築したイソペンタノールの詳細化学反応モデル（LLNL 公式ホームページ上で公開中）の中の重要反応を抜粋して構成するスケールダウンモデルを構築した。構築した簡略化モデルは種々の実験データと比較検討を重ね、詳細化学反応モデルと相違ない反応予測精度を得ることができた。さらに将来型エンジン（HCCI：予混合圧縮着火）を対象とした3次元熱流体数値解析コードに対し本研究で構築した簡略化モデルを適用し、実用面での有用性を確認することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】新燃料、バイオ燃料、高級アルコール燃料、化学反応動力学、モデリング、燃焼解析数値モデル、燃料物性、燃焼メカニズム、詳細反応モデル、デファクトスタンダード、シミュレーション

【研究題目】バイオ燃料の物理的特性が噴霧発達機構に及ぼす影響解析

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、文 石洙、辻村 拓、

小熊 光晴（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

アルゴンヌ国立研究所（ANL）と協力して燃料噴射ノズル内及び噴霧基部の高速 X 線撮影を行い、産総研がマクロ噴霧実験解析を行うことで燃料物性と噴霧発達特性との相関を調べ、高精度な燃料物性モデルの構築を実施している。平成24年度は、バイオ燃料の物性が噴射機器の性能及び噴霧発達に及ぼす影響を種々の噴射条件に対して調べた。また、次世代超高压噴霧の解析技術開発にも注力し、高速 X 線技法により世界初となる圧力

2000気圧以上、速度650m/s以上の超音速燃料流速を測定する技法を開発した。平成25年度には、これまで構築した X 線噴霧計測技法を更に改良し、結果の信頼性を高めた。改良された技法を用いて、様々な新燃料の物性及び噴射条件に対する実験データベースをより強化し、その結果をエンジン数値解析に用いられている噴霧モデルと比較解析することで、様々な燃料に対する従来噴霧モデルの妥当性を検討し、その改善方案について議論した。また、高効率・超低環境負荷に向けた次世代エンジンの最適ノズル開発に重要な知見を提供するため、ノズル噴孔形状、噴孔配置、噴孔数などのノズル設計因子がノズル近傍の微粒化及び噴霧ダイナミクス構造に及ぼす影響について詳細に解析した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】新燃料、バイオ燃料、噴霧、噴射特性、X線、超高压噴射、燃料物性、噴霧発達過程、モデリング、シミュレーション

【研究題目】再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、塩山 洋、

Arlin Jose Amali Aruldoss、

Qi-Long Zhu、Yao Chen、Hui Yang

(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

本事業は、米国エネルギー省 (DOE) 傘下のパシフィックノースウェスト国立研究所 (PNNL) との共同研究によって、高密度化学的水素貯蔵材料の高機能化を行い、高効率化学水素貯蔵技術を確立すると共に、化学水素化物に共通した活性化機構の基礎的解明を行い、化学的水素貯蔵材料の規格標準化に向けた基盤構築を目的としている。本研究では、超微細 Co ナノ粒子を dendritic 高分子内に固定化することに成功した。極めて小さい粒子径に起因して、dendritic 内に固定化された超微細 Co ナノ粒子は、アンモニアボランの活性化・水素放出反応において高い触媒活性を有することを見出した。多孔性炭素 MSC-30を担体として用いて、水酸化ナトリウム (NaOH) の共存下で前駆体 K_2PdCl_4 を $NaBH_4$ で還元することによって、超微細・高均一に分散・固定化された Pd ナノ粒子を合成し、ギ酸の分解・水素発生反応において、不均一系触媒として世界で最も高い活性を示す触媒の開発に成功した。また、金属前駆体の導入法及び還元法を工夫することにより、均一な粒子径分布を持ち、高分散された超微細金・コバルト (AuCo) 合金ナノ粒子を多孔性配位高分子 MIL-101のメソ細孔内への固定化に成功した。合成された AuCo @MIL-101材料は、アンモニアボランの加水分解による水素発生反応

において、触媒として高い機能性を示した。本研究により、dendritic 高分子、多孔性炭素や多孔性配位高分子材料への超微細金属ナノ粒子の固定化、ナノ粒子の形態制御及び異種金属間相乗効果は、水素貯蔵材料として有望な化学水素化物アンモニアボランやギ酸の活性化に極めて有効であることが明らかになった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究

【研究代表者】竹市 信彦

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】竹市 信彦、清林 哲、田中 秀明、

戸出 真由美 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本事業では、ユビキタスエネルギー研究部門と米国サンディア国立研究所との共同実験を通して、実際の使用に即した条件の下においてハイブリッド水素タンク及び使用する水素吸蔵合金の水素中に含有する不純物ガスに対する耐久性及び容器破壊時の安全性の把握とその対策技術の確立を目的としている。ハイブリッド水素容器破壊時には、容器内の水素吸蔵合金が大気に曝露される状況が想定される。評価対象とした既存の水素吸蔵合金である LaNi₅ や TiMn_{1.5} では、使用する条件においてはその表面が反応性の高い状態にあり、大気に曝露されると空気中の酸素との発熱反応が急激に起こり、生じた熱により試料が赤熱するような危険な状態に陥ることがわかった。今年度は、この大気曝露時に発生する危険性の低減に向け、急激な酸化反応を抑制する技術の確立を目指した。

大気曝露時に発生する熱は酸化反応に起因するため、酸素等が透過しにくい材料を使用し合金表面に被膜を形成させることにより、急激な酸化反応を抑制できる可能性がある。そこで、種々ある技術の中から炭素とフッ素のみからなるフッ素樹脂である PTFE と混合し合金表面を PTFE でコーティングする方法を検討した。PTFE と混合した LaNi₅ では、その混合試料が有する水素吸蔵量や水素吸蔵・放出速度が LaNi₅ のみの場合と殆ど変化しないことを確認できた。更に、合金に対して体積比で1以上の PTFE を混合することで、大気曝露時の酸化反応が抑制され試料温度の上昇を低減することに成功した。今後は、PTFE が形成する皮膜によって酸化反応の抑制を試みたが、混合する高分子の種類、混合比や充填の仕方を最適化することにより、より高い安全性を確保できる技術を検討する必要がある。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵合金、ハイブリッド水素タンク、大気曝露、安全性

〔研究題目〕凝集状態評価

〔研究代表者〕岡崎 俊也

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕岡崎 俊也、丹下 将克、高野 玲子、
巽 かおり (常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

世界的規模で取り組みが行われている地球温暖化対策の推進を背景に、平成21年2月の日米首脳会談において環境・エネルギー技術を中心とした日米協力の重要性について合意された。さらに、日米間の協力を基礎とした標準の策定を促進することとし、MOU (Memorandum of Understanding) にて署名が行われた。このような背景を受け、代表的ナノ物質であるカーボンナノチューブについて、その分散および凝集状態について国際標準化を目指した研究を行っている。

平成23年度までの研究から、分散状態に加えて、チューブ形状の異なる多種類のカーボンナノチューブについてデータを蓄積し、多様な評価を用いて、総合的に評価・検討する必要があることが分かってきた。また、平成24年度の研究において、偏光解消動的光散乱法による評価が、分散粒子の形状の異方性の有無を評価する上で、有益であることが分かってきた。

これまで本研究において評価に用いた多層カーボンナノチューブ試料には、精製工程が施されていた。しかしながら、その精製法が不十分であり、アモルファスカーボンや触媒金属等から構成される粗大粒子がまだ混在していた。このため、測定結果がカーボンナノチューブ自体を反映したシグナルなのか、もしくは、その他の不純物に強く影響された結果であるのかを判断することが困難であった。そこで、平成25年度は、カーボンナノチューブの精製法の改善を行い、さらに、その得られた高品質なカーボンナノチューブ試料を用いて、分散状態評価に取り組んだ。それに加え、形状が既知である材料を評価することで、偏光解消動的光散乱法や可変型微細孔を用いた電気的検知帯法が分散ナノ粒子の形状評価に有効であるかどうかを調べた。

その結果、電気的検知帯法を利用して分散粒子の粒径分布を評価する際に、メンブレンの微細孔のサイズに個体差があることや、測定中に微細孔の目詰まりが起らないように溶液中の粒子数を予めコントロールして分散液を調製しなければならないこと、さらに、分散液の種類に合わせて印加電圧と印加圧力を調節する必要があることがわかった。したがって、同法を利用してカーボンナノチューブ分散液の体積分布を評価することは原理的には可能であるが、試料調製や測定プロトコルに関する十分な技術の蓄積が必要であることがわかった。

〔分野名〕ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕カーボンナノチューブ、凝集状態、分散状態、国際標準化

〔研究題目〕太陽電池の耐久性・信頼性と発電効率向上のための評価技術の開発

〔研究代表者〕増田 淳

(太陽光発電工学研究センター)

〔研究担当者〕仁木 栄、松原 浩司、柴田 肇、
増田淳、櫻井 啓一郎、土井 卓也、
原 浩二郎、永井 武彦、猪狩 真一
(常勤職員9名)

〔研究内容〕

以下の①～④のテーマについて研究を実施した。成果の概要について述べる。

課題①：酸生成量の評価技術の実証

微量酸性水分の pH 値を高精度に計測できる pH センサ基板を実装した太陽電池モジュールの外部から、ダンブヒート試験中に pH センサ基板から発生する蛍光を多点同時に実時間計測可能な反射スペクトル計測装置を設計、開発した。また、東京農工大学への再委託により、太陽電池モジュールへ実装する pH センサ基板の開発を進め、pH 感受性蛍光色素である SNARF-4F において乾燥状態でも酸性水蒸気により蛍光波長の強度比が変化してセンサとして機能すること、太陽電池モジュールのラミネート温度でも安定的に機能を維持し耐熱性に優れること、太陽電池モジュール内を模した大気のない環境下で安定的に機能を維持すること等を明らかにした。

課題②：モジュール構成樹脂材料の性能評価技術の開発

超高抵抗なモジュール内部の封止材やバックシートの電気的特性の評価技術の開発を進めた。ラウンドロビンを通じて技術がおおむね妥当であることを確認すると共に残る課題を抽出し、並行して IEC 規格の策定作業を進めた。次年度の予備試験として実用サイズのモジュールの日本側での試作と米国共同研究先による耐久性評価を実施し、良好な結果を得た。

課題③：ヘテロ接合界面での電子状態の精密な評価技術の開発

逆光電子分光測定システムを以下の指針で構築した。逆光電子分光スペクトルのエネルギー分解能を決定している要因は、試料に入射される電子の運動エネルギーの精度と、試料から放出される光の波長を測定する精度であるため、高精度な測定を行うためには、試料に入射される電子の運動エネルギーの精度を向上させる必要がある。そのためには電子源から試料表面までの空間に外部から電場や磁場が侵入することをできる限り排除する必要がある。そのため、逆光電子分光測定チャンバーの材質に高透磁率材料であるパーマロイを採用し、それによって測定チャンバーの内部に侵入する地球磁場の強度を1/100に遮蔽することが可能となった。また、逆光電子分光の測定を行うためには、測定チャンバーの内部を超高真空に維持する必要があり、少なくとも 10^{-10} Pa 程度の超高真空が必要である。そのために、逆光電子分光測定チャンバーのリーク量を 5×10^{-10} Pa・m³/s 以下に抑

制し、またロードロック室と呼ばれる真空チャンバーを測定チャンバーに付属させ、測定チャンバーを大気に曝露する必要なしにシステムへ測定試料を導入することが可能な設計とした。平成25年度は、以上のような特徴を持つ逆光電子分光測定システムを構築し、いくつかの予備的な測定を行った。その結果、化合物薄膜太陽電池用材料の最も標準的な例である $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Se}_2$ 薄膜の逆光電子分光スペクトルを測定し、従来の文献で報告されている結果と整合すると考えられる結果を得た。また、逆光電子分光法のエネルギー分解能を約0.3eV程度まで向上させるために、光検出システムの改良を予備的に開始した。

課題④：基準太陽電池セルのインターコンパリゾン

結晶シリコン系太陽電池で製作した窓材の異なる基準太陽電池セルについて、日本とは異なる欧州のトレーサビリティ・校正方法とのインターコンパリゾン（比較校正）を実施した。統計的解析により、日欧双方の一次校正の不確かさの推定方法とその値は概ね妥当であり、日欧の結晶シリコン系の基準太陽電池セル一次校正值の整合度は、窓材の違いに関わらず、合成拡張不確かさ1.1%の範囲内であることが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、太陽光発電、モジュール、信頼性評価、蛍光色素、逆光電子分光、基準セル、インターコンパリゾン

【研究題目】再生可能エネルギー発電システム最適化のための評価技術の開発

【研究代表者】大谷 謙仁（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】大谷 謙仁、辻村 拓、難波 哲哉（常勤職員3名）

【研究内容】

太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS）の性能試験法を中心に、各国の系統連系規定の差異と同等性を確認する作業を行い、国際間の共通試験方式をまとめることを目標として、2カ年の計画で、機器性能の共通試験方式の開発とシステム統合化技術の開発を行う。機器性能の共通試験方式の開発では、太陽光発電用パワーコンディショナ（PCS）の系統連系及び性能評価に係る試験方式について、IEA ISGAN Annex.5（SIRFN）の活動を通じて日米欧の共通試験方式の開発と、試験結果の確認を行う。システム統合化技術の開発では、発電機（太陽光発電、風力発電など）、エネルギー貯蔵、電力負荷のそれぞれを統合したシステムとして評価するためのシステム評価技術を開発する。

平成25年度は、次世代型パワーコンディショナの機能試験について、国際比較実施のための人的および研究設備の環境整備を行い、次年度早期の共同実験に向けて、サンディア国立研究所および NREL との連携体制構築

が図れた。エネルギー貯蔵システム（EES）を再生可能エネルギー発電システムに組み込むことで得られる効果を検証するためのシステム性能試験については、実証例が乏しく、まずは試験方式のたたき台として米国エネルギー省主導で PNNL およびサンディア国立研究所が策定した試験プロトコルの調査を行った。IEA ISGAN Annex.5（SIRFN）の枠組みにおいて次年度下半期に国際共同実験の再検討を行うこととした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、パワーコンディショナ、国際標準化、スマートグリッド、分散電源

【研究題目】大規模蓄電池に適した低インピーダンス計測技術の開発

【研究代表者】三戸 章裕（計測標準研究部門）

【研究担当者】三戸 章裕、金子 晋久、藤木 弘之、坂本 憲彦（常勤職員4名）

【研究内容】

太陽光発電などの再生可能エネルギー電源は、気象条件により発電電力量が変動し、電力網の不安定化に至るという欠点がある。蓄電池は、これを解決する電力準化のキーデバイスとして普及が進んでいるが、蓄電池の劣化が電力品質へ悪影響を及ぼす懸念があることから、劣化を極力早期に検出可能な計測技術の確立が期待されている。本研究では、非破壊かつ蓄電池への負担が少ない評価法であるインピーダンス法に着目し、大規模蓄電池を評価対象としたインピーダンス計測技術の高精度化を行なっている。高精度計測システムからオンサイト評価に適した可搬型の計測器まで開発し、計量トレーサビリティにより信頼性を付与することにより、蓄電池の総合的評価の技術確立を目指す。

本年度は、大規模蓄電池をターゲットとした評価装置と、可搬型評価装置を中心に開発を行なった。大規模蓄電池は、急速充放電を可能とするために、1 mΩ程度の低インピーダンス値に抑えられている。これは測定が難しい領域で、測定の信頼性が低い。そこで、ミリオーム領域の高精度測定のため、従来の周波数応答解析器に電流拡張機能と電流評価用補助装置を付加するなどし、25 A 以上の大電流交流信号によるインピーダンス計測装置を構築した。これにより、低インピーダンス蓄電池の高精度化が進んだ。また、測定電流1.5 A の可搬型評価装置の試作機を開発した。この装置を用いて、低インピーダンス蓄電池評価の精度について検証した。その他、蓄電池を定量的に評価するために不可欠な評価用治具の試作とその電気的特性評価、および評価用模擬電池の開発を行なった。なお、本研究成果の一部は、日置電機株式会社への再委託により得られた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】蓄電池、リチウムイオン電池、非破壊劣化評価、交流インピーダンス、電気標

準、電気特性評価

【研究題目】水素インフラ実用化に向けた高圧水素計量管理技術の開発

【研究代表者】 寺尾 吉哉（計測標準研究部門）

【研究担当者】 森岡 敏博、船木 達也、岩井 彩、石橋 雅裕、梶川 宏明、飯泉 英昭、藤井 賢一（常勤職員8名）

【研究内容】

燃料電池自動車の普及に向けて、水素インフラ整備や規制緩和が課題となっている。水素インフラにおいて信頼性のある水素商取引を行うためには、高圧水素用の流量計や圧力センサ等の計量器を管理する技術が重要となる。本研究では、これらの流量計や圧力センサに対して国家標準にトレーサブルな校正・試験を行えるようにするため、水素流量の計測システム及び気体高圧力の標準を整備し、その国際同等性を確認することを目的としている。

本研究では、水素流量と気体高圧力について、米国国立標準技術研究所（NIST）とドイツ物理工学研究所（PTB）と連携し、国際比較を実施する。本年度は、水素流量に関して、国際比較用仲介器として低圧水素用マルチ臨界ノズル流量計測システム及び高圧水素用臨界ノズル式流量計を開発し、特性評価試験を実施した。気体高圧力に関しては、100 MPa までの圧力範囲で、重錘形圧力天びんを標準器として高精度圧力計を校正するシステムを構築し、国際比較の準備として、高精度圧力計を複数台組み込んだ仲介器の作製及び校正手順の開発を行った。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 水素、気体流量標準、気体高圧力標準、国際比較

【研究題目】バイオディーゼル燃料認証標準物質の開発

【研究代表者】 藤本 俊幸（計測標準研究部門）

【研究担当者】 藤本 俊幸、朱 彦北、沼田 雅彦、黒岩 貴芳、北牧 祐子、日置 昭治（常勤職員6名）

【研究内容】

地球温暖化対策のひとつとして世界各国で普及の進んでいるバイオディーゼル燃料（BDF）は、原料由来の夾雑物などに起因するエンジントラブル等を引き起こすことが懸念されていることから、品質管理のための規格（JIS K 2390）が制定されている。そこで本事業では、米国・国立標準技術研究所（NIST）と連携して、上記規格の対象成分のうち6元素（Na, K, Ca, Mg, P, S）の正確な値付け方法を確立し、その成果を活用して、分析の精度管理に用いる BDF 認証標準物質を開発する。本標準物質により分析値の信頼性を確保することで、

BDF の適切な品質管理を実現し、その普及に貢献するものとする。

本年度は、まず BDF の候補標準物質を選定・調製した。原料は、日本でも輸入を進める可能性のあるパーム油由来の BDF とし、約350本のアンプルに小分けして、均質性を評価した。次に、BDF 中の微量元素の正確な分析法の開発を行った。通常、元素分析の前処理には酸分解法を用いるため、本年度は酸分解の適切な条件を確立した。一方、酸分解法は操作時間がかかるという欠点を有しているため、迅速分析法として有機溶媒希釈直接測定法を考案した。本年度は、ICP-MS に直接導入しても十分な精度で測定可能な希釈用の有機溶媒を選定し、目的元素の濃度に対する応答が良好な直線性を示すことを確認した。さらに今年度は複数の国家計量研究所による妥当性確認のために、国際比較を一件 NIST と共同で提案した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 バイオディーゼル燃料（BDF）、認証標準物質、国際比較

【研究題目】微細形状計測

【研究代表者】 井藤 浩志

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】 井藤 浩志、Wang Chunmei

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

精密な形状計測を行うために必要な測定法、および、ラフネス評価のためにプローブ評価法の開発を行った。ラフネスについて、ISO TC201 SC9の国内審議委員会において、国内持ち回り試験の開始が承認された。ラフネスの再現性高める方法の1つとして、探針形状測定を利用して、鋭い探針で測定した表面形状から劣化した探針形状の画像を生成し、ラフネスの補正、又は、不確かさを求める方法を開発した。この方法の実用性を、Si上の金属薄膜のラフネス評価に適用し、実用性の確認を行った。また、電気測定に関するプローブ顕微鏡の標準化のために、持ち回り試験を VAMAS-TWA2で実施することが承認され、実施を開始した。最初に、国内の持ち回り試験を行い、装置単位の検量線では中間濃度領域の値の一致が悪く、個別の機器と探針の組み合わせで行うことで、走査キャパシタンス顕微鏡法（SCM）と走査広がり抵抗顕微鏡法（SSRM）のキャリア濃度の値が一致し、良好な結果が得られた。これらの結果に基づいて、手順や標準試料の構成の修正を行い、実用的な SCM や SSRM のキャリア濃度校正手順を作成した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 原子間力顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、カンチレバー、標準試料、ISO 国際標準

【研究題目】3D映像

〔研究代表者〕 氏家 弘裕（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 氏家 弘裕、渡邊 洋（健康工学研究部門）（常勤職員2名、他7名）

〔研究内容〕

立体（3D）映像メディア技術を情報機器・システムに導入することで3DTV 会議システムや3D テレワーク等の活用により、CO₂を多く排出する交通機関の利用を避ける事が可能になる。本テーマでは、立体映像を提示し、これによる心理学的及び生理学的な影響を調べ、映像酔いや視覚疲労など好ましくない生体影響をできるだけ生じさせない立体映像のためのガイドライン草案を作成し、その国際標準化を図ることで、誰にでも安全・安心に立体映像が利用可能な環境を日米連携で早急に整備、世界的な立体映像関連市場立ち上げをスムーズかつ急速に進め、エネルギー消費削減とともに、新しい産業による雇用創出への貢献を目指す。

具体的には、以下の2点について実施した。

(1) 3D 生体安全性国際規格化審議の基盤となる生体影響計測

3D 映像による視覚疲労要因のうち、両眼間非整合性についてこれまで主に要因単独での影響を調べてきたが、今年度は、要因間の複合的な影響を調べる実験（実験1および2）を行うとともに、要因単独での追加実験（実験3および4）も行った。また、NIST（米国標準技術研究所）との連携に基づく実験を行った。

まず、両眼間非整合要因間の複合的な影響を調べるために、両眼間回転ずれと両眼視差範囲の効果（実験1）について実験参加者14名（20～30歳）で実験を行うとともに、両眼間クロストークと両眼視差範囲の効果（実験2）についても実験参加者14名（22～59歳）で実験を行った。その結果、視差範囲の増加や両眼間非整合（回転ずれ、クロストーク）の増加に伴い快適度スコアが明らかに低下するとともに、両者の間での非線形的相互作用なども見られた。

次に、両眼間非整合要因単独での影響をさらに検討するために、画面サイズや視距離などの視聴環境が与える影響（実験3）について実験参加者20名（21～29歳）で実験を行うとともに、クロストーク値の大きな範囲での効果（実験4）についても実験参加者29名（20～69歳）で実験を行うことで、これらの効果を明らかにした。

さらに、NIST との連携では、3D ディスプレイ特性と生体影響との関係を明らかにするために、NIST との連携に基づいた人間工学実験を実験参加者20名（20～30歳）で実施した（実験5）。その結果、クロストークの増加に伴って奥行き知覚閾の増加が見られた。

以上の実験1～5における生体影響計測実験では、主観評価やアンケートを主体とする心理計測と、心電計

測を主体とする生理計測とを実施した。特に、過去に報告されている3D での不快度に関する短時間（主として数秒間）での観察による評価と異なり、比較的長時間（10～40分程度）での観察による計測を実施した点を特徴としてあげることができる。

(2) 3D 映像ガイドラインの国際規格化活動

ISO/TC 159/SC 4/WG 12（映像の生体安全性WG）において、上記の(1)に基づいて実施された3D 映像による視覚疲労に対する国際規格化は、研究担当者がWG コンビナー及びセクレタリーとして審議を進めてきた。その結果、親委員会（ISO/TC 159/SC 4（人間とシステムのインタラクション））での投票の結果、委員会原案（CD 9241-392）が成立し、これを受けて国際規格案（DIS）の登録を行い、さらに投票の結果、DIS が承認されるに至った。

なお本テーマは、（社）電子情報技術産業協会と共同で実施した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 立体映像、生体安全性、国際標準化

〔研究題目〕 ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等にかかる研究開発

〔研究代表者〕 山本 浩万（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 山本 浩万、土田 聡、小畑 建太、堂山 友己子、石綿 かおり（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

ハイパースペクトルセンサは、従来のセンサと比べ対象物の性質を詳しく分析することができるため、「宇宙にかかる技術の産業（資源確保・防災・環境等）利用への拡大」が期待される。本研究では、ハイパースペクトルセンサを活用するために不可欠な校正技術及び得られたデータの処理技術の開発を実施するとともに、今後同センサを有効に活用する上で解決すべき課題の洗い出し等を実施する。特に、現在、次期衛星センサとして経済産業省が開発中の高精度ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサ（HISUI）に対して、「校正技術」および「データ処理技術」の研究開発を実施する。

校正技術の研究開発として、代替校正、相互校正についての研究を進めた。代替校正実験において使用される標準反射板において、その二方向性反射率分布関数（BRDF）の自らの値づけを目指し、その第一段階として反射板の比較校正のための技術開発を試み、問題点を明確化した。代替校正および相互校正においては、HISUI 打ち上げ前のセンサとして現在運用されているハイパースペクトルセンサおよびマルチスペクトルセンサのデータを用いる事による可能性を示した。また、豪州代替校正サイトにおいて豪州連邦科学産業研究機構（CSIRO）と代替校正実験を共同実施した。データ処理技術の研究開発においては、HISUI の大気補正済み

プロダクトの作成方法の検討を実施した。今年度は、シーン内の最低画素値がパスラジアンスのみであるという仮定に基づいて、標高データと衛星観測輝度を組み合わせるパスラジアンスからエアロゾル量を推定する暗画素法を陸域向けに開発し良好な結果を得た。

【分野名】地質

【キーワード】衛星画像、校正・検証、画像補正、ハイパースペクトルセンサ、HISUI

【研究題目】低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト：ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発

【研究代表者】本田 一匡（安全科学研究部門）

【研究担当者】本田 一匡、蒲生 昌志、五十嵐 卓也、篠原 直秀、佐々木 毅、川口 建二、古賀 健司、古屋 武、清水 禎樹、陶 究、伯田 幸也、山本 和弘、榎原 研正、飯田 健次郎、櫻井 博、江馬 眞、張 貴華、斎藤 英典、カザウイ 理香、福井 浩子、蒲生 吉弘、篠塚 るり、鈴木 貴子、宮本 宏幸、内田 邦夫、吉田 智子、後藤 理恵、林田 津安子、柴野 容一（常勤職員15名、他14名）

【研究内容】

ナノ材料の物理化学性状がどのような範囲の材料であれば有害性が同等と見なせるか（同等性）の判断基準の構築と、簡便な初期有害性試験方法の確立を目的として、以下の研究開発を行った。

1) 同等性評価のための試料調製技術とキャラクタリゼーション

動物試験に供する二酸化チタン、酸化ニッケル、二酸化ケイ素ナノ粒子分散液について、調製方法の検討、試験実施機関への供給、キャラクタリゼーションを行った。また、結晶性シリカナノ粒子の調製方法の検討として、形成される非晶質相の割合を詳細に分析した。

2) エアロゾルの安定発生手法の構築

酸化ニッケルナノ粒子の懸濁液を用いて、液滴破碎現象の実験的・理論的検討を行い、凝集度が低いエアロゾル発生条件を見いだした。これに基づいて、二酸化チタンナノ材料のエアロゾルを発生させ、吸入暴露試験に供給した。

3) エアロゾルの液相捕集手法の構築

乾式エアロゾル発生装置とエアロゾル捕集装置を組み合わせた系を構築し、安定運転のための改良を行った。また、捕集効率の評価技術を構築し、JIS 標準粉体や二酸化チタンナノ材料について粒子捕集効率を評価した。

4) ナノ材料の体内分布及び生体反応分布の定量化技術

の開発

ナノ材料を暴露したラット肺に対して TLR4による炎症性肺胞マクロファージ識別方法を適用して、有害性評価のエンドポイントとしての有効性を検証した。また、光学顕微鏡と透過型電子顕微鏡観察の組み合わせによる観察手法の高度化を図った。

5) ナノ材料の体内動態と生体反応に関する数理モデルの構築

二酸化チタンナノ材料を投与したラットの臓器内分布・臓器間分布について、試行的な数理モデルを構築するとともに、肺クリアランスと物理化学的特性の比較を行った。また、酸化ニッケルナノ材料を用いた動物試験での臓器試料の分析を行った。

6) 培養肺胞モデル評価系の開発と数理モデル化への利用方法に関する研究開発

ラットから抽出した II 型肺胞上皮細胞をより実肺胞空間の環境に近づけるための培養条件の最適化、マクロファージの抽出を行った。また、ヒト培養株細胞系の評価系において、肺胞上皮基底側の血液相への粒子透過量の定量を行い、数理モデル化を検討した。

7) 国際動向の把握

OECD 工業ナノ材料作業部会や ISO ナノテクノロジー技術委員会での標準化等に関する議論に対して、適宜、意見表明を行った。また、OECD の活動として、ナノ材料のグループ化/同等性/類推に関する各国状況のアンケート調査を主導した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノ材料、同等性、キャラクタリゼーション、有害性評価、気管内投与試験、吸入暴露試験

【研究題目】革新的触媒による化学品製造プロセス技術開発プロジェクトのうち有機ケイ素機能性化学品製造プロセス技術開発

【研究代表者】佐藤 一彦

（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】佐藤 一彦、島田 茂、浅川 真澄、清水 政男、中島 裕美子、五十嵐 正安、八木橋 不二夫、江口 勝哉、石原 吉満、安田 弘之、崔 準哲、深谷 訓久、遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、山下 浩、崔 隆基（常勤職員17名、他17名）

【研究内容】

シリコンに代表される有機ケイ素材料は、耐熱性、耐候性、耐光性、高光透過性、耐寒性、離型性等の様々な優れた特性を有しており、他の材料では代替できない材料として極めて広範な分野において利用されている。しかし、有機ケイ素原料の製造は、高エネルギー消費プロセスであり、また、有機材料に比べ、触媒技術の開発

が大きく遅れており、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現、コストダウンに大きな余地を残している。そこで、本研究開発では、①砂から有機ケイ素原料を低エネルギー低コストで製造する触媒技術、②有機ケイ素原料から高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術の2つの研究課題に取り組むことにより、有機ケイ素材料の性能向上、新機能発現とともにコストダウンを達成することを目的としている。

平成25年度は、砂等の原料から金属ケイ素を経由せずにアルコキシシランを製造する触媒技術に関して、触媒の種類と量、導入ガスの圧力等の反応条件を検討し、収率の向上に成功した。また、水素を還元剤としてヒドロシランを製造する方法に関して検討し、一部の基質に対して有効な触媒反応系を見出した。高機能有機ケイ素部材を製造する触媒技術のうちケイ素-炭素結合を形成する触媒技術に関しては、ヒドロシリル化反応用触媒に関して検討し、触媒構造と反応基質の適切な組み合わせに関する指針を得た。ケイ素-酸素結合を形成する触媒技術に関しては、金属触媒等を用いた検討を行い、選択的にアルコキシシランを合成可能な触媒を見出した。また、ケイ素-ケイ素結合形成技術に関しては、触媒の種類や反応条件を検討し、低分子量の有機高次シランを高選択的に生成する触媒を見出した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ケイ素、触媒、シリコン、シリコーン、パラジウム、ルイス酸

【研究 題目】 次世代3次元内外計測の評価基盤技術開発

【研究代表者】 高辻 利之（計測標準研究部門）

【研究担当者】 阿部 誠、藤本 弘之
（常勤職員2名）

【研究 内容】

製品に対する省エネルギー、省資源の要求が高まり、部品の薄肉化・高密度化・複合化が求められ、かつ競争力維持のための高品質化への要求により、設計は複雑化、3次元化の一途を辿っている。このため、複雑に入り組んだ精密な内部構造をもつ部材や、異種材料・複合材料を組み合わせた部品を製造する機会が増えてきている。その際、部品同士における寸法・形状のずれや強度不足、さらに部品内部における予測できない変形・欠陥が発生するため、製造部品の内部まで設計通りの加工寸法・組立配置が実現されているかを正確に計測することが求められている。本研究では、複数の部品及び数種類の材質からなる産業製品内部を非破壊で高精度に計測し、高エネルギーで計測精度の保証があるディメンショナル X 線 CT を開発し、その性能や計測結果の信頼性を客観的に評価する評価技術の開発を実施する。本年度は高エネルギー X 線 CT 装置の分解能評価に適したゲージを製作し、それを用いて既存の高エネルギー X 線 CT 装置の分

解能を実際に評価した。製作した分解能評価用ゲージは、ライン・アンド・スペースを開放型の構造で実現し、材質について X 線減弱の異なる3水準としてタングステン、モリブデン、及び SUS（ステンレス鋼）を設定したものとした。評価寸法について、5 mm から0.05 mm の範囲を包含する20水準を設定したゲージとして製作した。分解能の評価方法として、周期構造部の X 線 CT 再構成画像における矩形波状コントラスト波形に注目し、ステップ応答の時定数としてモデル化した評価法を採用した。製作したゲージを使って既存の高エネルギー X 線 CT 装置実機の評価実験を行った結果、0.7 mm の分解能を示す結果を得た。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 座標測定機、光学式距離センサ、非接触

【研究 題目】 ライフサイエンスデータベースプロジェクト

【研究代表者】 今西 規（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 今西 規、村上 勝彦
（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

本事業は、独立行政法人科学技術振興機構（JST）に設置されたバイオサイエンスデータベースセンター（NBDC）を中核とした国全体のライフサイエンス分野の統合データベースを構築するため、経済産業省の分担業務であるポータル構築連携、横断検索連携、アーカイブ構築連携を行うことを目的とする。

本年度は、前年度までの経産省ライフサイエンスデータベースプロジェクトによって構築されたポータルサイト MEDALS (<http://medals.jp/>) を継続的に改良しつつ運営し、データベースやソフトウェア等の成果物に関する情報発信を行った。ポータルサイトの内容を随時更新し、新しいデータベース等の紹介を行った。特に、経産省関連の各種研究開発プロジェクトで作成されたデータベースやソフトウェアについては詳細な調査を実施した結果、合計170件の成果物を「便覧」に掲載した。また、多数のデータベースを一括検索できる「MEDALS 横断検索」については対象データベースをさらに充実させたほか、データ ID による検索との連携を新たに実現した。データベースのアーカイブ作成も、NBDC との連携のもとで実施した。広報活動では、データベース講習会の開催やアンケートによるニーズ調査のほか、幅広い利用者への情報提供を実現するために新しい情報発信の手段として Facebook や Twitter の利用を継続し、また Ustream による講習会ビデオ配信を行った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 データベース、ソフトウェア、横断検索

【研究 題目】 医療機器に関する開発ガイドライン作成

のための支援事業

【研究代表者】赤松 幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】赤松 幹之、鎮西 清行、鷲尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、木山 亮一（バイオメディカル研究部門）、片岡 正俊（健康工学研究部門）、弓場 俊輔（健康工学研究部門）、坂無 英徳（情報技術研究部門）、本間 敬子（知能システム研究部門）、梶谷 勇（知能システム研究部門）、榊田 創（エネルギー技術研究部門）、池原 譲（糖鎖医工学研究センター）（常勤職員14名）

【研究内容】

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民のQOLの向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。

平成25年度は、再生医療分野（ヒト細胞製造システム）、体内埋め込み型材料分野（高生体適合性〔カスタムメイド〕他関節インプラント）、体内埋め込み型材料分野（高生体適合性〔カスタムメイド〕脊椎インプラント）、ナビゲーション医療分野（PDT 機器）、体内埋め込み型材料分野（積層造形医療機器）、テーラーメイド医療用診断機器分野（遺伝子発現解析用 DNA チップ）、医療用ソフトウェア分野（医療用ソフトウェア）、運動機能回復訓練機器分野（運動機能訓練用医療機器）、プラズマ応用技術分野（プラズマ処置機器）の8課題の開発ワーキンググループを設置し、厚生労働省の事業に基づいて設置された審査 WG と連携して、開発者および審査関係者に有益な事項に関して技術的側面から検討した。この結果、再生医療分野、体内埋め込み型材料分野、プラズマ応用技術分野、医療用ソフトウェア分野、運動機能回復訓練機器分野における6件の開発ガイドライン（案）を策定した。

開発ガイドラインの普及啓蒙活動として、既刊の開発ガイドラインにつき、医療機器関連の開発者等を対象とするセミナーを開催した。開発ガイドラインの解説テキスト等を作成する等セミナー内容の検討は、開発 WG で行なった。本年度ガイドライン案検討を行わなかった1分野については、普及活動のためのワーキンググループ（普及活動 WG）を別途設置してこの検討にあたった。

セミナー開催に当たっては、厚生労働省および国立医

薬品食品衛生研究所の共催および関連する諸学会の後援を得て、開発ガイドラインの内容だけでなく、関連する次世代医療機器評価指標や関連分野の医学および技術の動向、医薬品医療機器等法などの最新動向の情報提供につとめた。

これらの結果、セミナーを再生医療分野、体内埋め込み型材料分野の2つの分野について4回開催し、合計560名の受講者をつとめた。また、体内埋め込み型材料分野の1件の開発ガイドラインを英訳した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】医療機器開発ガイドライン、再生医療、手術ロボット、リハビリテーション機器、生体適合性インプラント、医療用ソフトウェア

【研究題目】基準策定・評価事業

【研究代表者】比留川 博久（知能システム研究部門）

【研究担当者】松本 吉央、中坊 嘉宏、松本 治、梶谷 勇、本間 敬子、角 保志、脇田 優仁、田中 秀幸、吉田 英一、吉安 祐介、安藤 慶昭、原 功、藤原 清司、尾暮 拓也、佐川 立昌（知能システム研究部門）、西田 佳史、三輪 洋靖、多田 充徳、遠藤 維（デジタルヒューマン工学研究センター）、本村 陽一、西村 拓一（サービス工学研究センター）（常勤職員22名）

【研究内容】

本事業の初年度である平成25年度は、「移乗介助（装着）」「移乗介助（非装着）」「移動支援」「排泄支援」「認知症の方の見守り」の重点5分野についての開発内容を評価するための基準の策定を行った。

具体的には、まずロボット介護機器の開発にあたりコンセプト（実生活での活用法、利用対象者の明示、およびその実現に必要な機械的要件の導出）を整理するための「開発コンセプトシート」と、「安全コンセプトチェックシート」および「リスクアセスメントシート」の雛形を作成し、開発補助事業者への解説を行った。また、各重点分野の機器が満たすべき安全および性能の検証項目・方法をまとめた「機械的要件の状況確認シート」を策定した。これらのシートに基づいて、開発補助事業に採択された45事業者を対象に、平成25年10月には中間審査（書類審査およびヒアリング）、平成26年2月にはステージゲート審査（書類審査、実機審査およびヒアリング）を実施した。

また、安全・性能の新たな検証方法と評価試験装置、および効果評価システムの開発を行った。具体的には、ロボット介護機器が人体へ与える影響の評価手法や、介護者および被介護者の動作を模擬する人型ロボットおよび力学シミュレータ、介護施設での（ロボット介護機器

の利用状況を含む) 介護業務を記録するシステムなどを開発した。また、実際の介護施設での実証試験の前に評価を行うための「模擬介護施設」を、生活支援ロボット安全検証センター内に構築した。また、今後の実証試験に必要となる倫理申請のガイドラインの策定、および開発補助企業への解説を行った。

さらに、プロジェクトの広報ページ (robotcare.jp) を開設し、プロジェクトの研究成果・基準策定状況に関する情報発信 (日本語および英語) を行った。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ロボット、介護支援機器、基準、評価、安全、効果

【研究題目】 超精密三次元造形システム技術開発プロジェクト

【研究代表者】 岡根 利光

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 岡根 利光、今村 聡、梶野 智史、岩本 和世、松本 純一 (集積マイクロシステム研究センター)、綾 信博 (イノベーション推進本部) (常勤職員6名)

【研究内容】

铸造製品は自動車エンジンのシリンダーヘッドや発電所のガスタービンのブレード等、多くの産業分野において重要な中核部品として使用されている。従来技術では、製品と同じ形状をした模型を用いて砂型に形状を転写させ、溶けた金属を砂型に流し込み固めることによって再度形状を転写して製品を得る。複雑形状に対応する為には複数の型の組み合わせなどの工夫が必要であり、現状技術では铸造品の形状の複雑さには限界がある。

“超精密三次元造形システム技術開発”では、複雑部品形状に対応する複雑形状の砂型 (铸造用铸型) に砂粒を積層して3次元造形し、そこに熔融金属を流し込み部品を铸造する技術を開発する。模型を作らず部品の形状データに基づいて3次元形状の砂型を直接積層造形することにより、今後の市場が期待される、より薄肉・軽量となる超複雑形状の高付加価値部品の製造が可能となる。しかしながら、現状では3次元の砂型を積層造形して铸型として用いて铸造品を生産する場合、铸型の製造速度などの生産性、鉄など高融点金属の铸造に対応できる強度・耐熱性等について課題がある。

本技術開発では、砂型材料とその積層装置技術の開発を行い、積層速度の高速化、併せて、高融点の金属への対応、積層造形した铸型を傾斜構造化することにより局所的冷却制御を可能とするなど、新生産技術の確立に向けた技術開発を進めている。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 铸造、積層造形、アルミニウム合金、鋳鉄

・石油天然ガス基礎調査等委託費

【研究題目】 平成25年度メタンハイドレート開発促進事業 (生産手法開発に関する研究開発)

【研究代表者】 成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

【研究担当者】 海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、神 裕介、今野 義浩、木田 真人、皆川 秀紀、江川 浩輔、宮崎 晋行 (兼務)、米田 純、山本 佳孝、室町 実大、清野 文雄 (兼務)、小笠原 啓一 (兼務)、小野 晶子、佐藤 章子、毛利 大、長原 さゆり、内海 崇、袴田 陽子、泉 隼人、大山 裕之、池田 育子、林 順子、真城 一憲、渡辺 敬一、渡邊 瑞穂、深見 英司、羽田 博憲、金子 広明、西村 興男、木村 匠、泉 彰子、伊藤 拓馬、西川 泰則、榎井 明、明円 文子、小林 秀男、片桐 淳、青木 一男、覺本 真代、熊谷 小百合、大野 孝雄、根本 照子、山口 寛子、村岡 道弘、大竹 道香、宮田 雅子、須々木 尚子、野崎 たみ、阿部 透、清水 努、椿 卓也、佐藤 康晴、白鳥 治子 (常勤職員14名、他41名)

【研究内容】

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、坑底圧を3MPa以下とする強減圧法について、メタンハイドレート堆積層の水飽和率の生産増進効果を実験によって解析した。その結果、高水飽和コアは、低水飽和コアに比べ、氷生成によるガス生産の増進期間が長くなることが明らかとなった。この現象をMH21-HYDRESによるシミュレーション解析によって解析したところ、高水飽和コアでは、減圧初期からコア内全域で氷が生成するのに対し、低水飽和コアではコア周辺部から順に氷が生成しており、水飽和率が高いほど有効に氷の生成熱が分解に寄与してガス生産が高まることを明らかにした。また、大型室内産出試験設備による強減圧生産実験から、減圧直後にガス生産レートが増加し、その後減衰した後一定レートに落ち着く挙動を繰り返したのに対し、2.1MPaまで強減圧したところ、ガス生産レートは増加後減衰することなく高レートで維持されることが明らかになり、このとき砂層内部では、2.1MPaまで強減圧したところで、

氷点下でわずかな温度上昇が計測され、氷生成が始まったと推測された。氷が生成する期間、ガス生産性が顕著に増加することを確認し、強減圧生産法の有効性を確認した。生産障害の解析については、細粒砂の移流・蓄積過程を解析するため、海洋産出試験・事前掘削コアを用いて、ハイドレート層の性状と細粒成分の関係を解析した。粒径約60 μm 以下の Silt 成分が20~30%の割合で含まれている“Sand”から“Silty sand”に区分される領域でハイドレート飽和率が高いことが明らかとなったほか、ここで粒径約4 μm 以下の clay 成分1~3%程度が堆積層に含まれており、ガス生産時この clay 成分がガス生産の際移流する可能性が高いと推察された。砂層中の細粒砂の蓄積過程を再現するために、3次元孔隙モデルを作成し、細粒砂懸濁液を圧入する数値シミュレーションを行った。一定圧力勾配、全方向周期境界条件の下で数値計算を行い、細粒砂濃度が20%以上だと閉塞し、15%以下だといった流速が落ちるもののその後回復するという結果を得た。この傾向は細粒砂濃度のみに依存し、細粒砂粒径によらないことが明らかとなった。高濃度 NaCl と粘土が懸濁する坑井内流体について、その相平衡条件などについて検討した。ラマン分光分析の結果、いずれの懸濁液から生成したハイドレートも I 型結晶構造であり、粘土の含有量が高くなると大ケージ占有率は粘土によりほとんど変化しないが、小ケージは明らかに占有率が低くなり、水和数は小ケージ占有率の減少に伴って増加する傾向が見られた。また、水蒸気圧測定の結果、高濃度の NaCl 水溶液に高濃度の粘土が懸濁した場合にはハイドレート相平衡条件が低温・高圧へシフトする可能性が示唆され、メタンハイドレート再生成を防止するものと思われる。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、メタンハイドレート貯留層内の塩分濃度の関数として、粘土鉱物の膨潤により浸透率が低下する挙動を表す数値解析式を開発し、MH21-HYDRES に計算サブルーチンとしてシミュレータに組み込んだほか、ガス生産レートへの影響を解析した。CO₂圧入に伴うハイドレート生成およびCH₄生産増進モデルを更新し、混合ガスハイドレート被膜の形成によるCH₄-CO₂置換反応の遅延効果と、その後の緩やかな置換反応を表現可能なモデルを構築し、MH21-HYDRES へ組み込んだ。また、固相の質量保存式を完全陰解法として取り扱えるようにシミュレータを改良し、計算の安定性、計算精度および計算速度の向上を図ることによって、15%程度の計算速度の向上を図った。海洋産出試験の挙動予測のために、海洋産出試験適地で新規に取得した検層・コアデータおよび解釈・分析結果をベースに浸透率を考慮して複数の坑井地質モデルを作成し、2次元円筒座標系モデルを構築して、想定される試験計画の条件下で生産挙動を予測した。仕上げ区間がメタンハイドレート貯留層上限から40m 下部までで、流動坑底圧力を3MPa 一定にしてシミュレーション

をおこなった。15日後のガス生産レートは絶対浸透率/初期水有効浸透率を低めに設定した場合に8,000m³/d、両浸透率を高めに設定した場合に28,000m³/d と予測され、両浸透率の組み合わせにより大きく異なった。また、水の生産レートは両浸透率を低めに設定した場合に110m³/d、両浸透率を高めに設定した場合に600m³/d と予測され、水の生産レートはESP ポンプの可動範囲(50~500m³/d)を大きく逸脱することはないことが分かった。一方、貯留層モデルの構築のため、引き続き第一回海洋産出試験地において圧力コア取得作業を行うとともに、取得したコア解析を実施した。粉末エックス線回折実験を実施し、堆積物の主要鉱物組成の同定および定量分析を行った。分析の結果、メタンハイドレート濃集区間の堆積物は、主に石英、長石、スメクタイト、雲母、普通角閃石、緑泥石/カオリナイト、炭酸カルシウム(石灰質微化石)、黄鉄鉱などから構成されることが判明した。また、各鉱物の含有量と粒径との相関関係などを求めた。また、分解ガスの組成をガスクロマトグラフにより分析した。深度によらず分解ガスの主成分はメタンであったが、副成分として~数百 ppm 程度の C2~C6炭化水素が含まれていた。特徴的な点としては、浅層ではエタン濃度が数十 ppm オーダーであったのに対し、深部ほどエタン濃度が高くなる(数百 ppm)傾向が認められ、深部からの炭化水素成分を含む流体の移動により、炭化水素組成の分別が起きていることが示唆された。さらに、メタンハイドレートを多く含む砂層部分については等方圧密排水せん断試験を行い、低浸透率が想定される泥質層については等方圧密非排水せん断試験を行った。温度、水圧および土かぶり圧を原位置の条件として試験を行った結果、メタンハイドレートを含むコアは近傍の強度に対して1.5倍~2倍の強度を持つことが明らかになった。今回の力学試験の結果は、2011年に取得された上部層のコアの力学試験結果とかなり良い相関を示した。また、力学試験の圧密時に取得される排水量と圧密圧力の関係から浸透率の推定を行い、泥質層については0.0数 mD 程度、砂層については数十 mD 程度であることが確認された。

地層特性評価技術の開発においては、砂泥互層を模擬したコアを作成し、その中を孔隙水が流れた状況を模擬した時に、堆積層を構成している微細粒子に生じる流動現象を観測した。模擬砂泥互層コアの泥層は、基礎試錐から得られた天然の泥に加えて、膨潤性の高いベントナイトを添加したコア試料を測定した。天然泥を用いた模擬砂泥互層コアでの実験の結果により、流出量は0.1wt%以下であるものの、水の流入により泥が流出した。また天然の泥を用いたコアからは、泥の流出に加え NaCl の流出も観測された。

ベントナイトの場合、低流速の実験でも、長い時間が経過した後の流出量は増加している。このことより、ベントナイトの膨潤が流出量に影響を与えているものと考え

えられた。これらの結果より、生産時に泥成分が剥削・流出する可能性があること、流出には泥層の膨潤性が影響することが示唆された。また、泥層からの塩の流出は、泥層を構成している膨潤性のある鉱物を膨潤させ、泥層粒子の流出も促進する可能性が示された。また、東部南海トラフ域のメタンハイドレート貯留層を想定した詳細モデルを作成し、減圧法を適用した場合の生産挙動を数値シミュレーションで予測した。その結果、生産井の近傍の要素で減圧初期に平均有効応力の増加が急速に生じ、その後時間の経過とともに高いせん断応力が発達することが確認された。さらに、高拘束圧下でせん断挙動の観察が可能な一面せん断試験装置を開発し、局所的な変形挙動について画像解析を行った結果、土の密度が大きいほどせん断強度は大きく、密度が小さいほどせん断面に垂直方向に圧縮しやすいことが確認されたほか、土の密度が高いほどせん断ひずみが集中していることが明らかになった。坑井健全性評価として、メタンハイドレート層からメタンガスを生産する際の坑井と地層との接触面強度を求めた。坑井のケーシングセメント間を模擬した試料を用いて拘束下で鋼棒による押し抜き試験を行い、坑井の表面粗さ、セメントの組成が接触面の最大摩擦強度および残留強度に及ぼす影響について評価を実施したほか、セメントの一軸圧縮試験および圧裂引張試験を行い、セメントの強度と接触面強度の関係について検討した。鋼棒の押し抜きの際の摩擦の挙動は、載荷開始と共に始まる線形的な応力の増加、接触面の剥離による応力緩和そしてスティックスリップ現象の3つのステージを経て残留強度が一定に落ち着く傾向を示した。また、水セメント比はセメント固化体の強度に影響を与え、水セメント比が増加すると強度が低下するが、鋼棒セメント間の最大摩擦強度および残留強度に及ぼす影響は無視できることが分かった。しかし、変形係数は水セメント比が増加すると、若干増加する傾向を示した。さらに、鋼棒セメント間の接触面が剥離に至るまでの貫入量は有効拘束圧および鋼棒の表面粗さに依存し増加することが分かった。一方、有効拘束圧および鋼棒の表面粗さは最大摩擦強度および残留強度に影響を与え、有効拘束圧または表面粗さが増加すると摩擦力も増加する傾向を示した。結果として、ケーシングセメント間の接触面はセメントの強度よりも弱いせん断応力で破壊が生じる事が明らかとなり、ケーシングセメント間の接触面強度に関する相関からモデル式を導出した。また、坑井のケーシングと地層との摩擦特性を明らかにするために、高圧の押し抜き試験装置を用いて種々の表面粗さを持つ模擬ケーシングと豊浦砂および8号東北硅砂との摩擦試験を実施した結果、模擬ケーシングの摩擦力と変位の関係において、拘束圧が増加するにつれて硬化型から軟化型の挙動へ変化することが分かった。模擬ケーシング表面粗さが大きい場合、低拘束圧ほどセカントアングルが高く拘束圧の増加に従って低くなるが、表面粗さが小さい場合は

拘束圧の増加とともにセカントアングルも増加した。また、高拘束圧域においても、摩擦力は粒径と粗度の比に大きく依存することが分かった。これらのことから、高拘束圧域の摩擦強度は拘束圧、粒径および粗度の関係から推定可能となり、表面粗さや $Rz/D50$ を用いた摩擦強度の実験式を導出した。一方、減圧法によるメタンハイドレート分解実験を行った結果、メタンハイドレートの分解が始まると、徐々に間隙は減少し、分解が終了したときの間隙比は、細粒分含有率が高いほど大きい結果となった。間隙水圧回復過程では、弾性膨張を起こしており、膨張量は細粒分含有率の有無にかかわらず、ほぼ同等の膨張量であることが確認された。さらに、COHMA を使用して、開発初期から生産終了後まで解析的検討を行った。減圧法による生産を想定し解析を行った結果、細粒分含有率が高いほど体積圧縮を顕著に生じ、メタンハイドレート胚胎層の上下の地層において、せん断変形を引き起こすことが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メタンハイドレート、貯留層特性、生産シミュレータ、エネルギー効率、天然ガス、生産技術、原位置計測技術、熱特性、力学特性、圧密特性、相対浸透率、産出試験、東部南海トラフ、地層変形、生産障害

・放射性廃棄物処分基準調査等委託費

【研究題目】地層処分共通技術調査：海域地質環境調査確証技術開発

【研究代表者】丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】丸井 敦尚、光畑 裕司、町田 功、井川 怜欧、横田 俊之、上田 匠、小野 昌彦、小原 直樹、越谷 賢、楠瀬勤一郎、古宇田亮一、森山 哲郎、樽沢 春菜、伊藤 成輝、吉澤 拓也、西崎 聖史（常勤職員6名、他10名）

【研究内容】

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い既に放射性廃棄物が発生しており、この処理処分対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿って、国、研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めていくこととしている。しかし、有力な候補地となりうる沿岸域（とくに浅海域）では、これまでは物理探査などの調査が困難であることから断層等の地質構造調査が十分になされてこなかった。沿岸域に潜在する断層は、地質学的な安定性を欠くばかりでなく、深層地下水の流路として核種の選択的な移行経路になる可能性がある。沿岸域が処分場の候補地となる可能性がある以上、沿岸域に係る調査法や既存データの再解析法の適用性や信頼性を向上させ

る必要があると考え、本委託事業「海域地質環境調査確証技術開発」は、原子力発電環境整備機構（NUMO）の強い要請を受け、平成19年度より開始している「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発（H19-H24）」および「海域地質環境調査技術高度化開発（H22-H23）」の発展的な研究課題として、前述の全体計画のうち「地質環境特性調査評価技術」における要素技術の開発・改良・高度化研究の一つとして位置付けられた。

沿岸域海底下に特徴的な地質環境の調査評価手法の高度化開発を行うことを目的として、沿岸海域における反射法物理探査技術に関する研究を実施した。調査対象海域として静岡県駿河湾地域を選定し、当該海域の三次元弾性体グリッドモデルを作成し、数値シミュレーションにより探査仕様の検討を行った。

その結果「海域弾性波反射法探査」として、静岡県富士川河口沿岸陸域および駿河湾富士川河口沿岸海域における反射法弾性波探査の現地作業およびデータ処理・解析を実施した。しかし、対象域は、交通や波浪による環境ノイズが大きく想定される地域であり、砂丘部における発震点の確保および起振エネルギーが不十分であることが懸念された。このため、陸域起振車による発震を補完し補強する目的で、海岸線に沿って大型エアガンによる海域オフセット発震でのデータ取得を行った結果、深部（5000m以深）までの地下構造や断層深部延長のイメージングが可能となり、浅部構造の解釈も容易となった。

沿岸域物理探査データ評価のためのシミュレーションと解析においては、①三次元弾性波シミュレーションを用いた探査仕様・解析手法の検討と②T法2次元探査数値解析支援ソフトウェアの開発を実施した。三次元弾性体グリッドモデルを高精度化し、より現実に近い検討が実施できるよう留意してモデルを作成し、三次元数値シミュレーションを実施した。MT法2次元探査数値解析支援ソフトウェアの開発においては、産総研が公開している電磁探査MT法2次元数値解析（フォワードおよびインバージョン計算）用プログラムソフトウェア「MT2-D」にGUIを付加し、計算の前処理から後処理にかかる一連の作業の簡便化・効率化が可能となった。

海上掘削調査技術の開発においては、海域での地形・地質調査に加え、ラドン観測等により海底に湧出する地下水の位置を同定した（次年度に採水と湧出量の算定を実施する予定）。また、水理地質構造を評価するための掘削方法、地質・地下水試料採取方法、海底下地下水環境モデルの構築方法に関する体系的な研究を実施し、他の沿岸域研究課題による成果も活用して、既往の研究成果や情報を踏まえた上で、海上ボーリング調査対象となる沿岸域の海底下水理地質モデルを構築した。さらに地下水流動解析を実施することで、掘削地周辺の地下水環境の推定や掘削適地の評価を行った。とりわけ、長期的な地下水流動解析を実施した結果；①駿河湾沿岸域の海

岸線から1km内陸部における10%塩淡境界は、潤井川沿い海岸低地部でGL. -90～280mの古富士火山噴出物中、愛鷹山南麓部でGL. -580程度に現れることが予測された。②海底湧水は、潤井川沿い海岸低地部で沖合200～300m程度、愛鷹山南麓部で沖合100mに発生することが予測された。③海底地形が急峻な地域では、過去に涵養された地下水が海底下に取り残される現象は殆んど見られなかった。④表層付近に高透水の地層が存在していた場合、ここを選択的に地下水が流動し、陸域地下水の海域への影響が軽減される効果があることが予測された。これは火山岩地域のような亀裂水が存在する地域では、より顕著に影響が出るものと想定された。

今後は地質と地下水流動の関係を高精度にとらえ、現世の地下水流動から外れた安定的な地下水領域の検証・評価手法の開発を確立したい。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】沿岸域、海底湧水調査、反射法物理探査、水理調査、海上ボーリング

【研究題目】水素置換挙動調査

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】高橋 明文、和田 有司、緒方 雄二、中山 良男、松村 知治、久保田 士郎、椎名 拓海、若林 邦彦、松木 亮、堀口 貞茲、江渕 輝雄、堀川 貴広、高柿 大輔、橋本 進吾、加藤 常雄（常勤職員9名、他6名）

【研究内容】

水素ネットワーク構築導管において、空気から水素への置換作業を安全に行うための調査研究を行った。調査研究を行うにあたっては扱う水素の量が大量となるため、野外実験を実施した。

窒素をある程度導入して部分的に窒素層を形成した後、水素を流すという手順によって空気と水素を隔離したまま置換を行う手法を想定し、この場合に窒素層が保持され空気と水素の混合気が形成されない条件を検証するためのデータの取得を行った。得られたデータを実際の施工に効率よく反映させるために、管の口径や管内流速（レイノルズ数）による整理が可能となるように実験方法を配慮した。

調査の対象として設定した導管は内径約25mm、約50mm、約100mm及び約150mmの4種の配管用炭素鋼管であり、分岐や曲がりがなく導管延長はいずれも80mである。測定対象としては水素の流量、窒素の流量、管内気体の圧力、同じく管内気体の温度、そして水素、窒素及び酸素の時間の経過に伴う濃度変化である。これらを精度よく取得するために適正な流量計、圧力計、温度計、気体濃度計を適宜組み合わせで取得した。

解析を通じて、導管の口径、レイノルズ数、及び測定点（導管延長方向位置及び導管内での鉛直方向位置）に

よる依存性が明らかとなった。中でも先行する窒素を押し出す形で水素を流した際に、移動現象論、特に移流拡散と対流混合の支配する現象として窒素と水素が混合する層が条件ごとに変化する挙動を整理可能であることを見出した。

以上、本調査研究を通じて導管内を安全に空気から水素へと置換する際の安全対策を施す上での重要な示唆を得ることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、空気、窒素、都市ガス、パイプライン、導管、置換、レイノルズ数、移動現象論、移流拡散、対流

・石油資源開発技術等研究調査等委託費

【研究題目】石油資源遠隔探知技術の研究開発

【研究代表者】山本 浩万（地質情報研究部門）

【研究担当者】山本 浩万、浦井 稔、川畑 大作、岩男 弘毅、土田 聡、山本 直孝、小畑 建太、加藤 敏、堂山 友己子、石綿 かおり（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

本研究は、我が国のエネルギー安定供給確保に資するため、経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサー ASTER のデータを用いて、処理・解析技術の先端的研究開発を実施するものである。当部門では、①画像データの校正・検証・補正技術及び処理・解析技術の高度・高精度化の研究・技術開発と②地質・衛星情報マップ作成を担当している。

①については、代替校正実験結果から、過去からの ASTER データ可視近赤外バンドの劣化傾向に大きな変化は見うけられず、MODIS との相互校正の結果とも劣化パターンにおいては一致性が高かった。本研究の結果は、一般配布されている ASTER データに反映されることになった。L1A データにおける奇数と偶数素子の素子間感度偏差について、ゲイン補正を行う事で、ストライプを減少させる見込みを得た。ASTER 熱赤外バンドの代替校正実験を行い、機上校正がいずれのバンドも校正精度の仕様を満たしていることを確認した。ただし、日米で配布されている各々の放射率プロダクトにおいて、アルゴリズムや設定の微妙な違いが原因と思われる差があった。ASTER 雲量推定に関しては、MOD35プロダクトによる雲マスクを毎日生成してプロダクト検索やミッション達成度解析、Late Change の雲避け効果の評価などにおいても活用されている。今年度は ASTER 晴天観測回数マップや観測成功率マップ、雲マスク画像の目視評価や Uncertain 画素率に基づく評価を実施した。②については、北米を対象にグローバル衛星画像データセットを作成し、昨年度までの成果と合わせて全球の衛星画像データセットを完成した。

【分野名】地質

【キーワード】衛星画像、校正・検証、画像補正、ASTER

【研究題目】平成25年度国内資源開発基礎情報取得等事業

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、宮崎 一博、荒井 晃作、下田 玄、斎藤 眞、水野 清秀、石塚 吉浩、岸本 清行、尾崎 正紀、松浦 浩久、片山 肇、小田 啓邦、板木 拓也、井上 卓彦、西岡 芳晴、宝田 晋治、森尻 理恵、佐藤 智之、佐藤 太一、佐藤 大介、工藤 崇、内野 隆之、竹内 圭史、高橋 浩、小松原 琢、古川 竜太、山元 孝広、中野 俊、及川 輝樹（以上、地質情報研究部門）、棚橋 学、鈴木 祐一郎、高木 哲一、佐脇 貴幸、中嶋 健、金子 信行、森田 澄人、後藤 秀作、大野 哲二（以上、地圏資源環境研究部門）（常勤職員38名）

【研究内容】

本研究では、日本周辺海域の地質情報を収集・整理し、国民経済上特に重要であり、その安定的な供給の確保が特に必要な石油・天然ガス等の鉱物の鉱区候補地の指定や資源探査許可申請への対応のための基礎情報を整備することが目的となる。この目的のため、以下の事業を実施した。1) 産総研で出版した海洋地質図及び陸上の地質図幅をデジタル化し、探査資源ポテンシャル評価のベースマップとして整備する。具体的には、フィリピン海及び南鳥島周辺海域の海洋地質の取りまとめと中部地方から東南北部の1/20万シームレス地質図の凡例入れ替えの編集作業を行った。また、石油・天然ガス、海底鉱物資源、陸域鉱物資源のそれぞれについて既存データの収集・解析と資源ポテンシャルの概要をまとめた。2) 特定区域設定スキームモデルの検討と取りまとめを行った。3) 資源開発に要する資金・技術に関して調査し、取りまとめた。4) 我が国周辺海域における海洋調査活動を行う調査船の仕様に関する情報の整理を行った。

【分野名】地質

【キーワード】鉱業法、海域地質情報、地質図、鉱物、資源、情報整備

・非化石エネルギー等導入促進対策調査等委託費

【研究題目】トータルシステム導入シナリオ研究

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、小熊 光晴、野津 育朗、広津 敏博、松丸 陽子、河野 高秀（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

経済産業省より委託された「再生可能エネルギー貯蔵・輸送技術開発／トータルシステム導入シナリオ研究」は、再生可能エネルギーからの電力による電気分解等で水素を製造し、エネルギーキャリアに変換して貯蔵・輸送・利用するシステムについての研究開発である。個別要素および全体のシステム効率解析やコスト解析を詳細に実施して本システムが普及するための課題やシナリオについて検討し、あわせて長期的なエネルギー需給や二酸化炭素排出削減効果への影響評価を目的とする。産総研では「①再生可能エネルギーポテンシャル調査」、「②エネルギーキャリア技術のコスト分析」、「③用途別の許容コスト分析」、「④シナリオ検討」、「⑤二酸化炭素排出削減および長期的エネルギー需給への影響評価」の5課題を実施した。新燃料自動車技術研究センターでは、このうち②、③、④の課題を主に担当した。

「②エネルギーキャリア技術のコスト分析」

エネルギーキャリアの共通フローは、風力発電設備、水素製造設備、圧縮設備がユニットになり、そこから臨海地区のキャリア製造設備にパイプラインで輸送する。キャリア製造では、燃料、電力及び場合によっては熱を投入し、水素を所定のエネルギーキャリアに変換する。その後、国際輸送船で輸送、揚地で貯蔵し、必要に応じて水素に戻すという流れを想定した。評価範囲は、キャリア製造からキャリア再変換までとした。

評価対象キャリアは、液化水素、アンモニア、メチルシクロヘキサン、及びメタノールとした。エネルギーの規模は、FCV 約200万台、または合計50万 kW の水素発電所に相当する20億 Nm³/年を、輸送距離は10,000kmを想定した。

その結果、下記を確認した。液体水素は液化、揚地に起因するコスト比率が高い。アンモニアについては、合成、分解、水素生成のコスト比率が高い。メチルシクロヘキサンについては、脱水素のコスト比率が高い。メタノールについては、合成がコストの大部分を占めている。キャリア毎にコストに寄与する領域が異なる他、コスト低減を図るための重点領域も異なっていくものと考えられる。

「③用途別の許容コスト分析」

原油価格や天然ガス価格などの国際エネルギー価格によって大きく影響を受けるユーザー側のエネルギー価格を分析し、既存技術と水素・エネルギーキャリア利用技術を比較することで、ユーザー視点からの用途別水素許容コストを評価した。

用途としては、発電利用、民生利用、水素流通、自動車利用、産業利用を対象とし以下の解析を行った。

- ・代替可能性の検討：各部門における水素利用技術によって代替可能な既存技術や用途を特定、代替可能技術・用途のエネルギー消費量の把握
- ・被代替技術のコスト構造分析

・水素利用技術のコスト構造分析

海外から運ばれた水素は、輸入基地から液体水素あるいは配管で水素単体ガス、都市ガスに混合などパイプラインで供給されるものと想定した。新しく構築する水素のサプライチェーンは、国内の既存のサプライチェーンとは可能な限り重複しないで一部がリプレイスされていくと仮定した。

民生部門での定置用燃料電池や運輸部門での燃料電池自動車等の各部門における代表的な水素利用機器を選び、2010年を基準としてポテンシャル量を積み上げ方式で推計した。また、最終消費部門（民生・運輸・産業）と発電部門における水素代替可能性の検討を行った。この検討では、各種の技術的制約や流通上の制約を考慮したほか、2050年にかけて日本のエネルギー需要が減少することも考慮した。検討の結果、2050年の一次エネルギー供給を401Mtoe と仮定した場合、水素はその内28%を占めると推計された。

「④シナリオ検討」

現状の技術レベルとコスト分析、および将来の需要予測を見積もったゼロシナリオとして、需要予測とコスト予測を実施し、本事業目標設定のための大綱を把握した。また、エネルギーキャリアの安全性についての検討と成分分析方法、及びエネルギー利用機器の基礎実験を実施した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 再生可能エネルギー、エネルギーキャリア、コスト分析、許容コスト、シナリオ検討

〔研究題目〕 再生可能エネルギー貯蔵・輸送等技術開発事業

〔研究代表者〕 工藤 祐揮（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 工藤 祐揮、匂坂 正幸、玄地 裕、田原 聖隆、松林 芳輝、村松 良二（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

再生可能エネルギーからの電力で電気分解等により水素を製造し、水素あるいはアンモニア等のエネルギーキャリアに変換して貯蔵・輸送・利用するシステムについて、個別要素および全体のシステム効率解析やコスト解析を詳細に実施し、本システムが普及するための課題やシナリオについて検討し、本システムが実現された場合の長期的なエネルギー需給や二酸化炭素排出削減効果への影響を評価する。産総研では①再生可能エネルギーポテンシャル調査、②シナリオ検討、③二酸化炭素排出削減および長期的エネルギー需給への影響評価、の3課題を実施したが、安全科学研究部門は③の中で二酸化炭素排出削減可能性の評価を担当した。

本評価では、各種エネルギーキャリアが製造されるまでの過程で投入されるエネルギーや物質に起因する排出

量を含めた、ライフサイクル全体での二酸化炭素排出量とエネルギー消費量を算出する。具体的には、各種エネルギーキャリアのライフサイクルフローに投入されるエネルギーや物質に、安全科学研究部門で開発しているライフサイクルインベントリ分析用データベース（以下、IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis）とする）の原単位データを適用することにより、共通のプラットフォームに基づいて二酸化炭素排出量・エネルギー消費量を算出する。

平成25年度は、再生可能エネルギーからの発電（水力、風力、地熱、太陽光）、エネルギーキャリア（液体水素、メチルシクロヘキサン、アンモニア、水酸化ホウ素ナトリウム、メタノール、ジメチルエーテル）のエネルギー変換・輸送・貯蔵に関するプロセスデータを、文献調査によって収集した。またこれと並行して、これらのライフサイクル分析を行うために IDEA 側で必要となるプロセスデータの整備も行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】再生可能エネルギー、エネルギーキャリア、二酸化炭素、エネルギー消費量、ライフサイクル分析

・高圧ガス等技術基準策定研究開発委託費

【研究題目】平成24年度火薬類の安定的な貯蔵・運搬に係る調査研究事業

【研究代表者】松永 猛裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】松永 猛裕、薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢、中山 良男、松村 知治（常勤職員6名）

【研究内容】

本事業では、地方自治体による防災計画や避難計画の策定に際し、効率的な避難経路等の確保に寄与するとともに、万一の火薬庫における火薬類の災害に対し、十分な安全が確保されるよう火薬類の種類ごとの物理特性等を把握し、公共の安全確保に資することを目的とした。まず、流通している火薬類について発熱分解エネルギーなどの爆発威力に関する情報を計測・整備した。また、特に危険性の高い閃光組成物についての燃焼速度を調べた。また、過去に行った種々の危険性評価実験の資料の整備を行い、データベース化した。更に諸外国における法律を調査し、今後の火薬行政における方向性を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】火薬類取締法、火薬類、適用除外、発熱分解エネルギー、閃光組成物

【研究題目】小型冷凍機への可燃性冷媒使用に係る規制の在り方の検討事業

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】和田 有司、緒方 雄二、中山 良男、

松村 知治、高橋 明文、久保田 士郎、椎名 拓海、若林 邦彦、松木 亮、堀口 貞茲、江渕 輝雄、堀川 貴広、高柿 大輔、橋本 進吾、東 千加良、加藤 常雄（常勤職員9名、他7名）

【研究内容】

大規模災害などの被害想定の見直しや全国的な自然災害による被害の深刻化を踏まえ、災害に強い産業の形成・基盤強化を早期に実現することが喫緊の課題である。

近年、エアコンや冷凍機の冷媒について、地球温暖化係数が低くて、省エネ効果があるという理由から、可燃性冷媒を使用したいという動きがある。しかし、可燃性冷媒を使用することは、火災の発生の原因となる可能性や火災の被害を大きくしてしまう可能性がある。

本事業では、小型冷凍機等へ可燃性冷媒を使用することについての規制の在り方を検討するために、可燃性冷媒、少し可燃性のある冷媒、不活性冷媒、可燃性混合冷媒を使用した小型または中型の空調機の爆発燃焼試験を実施した。試験の実施にあたっては、専門家による委員会を設置して、爆発燃焼試験の実施方法などを検討した。

今回、世界的にも例のない LP ガスバーナを用いた爆発燃焼試験を行ったが、UN Regulation No.67に準拠した試験を実施することができた。

爆発燃焼試験の結果、小型空調機の場合は、いずれの実験においても爆発燃焼試験中に熱交換器部分などで配管が破れ、試験体の部品などの破裂は起こらなかった。中型空調機の場合は、いずれの実験においても溶栓が溶けて冷媒が放出され、試験体の部品などの破裂は起こらなかった。いずれも各試験体の設計圧力以下の値であり、圧力による危険性は認められなかった。火災の大きさについては、小型空調機の場合は、火力源のバーナの火災の範囲を超えることはなく、冷媒の放出などによる危険性は認められなかった。中型空調機に関しては、少し可燃性の冷媒および不活性冷媒では、溶栓からの冷媒放出時にバーナを消火し、液体窒素による消火、冷却を行っているため、全体を通しての判断は難しいが、溶栓からの冷媒放出によってそれ以後の圧力による危険性は低下するため、それ以後に試験体の部品の破裂や危険な飛散物の発生は考え難いことから、本試験の範囲内では、冷媒の種類による外部からの火災に対する危険性の差は認められないと判断できた。

以上の結果をまとめると、一般的な火災よりもかなり厳しいと思われる条件で外部から火災で加熱した場合であっても、可燃性冷媒または可燃性混合冷媒を使用した小型空調機および中型空調機について、部品の破裂などが起こることはなく、不活性冷媒と比較して、圧力や火災による危険性の増大は認められなかった。

冷媒を漏洩させながらの実験も行ったが、漏洩した冷媒が滞留するような条件ではなく、可燃性冷媒や可燃性混合冷媒が漏洩して滞留し、着火した場合の危険性につ

いては議論することはできなかった。小型冷凍機への可燃性冷媒使用に係る規制について検討するには、事故シナリオを分析し、さらに詳細に調査する必要がある。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 可燃性冷媒、微燃性冷媒、不活性冷媒、冷凍機、空調機、爆発燃焼試験、火炎暴露試験、地球温暖化、災害

〔研究題目〕 自動車燃料装置用容器の安全性評価事業：液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器の安全性評価

〔研究代表者〕 和田 有司（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 和田 有司、緒方 雄二、中山 良男、松村 知治、高橋 明文、久保田 士郎、椎名 拓海、若林 邦彦、松木 亮、堀口 貞茲、江渕 輝雄、堀川 貴広、高柿 大輔、橋本 進吾、東 千加良、加藤 常雄（常勤職員9名、他7名）

〔研究内容〕

大規模災害などの被害想定の見直しや全国的な自然災害による被害の深刻化を踏まえ、災害に強い産業の形成・基盤強化を早期に実現することが喫緊の課題である。

本事業では、液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器の安全性評価を行い、基準化の在り方を検討することによって、災害の防止を行うとともに、健全な液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器の普及によって、非常時のエネルギー確保の観点から災害に強い液化石油ガス自動車の普及に貢献することを目的とした。

液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器の安全性評価では、市販の液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器から金属製容器を2種類選定し、それぞれについて、液化石油ガスを満タンに充填した状態、半分まで充填した状態、液化石油ガスを漏らした状態で爆発燃焼試験を実施した。比較のために従来型容器1種についても、同様の試験を実施した。専門家による委員会を設置して、爆発燃焼試験の実施方法などを検討した。

今回、世界的にも例のない LP ガスバーナを用いた爆発燃焼試験を行ったが、UN Regulation No. 67に準拠した試験を実施することができた。

爆発燃焼試験の結果、いずれの実験においても、爆発燃焼試験中に安全弁が作動し、容器の破裂は起こらなかった。ただし、容器蓋が飛散するケースがあったため、飛散物に対して全く危険性がないとは言えない。火炎長については、ドーナツ型容器の方が従来型容器と比較して、最大火炎長が長いという結果であったが、実験時のバルブ部分の格納方法に相違があり、ドーナツ型容器の方が危険であるとは断言できない。実際の使用状態では、安全弁部分が完全に蓋で覆われており、さらに車両に搭載されている状況を考慮すると危険性に大きな差異があ

るとは考え難い。また、いずれの実験においても、安全弁からのガスの放出、着火により、周囲のヒトや構造物に影響を与えるような爆風圧は計測されなかった。漏洩有りの実験においても、ガスが滞留するような条件では実験を行っていないため、車両のトランク部分で漏洩したガスが滞留した場合などの危険性については言及することができない。

以上の爆発燃焼試験の結果を総合的に判断すると、ドーナツ型補助容器は、国内で使用されている従来型容器と比較して、特に危険性が高いとは言えないと結論できる。ただし、この結論は、爆発燃焼試験の結果のみからの結論であり、車両のトランクルーム内での漏洩、滞留など、他の事故シナリオでは違った危険性が顕在化する可能性があることに注意が必要である。

また、基準化の在り方を検討するために、液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器と液化石油ガス自動車燃料装置用容器およびガソリン自動車燃料装置用容器との安全性の比較、および、液化石油ガス自動車燃料装置用ドーナツ型補助容器に関する海外の基準の調査を実施した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 液化石油ガス自動車、ドーナツ型補助容器、爆発燃焼試験、火炎暴露試験、災害

・環境対応技術開発等委託費

〔研究題目〕 ニプロ社製自動培養装置及び平面自動培養装置による iPS 細胞の培養評価

〔研究代表者〕 植村 壽公（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 植村 壽公、村井 竜也、小野村 由衣、溝口 貴子、Wadhwa Renu（バイオメディカル研究部門）、Sunil Kaul（バイオメディカル研究部門）、Ran Gao（バイオメディカル研究部門）
（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

経済産業省、iPS 差脂肪等自動培養装置の開発加速事業に採択され研究を行った。

目標：

NEDO 事業で開発したニプロの機器における培地交換、継代、細胞観察のうち、培地交換、継代作業に焦点をおき、市販の iPS 細胞用自動培養装置（簡易型 iPS 細胞用自動培養装置 Cell Pet）等を用いて iPS 細胞の培養を行い、上記項目を評価し、培養条件の最適化を行った後、ニプロ自動培養装置に導入し、試験する。結果を委託業務の成果品として提出するとともに、自動培養装置のメーカーへフィードバックする。

研究計画、年度進捗状況：

計画に従い CellPet およびニプロ自動培養装置を産総研に導入し、iPS 細胞（253G1細胞および MRC5由来

iPS 細胞)を用いた試験を自動培養装置を用いて行った。CellPet においては、細胞の播種のバリエーションを変えることによる増殖能の違いを検討した。ニプロ社製自動培養装置においては、計6回のランを行うことによりiPS 細胞の大量培養に関する評価を行い、データをフィードバックした。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 自動培養装置、iPS 細胞、大量培養

・温暖化対策調査等委託費

[研究題目] 弾性波探査を補完する CO₂挙動評価技術の開発

[研究代表者] 西 祐司 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 西 祐司、中尾 信典、菊地 恒夫、杉原 光彦、雷 興林、相馬 宣和、俣徠 正夫、加野 友紀、船津 貴弘、石戸 恒雄、奥山 康子、高倉 伸一、及川 寧己、佐々木 宗建、宮越 昭暢、名和 一成、上田 匠、中島 善人、藤井 孝志、上原 真一、宮崎 晋行、光畑 裕司、田中 明子、眞弓 大介、宮川 歩夢 (常勤職員23名、他2名)

[研究内容]

1) 弾性波補完モニタリング技術の開発

本研究では、重力、自然電位、AE (Acoustic Emission) などの多面的なモニタリング技術を CO₂ 地中貯留に適用し、弾性波探査 (反射法など) を補完できるモニタリング技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、我が国に先行して大規模な CO₂ 圧入が予定されている米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ (SWP) の CO₂ 大規模圧入テストサイト ファーンズワース (Farnsworth Unit) (米国テキサス州) においてベースライン測定を実施した後、CO₂ 圧入開始時データ取得を開始した。また、ゴードン・クリーク (Gordon Creek) テストサイトの地質モデルと圧入プランを用いて、潜在リスクを想定した CO₂ 圧入時の重力と反射法の変動予測計算を行った。

最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂ 飽和度等の変化量を、観測可能な物理量 (理論計算値) に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO₂ 挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、電気・電磁気ポストプロセッサの改良、および沿岸域への適用のための機能追加を行った。

2) 遮蔽性能評価技術の開発

ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、ナチュラル・アナログ研究手法により、CO₂ 遮蔽性能に特化して断層のモデル化を進めることで、モデリング手法の確立を目指す。今年度は、前年度作

成した長野県松代地域の地質モデルを基に、松代群発地震の震源位置経時変化と整合的な断層挙動パターンを得るためのパラメータのチューニングを行った後、TOUGH-FLAC で用いる各種パラメータの感度解析を行った。また、別所層松代泥岩、北海道・苫小牧の坑井試料を用いたせん断・透水試験等を行った。

CO₂ 移行性能評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO₂ 長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目的とする。シール圧の評価手法の検討では、地中貯留を模擬した温度、圧力条件下、種々の有効圧において泥岩試料に対する浸透実験を実施し、有効圧の増加による泥岩の浸透率減少とスレッショルド圧増加を観測した。また、スレッショルド圧に及ぼす界面張力の効果を検証するために、差圧付加方法や間隙水組成を変化させた実験を行った。化学的反応プロセスの評価では、昨年度続いて CO₂ 地中貯留のナチュラル・アナログとみなされる炭酸泉および炭酸水素塩泉における現場反応実験を行い、地化学プロセスで最も重要となる炭酸塩鉱物について反応速度の計測と生成条件の検討を行った。さらに、砂泥互層内での CO₂ 挙動シミュレーションを実施し、苫小牧サイトを模擬した感度解析シミュレーションから、シール層下部の有効圧低下に対応して浸透率とスレッショルド圧を変化させたとしても、毛管圧が依然として高い効果を保ち、シール層の機能はほぼ維持されることを明らかとした。

[分野名] 環境・エネルギー、地質

[キーワード] CO₂ 地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、砂泥互層、シール圧、地化学プロセス

・希少金属資源開発推進基盤整備委託費

[研究題目] 資源権益確保推進事業のうち資源開発可能性調査に係るもの

[研究代表者] 高木 哲一 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 高木 哲一、渡辺 寧、大野 哲二、実松 健造、星野 美保子、児玉 信介、昆 慶明、森本 慎一郎、堀内 悠、徐 維那、江島 輝美、Jacqueline Vidal Satur、Buenaveturada Calabia、森田 沙綾香、猪川 洋子 (常勤職員8名、他7名)

[研究内容]

本事業は、平成24年度補正予算 (1年繰り越し) により、資源エネルギー庁から受託したものである。本事業は、1) モンゴル国ハルザンブルゲ鉱床の資源開発可能性調査、2) 南アフリカ共和国ブロックスブルイト鉱

床の資源開発可能性調査、3) ブラジル連邦共和国におけるレアメタル資源開発可能性調査、4) ミャンマー連邦共和国におけるレアメタル資源開発可能性調査の4項目で、地圏資源環境研究部門により実施された。

1) では、平成24年度までの現地調査で採取した鉱石試料の選鉱試験およびボーリングコアの化学分析等を実施した。その結果、鉱体地表部の風化帯に比較的レアアースが濃集しており、採掘が容易であること、湿式高磁力磁選機を用いて効率よくレアアース含有鉱物が選鉱可能であることが明らかになった。モンゴルでは鉱業法の改正に伴い鉱区の再編が進んでいるため、さらなる現地調査は当面見合わせることにした。

2) 平成24年度に実施した5本の浅層ボーリングに追加して3本の浅層ボーリングを実施した。その結果、鉱体は北東側に延長しているものの、高品位部は地表部に限られることが示唆された。また、地表部の鉱石を用いた選鉱試験を実施した。レアアース含有鉱物は、リン灰石を交代したゼノタイムが主体であるが、鉱石全体が極めて鉄に富み微細な赤鉄鉱が多く含まれることから、磁選では効率的に分離できないこと、浮選により比較的良好な結果が得られることなどが明らかになった。

3) では、ブラジル中南部（ゴイアス州南部、ミナスジェライス州）のカーボナタイト群に伴うレアアース鉱床（カタロン、アラシャ等）およびアルカリ岩付随レアアース鉱床（モロドフェロ）を概査すると共に、鉱山会社での情報収集により探査開発の現状を把握した。また、鉱石の化学分析や鉱物分析を実施した。その結果、ブラジルは巨大なレアアース資源ポテンシャルを持ち、今後主要な供給源になる可能性が高いことが明らかになった。また、上記とは別に、ゴイアス州北方のイオン吸着型鉱床を概査した。本鉱床は重レアアースに富み、資源量も大きいことが判明した。しかし、地表部風化試料が土壌と同様であるため、日本国内への持ち込みに時間を要し、鉱石の分析等は実施できなかった。

4) は、GEOSEA2014での情報収集およびマンダレー管区、タニンダリー管区のタングステン鉱徴地等の現地調査を実施した。また、同地区でのレアアース鉱床の予察的調査も実施した。

これらの調査研究を進めるために、高分解能二次イオン質量分析装置（SHRIMP）のマルチコレクター化、アイソダイナミック電磁分離機の導入など、レアメタル分析・選鉱実験施設の高度化を進めた。

【分野名】地質

【キーワード】レアアース、地質調査、選鉱実験、モンゴル、南アフリカ、ブラジル、ミャンマー

・工業標準化推進事業委託費

【研究題目】戦略的国際標準化加速事業(国際標準共同研究開発事業:ナノ材料の安全性評価

基盤に関する国際標準化)

【研究代表者】山本 和弘

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】山本 和弘、藤本 俊幸、寺内 信哉、竹歳 尚之、田中 充(常勤職員5名)

【研究内容】

透過型電子顕微鏡を用いたナノ粒子材料の一次粒子粒度分布計測の手法を開発し、国際標準化をすることを目的に、以下の研究開発を行った。

(1) 透過型電子顕微鏡を用いた一次粒子粒度分布測定方法の開発

TEMによるナノ粒子一次粒子径分布計測において、どれくらいの数の粒子を計測すれば統計的に十分な測定結果が得られるか検討を行った。単分散系ナノ粒子の代表例としてポリスチレンラテックスナノ粒子を、凝集系ナノ粒子の代表例としてチタニアナノ粒子を用いてTEM観察像から粒子径を計測し、計測データと計測粒子数の関係を統計的に調べた結果、少なくとも500個以上の粒子径を計測する必要があることがわかった。またISO/TC229における国際ラウンドロビン試験の準備として、チタニア材料の選択、分散条件の検討、国際ラウンドロビン試験プロトコルの策定を行った。

(2) 透過型電子顕微鏡を用いた一次粒子粒度分布測定のための標準化審議支援

ナノテクノロジー分野の国際標準化活動を円滑に推進するため、ISO/TC229国内審議団体として、国内審議委員会本委員会、分科会等を開催し、ISO/TC229の会議報告と今後の対応について審議した。当該事業に関しては計量・計測合同分科会を中心に審議を行った。

また、国内関係機関への情報発信及び情報収集も行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】透過型電子顕微鏡、ナノ粒子、ナノ材料、粒子径、サイズ、一次粒子径

【研究題目】国際標準共同研究開発事業「ナノ・マイクロバブル技術に関する国際標準化」

【研究代表者】高橋 正好(環境管理技術研究部門)

【研究内容】

本研究開発は、ナノ・マイクロバブル技術の計測/評価/認証技術の確立を通して、当該技術の加速的進展に貢献するものである。産総研はそのベースとなる基礎的事項に関わる検討を行なった。今年度は昨年度に引き続いてウルトラファインバブル(ナノバブル)の評価法に関する検討を進めた。昨年度の結果等を踏まえて主に電子スピン共鳴法(ESR)によるラジカル計測をベースにウルトラファインバブルを定量的に評価する手法について検討を進めた。その結果、二相流旋回方式や加圧溶解方式、キャビテーション方式のそれぞれについてウル

トラファインバブルの残存を確認することができた。また、ウルトラファインバブルとして残存するためには電気伝導度として5 μ S/cm 程度を示すレベルの電解質が存在していれば空気などのウルトラファインバブルは残存することが分かった。また、稚貝の浮遊幼生を利用した実験では二酸化炭素ウルトラファインバブルの存在が稚貝の麻痺効果に直結していることが明らかになった。このことからフリーラジカルの測定によりウルトラファインバブルを準定量的に評価できることが確認できた。以上の研究データを理論的に整理し論文化することでファインバブルやウルトラファインバブルの定義や計測方法に関する規格策定の貢献の一助にする。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 国際標準化、ウルトラファインバブル
(ナノバブル)、フリーラジカル

【研究 題 目】 医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化

【研究代表者】 榊田 創 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 榊田 創、池原 譲 (糖鎖医工学研究センター)、金 載浩、藤原 大、大隈 利恵子 (エネルギー技術研究部門) (常勤職員3名、他2名)

【研究 内 容】

2013年4月に上海にて開催された IEC/TC62-SC62D 総会において、「発生させたプラズマを Medical application で利用する」と定義される医療用プラズマデバイスについて、特に IEC の定める止血機器の国際標準 IEC60601-2「High Frequency Electrosurgery Equipment」でカバーされない項目が存在することが確認され、これに対応する New Working Item Proposal (NWIP; 新業務項目提案) 提案の必要性が確認された。そして、Japanese National Committee (Japanese Industrial Standards Committee (JISC)) が、NWIP 提案を行うとして承認された。

Ionized gas coagulation equipment に関する新規 NWIP ドラフトの策定として、basic safety に関する規格の調査、Testing method for electrical characteristics、Measurement system、Criteria 等の規定をするための研究、及び新規ワーキンググループ立ち上げに関する調整を行った。

【分 野 名】 環境・エネルギー、ライフサイエンス、計測・計量標準

【キーワード】 プラズマ、プラズマ診断、医療機器、外科手術、国際標準

【研究 題 目】 戦略的国際標準化加速事業 (国際標準共同研究開発事業: アクセシブルデザイン及びその適合性評価に関する国際標準化)

【研究代表者】 赤松 幹之 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 赤松 幹之、横井 孝志、倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、佐川 賢、水浪 田鶴、岡寄 治子、野田 景子 (常勤職員6名、他4名)

【研究 内 容】

本事業では、JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリーズ、ISO/IEC Guide 71、及び ISO/TR22411に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。また、その目的のために、高齢者や障害者の人間特性データ収集のための実験等を行う。さらに、それらの規格に準拠し、アクセシビリティに配慮された製品であることを確認し、消費者に的確に示すための適合性評価制度の検討を行う。

平成25年度の実績は以下のとおりである。(1) アクセシブルデザイン適合性評価制度の指針の国際提案に向けて、評価基準の試案の作成及び評価の試行を行った。(2) ISO/IEC Guide 71及び ISO/TR22411の改訂作業を、それぞれ ISO/IEC/JTAG 及び ISO/TC159/WG2にて行った。(3) ISO/TC173において、公共空間の音案内に関する原案の審議を行った。(4) ISO/TC159における国際標準化に関して、次の i)~vi) に関する調査・実験の実施、標準化提案の準備、原案の審議等を行った: i) 音声アナウンスの音量設定、ii) 色の組合せ方法、iii) 最小可読文字サイズ推定方法、iv) 触知図形の基本設計方法、v) 消費生活用製品の報知光、vi) 消費生活用製品の音声案内。(5) IEC/SMB/SG5にて審議されているAAL (自立支援技術) に関する検討を行った。(6) 上記(1)~(5)の国際標準化活動を円滑に行うために、欧州及び中国・韓国・東南アジア諸国との連携強化及び調整を行った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際標準化、JIS、感覚特性、身体特性

【研究 題 目】 戦略的国際標準化加速事業 (国際標準共同研究開発事業: 医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化)

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 関口 勇地、野田 尚宏、水野 敬文、松倉 智子 (常勤職員4名)

【研究 内 容】

本事業は、DNA マイクロアレイなどによるバイオチップ測定データの信頼性確保のため、ヒト由来生物試料の管理からバイオチップ測定まで、核酸標準物質を用い

で一貫通貫で測定データの品質を保証するプロセスの確立することを目的としており、当研究部門は必要な核酸標準物質の整備と評価を実施した。平成25年度は、ヒト由来生物試料等の管理からバイオチップ等による多項目評価のデータ品質管理へ利用できる標準物質の評価方法を開発した。これまでにその評価技術を確立したスパイクイン RNA 標準物質（10種）のうち5種を用いて、多項目評価のデータ品質管理へ利用できる標準物質の評価方法を検討した。また、これまでに用いてきた5種類とは配列の異なる3種類の RNA をさらに追加して、8種類の RNA を混合した試料を作製し、共同研究機関へ供給するとともに、この RNA 候補標準溶液の評価を行った。その結果、用いた RNA 候補標準溶液は次世代シーケンサーの定量性の品質管理に用いることが可能であることが明らかとなった。本研究で用いた RNA 候補標準溶液を用いることで、バイオチップ、リアルタイム PCR、次世代シーケンサーなどの異なる方法での検出範囲や定量範囲、またそれらの測定範囲における精度管理を行えることがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 国際標準化、核酸標準物質、バイオチップ、核酸計測、ヒト検体、DNA マイクロアレイ

【研究題目】 戦略的国際標準化加速事業（国際標準共同研究開発事業：「樹脂－金属 異種材料複合体の特性評価試験方法」の国際標準化）

【研究代表者】 堀内 伸（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 堀内 伸、宮前 孝行、伯川 秀樹、大沼 芳乃（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

近年国内メーカーを中心に、金属と樹脂部品の一体化成型の革新的技術が開発され、従来の接着剤や溶着などに比べ極めて高い金属と樹脂の接合強度が得られるようになってきている。自動車部品や電子部品への応用が期待されているが、接合の強度および耐久性の評価方法が確立されていないことが、本技術の産業分野への普及が進まない理由の1つになっている。本研究開発事業では、金属と樹脂との接合強度およびその耐久性に関わる特性評価基準を最適化し、樹脂－金属異種複合材料の定量的かつ客観的な性能評価を可能とする試験方法を確立し、ISO/TC61/SC11に国際標準原案を提案することを目的とする。

1. 樹脂／金属接合界面の接合強度評価

8種類の試験片形状を作製し、それぞれの試験片形状について寸法の異なる試験片の引張り、衝撃、曲げ、封止等の接合強度試験を進め、接合強度に対する寸法の影響を検討した。今回作製した試験片寸法の範囲で接合界面の特性評価が可能であることが確認され、予

定通りに樹脂－金属界面の接合特性評価のための最適な試験条件および試験片形状を見出すことができた。さらに、引張り接合強度試験について国内ラウンドロビン試験を実施し、評価方法が妥当であることを実証した。

2. 樹脂／金属接合界面の耐久性評価

1. の結果を踏まえ、形状・寸法が最適化された試験片を用いた耐久性評価を実施するため、長期環境試験（冷熱衝撃、高温高湿、塩水噴霧）を開始し、冷熱衝撃については、500サイクル、高温高湿については500時間、塩水噴霧については100時間の特性データを収集することができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 接合、界面、標準化、成形加工

【研究題目】 医療用途のプラズマ装置等に関する国際標準化

【研究代表者】 池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 池原 譲、山岸 正裕、山口 高志、池原 早苗、渡邊 美由紀、（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本研究の目的は、「発生させたプラズマを Medical application で利用する」と定義される医療用デバイスであるところの医療用プラズマ装置について、High Frequency Electrosurgery equipment (IEC 60601-2) の定める標準においてカバーされない項目を明確にするとともに、同装置の安全性、物理学的効能、生物学的効果指標に関係した研究を実施し、同装置についての国際的標準化を実現することである。

【研究目標】

医療用途のプラズマ装置に関する新たな安全のための規格・標準を作成するために実施する本研究の目標は、各構成部において規格化されるべき箇所を明確にし、これを踏まえたプラズマ医療機器標準の草案を作成することである。さらには、発生するプラズマの安全性を担保する規格と評価装置についての研究開発を進めて、標準化指標を具体化して、国際標準化案を提案することを目標としている。

【年度進捗状況】

2013年4月に上海にて開催された IEC/TC62-SC62D 総会にて、Medical Plasma Equipment for the blood coagulation に関する新規規格の可能性・必要性を提言するべく、Plenary Session において事務局の榊田、池原が日本代表として講演を行った。本総会の結果、日本が NWIP ドラフトを準備し、提案をしていくことが認められ、本事業において国内統括委員会を組織し、NWIP ドラフト案の検討を進めた。

日本ではすでに、内視鏡下で使用されるプラズマデバイス（アルゴンプラズマ凝固装置：APC）が流通してい

る一方で、APC の使用時に発生した重大な事故についての症例報告が、海外の医療機関からなされている状況でもある。このような状況を背景とし、以上の活動と研究開発が実施されたことから、医療用途のプラズマ装置に関する国際標準の必要性は、一層高まっていると思われるところである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プラズマ、止血デバイス、安全性、国際標準、医療機器、低侵襲、

・エネルギー使用合理化設備導入促進対策調査等委託費

【研究題目】 省エネルギー等普及基盤構築支援調査事業：太陽電池モジュール出力測定及び信頼性評価規格に関する技術的協力支援事業

【研究代表者】 菱川 善博

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 菱川 善博、大谷 謙仁、猪狩 真一、近藤 道雄 (常勤職員4名)

【研究内容】

太陽電池の出力測定規格 (IEC60904シリーズ※) を適用した測定・校正能力の形成に向けて下記の PV 試験機関に技術支援を実施した。具体的には各国の環境条件などを考慮した測定方法の技術を指導した。太陽電池セルおよびモジュール性能測定方法に関する現地での技術支援およびラウンドロビン比較測定・解析を行った。現状での測定・校正能力形成に重要な要素技術であるソーラシミュレータの分光放射照度測定技術については、現地での測定を実施した。今年度はタイ KMUTT とインド (SEC: Solar Energy Center、最近組織変更で、名称が NISE (National Institute of Solar Energy) に変更) で実施した。いずれの試験機関においても、太陽電池モジュールの IV 特性の比較測定を、太陽電池モジュールを日本から送付して両者での測定結果を比較するラウンドロビン測定を行った。さらに測定結果に最も大きな影響を与えるソーラシミュレータの分光放射スペクトルについて、日本から装置を持ち込んで直接測定、検討、先方との議論を行った。

通常は表面化しにくい試験装置や手順を含めて、現地での実際の装置を目の前にして各試験機関の測定担当者との議論・指導を行った。これらを通じて AIST の新型太陽電池や高精度評価技術や、欧米等との国際比較測定の経験を生かした性能評価技術のレベル合わせを行い、今後の協力を視野にいたした議論を行った。いずれも概当国内を代表する PV 試験機関であるが、今回の事業によって測定技術の要改善点が具体化され、日本の技術や標準を積極的に使用する利点が先方に理解され、日本の基準セル等標準技術の供給について具体的なリクエストを受ける等の結果が得られた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、1環境、性能評価、信頼性評価、システム

【研究題目】 高性能ディスプレイ用有機半導体の超臨界下合成技術の開発

【研究代表者】 物部 浩達

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 物部 浩達、清水 洋 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、平成25年度戦略的基盤技術高度化支援事業に係る再委託研究である。近年注目を浴びているデジタルサイネージにおける大面積ディスプレイには電子ペーパーが省電力の観点から有利である。これらの電子ペーパーの駆動には半導体デバイスが必要であるが、薄膜大面積の点で高性能有機半導体が必要である。この要求に応えるべく、革新的技術である超臨界炭酸ガス下での有機機能材料の化学合成技術を確立することで高純度な有機半導体材料を合成し、高性能な有機半導体デバイスを作成できる高純度有機半導体材料の供給を目指す。また、超臨界炭酸ガス処理により有機半導体デバイスの改質を行い、界面における有機半導体の構造を制御することによる、新しい半導体デバイス高機能化手法についての技術確立を行う。

平成25年度は、特定の高分子有機半導体に注視して超臨界炭酸ガス処理を系統的に行い、これら有機半導体材料を用いたデバイスを産総研において作成し、有機半導体膜の高次構造解析およびデバイスの電界効果トランジスタ特性等の評価を行った。また、超臨界炭酸ガスでのデバイスの超臨界処理により半導体性能向上が認められた現象について詳細な検討を行い、そのメカニズムについて考察した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機半導体、超臨界流体、有機トランジスタ

【研究題目】 無電力で発光する蓄光陶磁器の高輝度化を目的とした釉薬塗布技術の高度化研究

【研究代表者】 赤井 智子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 赤井 智子、山下 勝、三原 敏行、本郷 俊明 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究開発では、より高い残光輝度を達成することを目的として、ガラス層の光透過性を向上させると同時に、蓄光顔料の分布を最適化できる釉薬塗布と焼成技術を開発する。目標としては、標準タイプで現行製品の残光輝度の1.5倍以上 (450mcd/m² (20分後)、150mcd/m² (60分後))、輝度を向上させるために特殊な形状に加工した超高輝度タイプで現行製品の5倍以上 (1500mcd/m² (20分後)、500mcd/m² (60分後)) の残光輝度を達成するこ

とを目的としてガラスフリットの設計、最適構造の設計を担当する。

光シミュレーションを用いてガラス複合体の透明性を向上させた高輝度タイプについてシミュレーションを行った。線状型、剣山型、三角尾根型、ピラミッド型、各種の形状について光線追跡シミュレーションを実施した。その結果、ピラミッド型が一番効果が高く、3.5倍以上の輝度向上効果がシミュレーション上は予測できることがわかった。また、バインダーを使用せず、フリットと蓄光体を混合して焼成することで60分後の残光輝度が現行製品の1.3倍以上まで向上したが、一方で類似の組成を用いても、輝度が低下する現象もあった。焼成後に材料中に存在している空泡が大きな影響を与えているためと考えられ、プロセスを再検証し、空孔率、輝度との影響などを詳細に検討する必要があることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 蓄光、光シミュレーション、ガラス

〔研究題目〕 消費生活用製品安全法特定製品の規制対応状況検証調査

〔研究代表者〕 多田 充徳（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 多田 充徳、持丸 正明
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

ロック解除ボタンと点火ボタンの押し込みに要する力の変化が、点火の成否に与える影響を実験的に明らかにするために、選定した4機種のライターについて、ロック解除ボタンの押し込みに要する力を4段階（元々のライターの0.0倍、0.5倍、1.0倍、2.0倍）、点火ボタンの押し込みに要する力を4段階（元々のライターの0N 増、10N 増、20N 増、30N 増）に変化させた16バリエーションの模擬ダブルアクション式ライターを制作し、シニアパネル試験とチャイルドパネル試験を実施した。これらの試験を実施するにあたり、アメリカのチャイルドパネル試験と等価となるように試験のプロトコルを決定した。高齢者が点火しやすく、子どもが点火しにくいライターの要件を明らかにするために、高齢者の点火成功率と子どもの点火失敗率の平均を点火スコアと定義した。点火スコアは点火成功率や点火失敗率と同様に0から100%まで変化する値であり、数値が大きいほど高齢者の点火しやすさと、子どもの点火しにくさが両立できることを表す。各ライターの16バリエーションに対して点火スコアを可視化した結果、ロック解除力が1.0倍で点火力の増加が0から10N の近傍に点火スコアが高い領域が現れることが分かった。これは、ダブルアクション式ライターの方が、高齢者にとって点火しやすく、子どもにとって点火しにくいことを意味する。最後に、ダブルアクション式ライターに対してチャイルドレジスタント機能の有無を確認するための機械試験の実施方法を提案

した。点火失敗率の等値線が概ね直線状に走ることを利用して、縦軸がロック解除力、横軸が点火力である2次元空間上に、点火失敗率が85%となる等値線を引く（このために、既存のハードプッシュ式ライターの基準値と、アメリカでチャイルドパネル試験に合格したダブルアクション式ライターのロック解除力と点火力を参照する）。そして、この等値線に対して、試験対象となるライターが安全側にいるのか、危険側にいるのかを計算すれば、ロック解除力と点火力を計測するだけで、チャイルドレジスタント機能の有無が確認できる。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 チャイルドレジスタント、シニアフレンドリー、ライター、ダブルアクション式

〔研究題目〕 プリントエレクトロニクスのための強誘電／導電技術の開発

〔研究代表者〕 鎌田 俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 鎌田 俊英、白川 直樹、吉田 学、徳久 英雄、植村 聖、福田 伸子、末森 浩司、堤 潤也、峯廻 洋美、野村 健一、渡邊 雄一
（常勤職員11名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、印刷可能な強誘電／導電体材料の材料・デバイス・プロセス開発のための研究交流を目的とする。産総研の材料および印刷技術と、VTT（フィンランド）のデバイス、大量生産プロセス技術を組み合わせ、メモリ素子、センサ素子開発などにおいて、革新的な印刷エレクトロニクス技術を創出する。

メモリ、センサ素子用の電極配線の印刷形成技術の開発として、印刷で形成した銅パターンの高機能化技術の開発を検討した。特に印刷にてパターン形成した後の高機能化のための焼成技術に着目し、産総研開発の酸素ポンプで作りだした極限低酸素分圧下で、VTT が開発した印刷金属パターンの高速通電焼結技術を組み合わせた処理技術を開発したところ、抵抗率がバルク銅の2倍以下に抑えられる銅配線を印刷形成させることに成功した。また、素子の高集積化のための微細化技術の検討を行った。産総研保有の超微細パターン形成有版印刷技術をVTT が開発している WORM メモリの作製に適用して、微細メモリー素子の形成を検討したところ、数マイクロメートルの極微細ビットのメモリー素子を印刷で製造することに成功した。

これらにかかる交流事業の推進として、双方への研究者の相互派遣を実施するとともに、双方において公開国際シンポジウムを企画開催し、相互交流情報交換の推進や得られた成果を広く普及することに努めた。

本研究で得られた成果は、今後の印刷デバイス技術開発に取り入れられていくものであるとともに、VTT を

通して欧州の関連研究機関との連携を今後一層進めていく予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス、メモリ、配線

・石油製品需給適正化調査等委託費

【研究題目】高圧ガスの危険性評価のための調査研究

【研究代表者】椎名 拓海（安全科学研究部門）

【研究担当者】椎名 拓海、緒方 雄二、土屋 健太郎、和田 有司、久保田 士郎、高橋 明文、松木 亮、堀口 貞茲、江渕 輝雄、橋本 進吾、伊藤 俊介、加藤 常雄（常勤職員7名、他5名）

【研究内容】

近年、支燃性ガスを含む様々なガスの爆発事故が報告され問題となっている。そこで高圧ガス使用時の危険性を爆発影響予測技術の構築により適切に評価し、安全性の向上を図るため、支燃性ガスの自然発火現象に関する研究および可燃性ガスの爆発威力評価の研究を行った。爆発威力評価研究は、濃度勾配がある予混合気の爆発影響評価と、予混合気中に障害物が存在する場合の影響評価を、それぞれ東京大学大学院茂木准教授、山形大学大学院桑名准教授及びアドバンスソフト富塚博士と連携して行った。

支燃性ガスの自然発火現象の研究では、傷んだシール材表面に微量に流れるガスの流動摩擦によって着火するとされる流動着火現象について実験を行った。また支燃性ガスが配管中の可燃物と高温で接触することにより発火する接触発火現象については、高圧ガス配管中に存在する可能性がある可燃物として、シール材に用いられる樹脂やゴム類、鉱物油等を、支燃性ガスのフッ素または三フッ化窒素雰囲気とした密閉容器ごと加熱し、発火が起きる温度を計測した。量子化学計算を用いて計算したフッ素原子と可燃物の反応のエネルギー障壁の大きさは、可燃物ごとの発火温度の違いを定性的に説明できた。

濃度勾配がある予混合気の爆発影響評価では、空気を充填した密閉式爆発容器に水素を導入し、導入停止から点火までの時間と点火位置を変えながら、火炎伝播現象と圧力変化を観測した。点火位置の濃度によって到達圧力への影響はなかったが、火炎伝播速度に影響が見られた。また、障害物が存在する場合の影響評価の実験では、内部に障害物を設置した1立方メートルのビニルハウス内に、水素またはプロパンと空気の予混合気を充て込んで点火し、火炎伝播の様子と容器外に伝わる爆風圧の距離・方向依存性を観測した。火炎面が障害物に近づく際には伝播速度の減少が、障害物に接している際には増加がわずかに見られた。この火炎伝播の様子を再現するシミュレーションを作成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高圧ガス保安、ガス爆発、被害予測、支燃性ガス、フッ素、三フッ化塩素、水素、プロパン、化学反応モデル、詳細反応機構、火炎伝播速度、火炎加速、シミュレーション

・その他

【研究題目】製品含有化学物質の経皮・経口及び吸入暴露に係る調査

【研究代表者】東野 晴行（安全科学研究部門）

【研究担当者】東野 晴行、恒見 清孝、梶原 秀夫、篠崎 裕哉、村井 賀子、高井 淳、川本 朱美（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

室内環境下において、消費者製品に含まれる化学物質への暴露による健康影響や製品事故等は、依然解決されていない。これらの対策に必要な、消費者製品に含まれる化学物質に対する現実的な暴露評価を可能とすることを目的として、以下の項目について調査・研究・開発を実施した。

(1) 暴露評価に必要な製品に関するデータの収集

- 1) 製品の室内存在量に関する調査
- 2) 製品中化学物質含有率調査
- 3) 製品に使用される主たる材質についてのマテリアルフロー調査
- 4) 製品の使用についてのアンケート調査

日本の一般的な世帯に存在する代表的な製品の種類と数量、製品に含有する化学物質量、製品の使用の状況などについての基本的なデータを得ることができた。

(2) 製品から媒体への排出移行速度推定手法開発

- 1) 製品から室内空気への化学物質の放散に関する試験、調査
- 2) 製品からハウスダストへの化学物質の移行に関する試験、調査

製品含有化学物質の室内空気およびハウスダストへの排出移行速度について、時間変化、製品材質の影響、化学物質物性の影響などについて、試験によって明らかにした。

(3) 暴露量推定手法の開発

- 1) 製品からの暴露シナリオに関する調査
- 2) 吸入暴露評価のための多様な居住空間情報推定手法の開発
- 3) 経皮・経口暴露シナリオの構築

国内外の製品暴露評価ツールで用いられている暴露シナリオについて整理した。吸入暴露評価に必要な多様な居住空間情報（部屋種類別の設置個数や換気回数など）を推定する手法を開発するとともに、経皮・経口暴露評価において対象とする暴露シナリオの構築と課題の抽出を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】 室内環境、消費者製品、吸入暴露、経皮暴露、経口暴露、暴露モデル

モン、合成容易性、分子設計、複合体予測

【研究題目】 天然物化合物及び IT を活用した革新的医薬品創出技術

【研究代表者】 福西 快文（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 福西 快文、竹内 恒
（常勤職員2名、他14名）

【研究内容】

- i) 化合物リガンド・データベースの開発：市販化合物等約3000万件の化合物情報を収集し、3次元化合物DBを作成するパイプラインの設計を行うとともにツールソフトを改良し、溶解度予測データなどの物性予測データを付加して DB (LigandBOX) を作成し、インターネット上で公開した。
 - ii) 化合物設計・合成評価用ソフトウェアの新規開発：計算機上で作成した分子が合成可能とは限らないため、市販化合物の DB (LigandBOX) と合成化学者が化合物の合成容易性を評価した結果を用いて、合成容易性を予測するソフトウェアを試作した。化合物の合成容易性を部分構造の出現確率等で記述し、回帰分析により予測した結果、ほぼ合成化学者と同じ精度で合成容易性が予測できた。
 - iii) タンパク質の動的構造変化を考慮した、高速・高精度のタンパク質／リガンド複合体、及びタンパク質／タンパク質複合体モデリング手法の新規開発：分子動力学 (MD) 計算における遠距離静電相互作用の計算はコストのかかる計算であるが、ZD (Zero-dipole Summation) 法を空間分割による並列化手法とともに組み込んだ myPresto/psygene を開発した。
 - iv) 最新の GPU 及びメニーコア PC クラスタを用いたスクリーニングソフトの高速化・高精度化：MD 計算はスクリーニングにおいても有用であり、上記した ZD 法による MD 計算を行う myPresto/psygene では GPU の利用が効果的なため、GPU 専用ソフト (myPresto/psygene-G) を開発し、データ転送の非同期化と固定小数点化の改良を施した計算では、通常の PC クラスタによる計算に比べて30倍の高速化が実現できた。一方、蛋白質-化合物複合体の高速計算を行うために、マルチスケールドッキング MD 手法を開発した。本手法では、化合物を中心に半径12Å程度の近傍領域のみ通常の精密な MD で取扱い、その外側の領域は計算量を1/1000に削減したランジュバン方程式で扱う。化合物が移動するにつれ、領域設定も移動する。本手法は、メニーコアサーバ向けにスレッド並列法を適用し、計算速度が数倍になる高速化を実現した。
- 【分野名】 ライフサイエンス
- 【キーワード】 化合物データベース、分子シミュレーション

②【文部科学省】

・科学技術試験研究委託事業

【研究題目】 活断層の補完調査

【研究代表者】 吉岡 敏和
（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】 吉岡 敏和、栗田 泰夫、宮下 由香里、近藤 久雄

【研究内容】

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成25年度の調査対象断層帯は、奈良盆地東縁断層帯（京都盆地-奈良盆地断層帯南部）であり、断層帯の位置形状を詳細に解明するとともに、後期更新世末以降の断層活動時期をより限定するために、空中写真およびDEM から作成した立体等高線図の判読と、断層帯西縁の帯解断層を横切る S 波反射法地震探査・地中レーダー探査・ボーリング調査およびトレンチ調査を実施した。この結果、従来知られていた長さ約35km のうち、明瞭な変動地形を伴う断層は南部の約21km に限られた。帯解断層の奈良市今市町付近での各種調査によれば、基盤の大阪層群は緩やかな撓曲状の変形を示し、約2-3万年前の段丘堆積相当層にも変形が推定されたが、古墳・奈良時代以降の非変形の旧河道堆積物が傾斜した大阪層群を不整合に覆うことが確認できた。

【分野名】 地質

【キーワード】 活断層、奈良盆地東縁断層帯、補完調査、文部科学省、地震調査研究推進本部

【研究題目】 沿岸海域における活断層調査

【研究代表者】 阿部 信太郎
（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】 阿部 信太郎、池原 研、西田 尚央、杉山 雄一、岡村 行信、内田 康人
（北海道立総合研究機構）、坂本 泉
（東海大学）、山本 博文（福井大学）
（常勤職員4名、その他4名）

【研究内容】

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成21年4月に策定した「新たな活断層調査について」に基づき、高田平野断層帯／直江津沖の断層、野坂・集福寺断層帯／野坂断層帯（海域部）及び三方・花折断層帯／三方断層帯（海域部）について、既存の探査データも参照し、延長部も含めて海域部の全体的な位置・形状を確認し、全長を明らかにするとともに、活動履歴の解

明するため、海上音波探査、海底堆積物採取等を実施した。

1) 高田平野断層帯／直江津沖の断層

陸域の高田平野西縁断層から直江津沖の断層に至る領域における活構造の有無、直江津沖の断層の北端部を確認するため、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査を実施した。その結果、高田平野西縁断層の海域延長部に撓曲構造が確認された。また、直江津沖の断層の北東延長上にも活褶曲が確認され、陸域の高田平野西縁断層は、地質構造としては米山崎沖の褶曲帯に連続していることが明らかになった。また、高田平野西縁断層の海域延長部に確認された活撓曲付近において、パイプロコアラを実施した。その結果、沖積層基底面に対応する反射面が同定され、陸域から海域に連続する撓曲構造に完新世以降の活動が示唆された。

2) 野坂・集福寺断層帯／野坂断層帯（海域部）

野坂断層帯海域部については、陸上部と共に15～17世紀に活動したか不明であり、これに先立つ完新世の活動についてもデータが得られていない。このため、同断層帯海域部の過去の活動時期、平均変位速度及び単位変位量の解明を目的として、マルチチャンネル及び高分解能シングルチャンネル音波探査と海上ボーリングを実施した。その結果、本断層帯は少なくとも約4～6千年前、約8千年前、約9千～1万5百年前に活動し、完新世の平均上下変位速度は0.6～0.8m/千年、1回の活動に伴う単位上下変位量は約1.7～3.3mであったことが明らかになった。15～17世紀に野坂断層帯海域部が活動したか否かについては、確定的なデータを得ることができなかった。

3) 三方・花折断層帯／三方断層帯（海域部）

三方断層帯海域部については1662年寛文地震時に活動したか不明であり、これに先立つ完新世の活動についてもデータが得られていない。このため、同断層帯海域部の過去の活動時期、平均変位速度及び単位変位量の解明を目的として、マルチチャンネル及び高分解能シングルチャンネル音波探査と海上ボーリングを実施した。その結果、本断層帯は約1万3千年前以降、少なくとも3回活動し、この間の平均上下変位速度は0.7～1.0m/千年であることが分かった。また単位上下変位量は約2～3mであった可能性が高い。最新活動は約6.5～7千年前以降であることがわかったが、これが1662年寛文地震に対応するか否かについては、確定的なデータが得られなかった。

【分野名】地質

【キーワード】高田平野断層帯、高田平野西縁断層、直江津沖の断層、活撓曲、音波探査、パイプロコアラ、野坂・集福寺断層帯、野坂断層、活断層、活動履歴、海上ボーリング、三方・花折断層帯、三方断層、活

断層、1662年寛文地震

【研究題目】地域評価のための活断層調査（九州地域）

【研究代表者】吉岡 敏和

（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】吉岡 敏和、堤 浩之（京都大学）、

宮下 由香里、近藤 久雄、楳原 京子

（山口大学）（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯にのうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成25年度は2年計画の1年目にあたり、九州地域の活断層のうち、小倉東断層、福智山断層帯、西山断層帯／嘉麻峠区間、佐賀平野北縁断層帯を対象に、断層の位置・形状、活動度等を明らかにするための調査を実施した。

1) 小倉東断層

小倉東断層では、過去複数回の活動時期を明らかにすることと、断層の延長部分の活動性を明らかにすることを目標とし、初年度としては、次年度以降に詳細な活動履歴調査を実施するための断層位置の特定および堆積物の分布状況等を明らかにするための群列ボーリング調査等を行った。その結果、2地点でのボーリング調査で、基盤岩の地質境界にあたる地点で上位の堆積物に1～2mの落差が認められ、堆積物が断層変位を受けていることが推定された。

2) 福智山断層帯

福智山断層帯では、最新活動時期を含む活動履歴をより精度よく求めることを目標とし、断層帯北部でのトレンチ調査、および断層帯中南部での群列ボーリング調査を実施した。その結果、トレンチ調査では基盤をなす急傾斜した芦屋層群の砂岩泥岩互層の上位に、低下側のみには礫層及びシルト層が分布し、両者の境界には風化による粘土が分布するのが確認された。群列ボーリング調査では、基盤岩上面に撓曲状の段差が認められるとともに、基盤岩中には断層破砕帯が確認された。

3) 西山断層帯／嘉麻峠区間

西山断層帯／嘉麻峠区間では、断層の活動性や過去の活動時期を明らかにすることを目標とし、初年度においては大縮尺空中写真や地形図の判読および地表踏査を行った。また断層変位を受けた地形面のボーリングおよびピット掘削調査、極浅層反射法地震探査を行った。その結果、区間中部の小石原地区において、第四紀後期の礫層を変位させる明瞭な断層露頭が確認された。さらに北部のボーリング調査および南部での反

射法地震探査により、基盤岩上面に上下変位があることが推定された。

4) 佐賀平野北縁断層帯

佐賀平野北縁断層帯では、断層の分布・形状を明らかにするとともに、断層の活動性および過去の活動時期を明らかにすることを目標とし、初年度においては測線長7km程度のP波反射法地震探査、および探査記録と地層の対比を行うための層序ボーリング調査を実施した。また、段丘面の変位が確認された地点で、段丘面の年代を確認するためのボーリング調査等を実施した。その結果、反射法地震探査では、基盤岩上面が南に向かって傾斜していることが確認された。またボーリング調査では、阿蘇4火砕流堆積物に断層変位によると考えられる落差があることが確認された。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、活動性、地域評価、九州、地震調査研究推進本部

【研究題目】微細構造解析プラットフォーム実施機関

【研究代表者】大久保 雅隆

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大久保 雅隆、浮辺 雅宏、鈴木 良一、大島 永康、木野村 淳、大平 俊行、小池 正記、志岐 成友、松林 信行、古部 昭広、松崎 弘幸、中村 健、井藤 浩志、後藤 義人、林 繁信、全 伸幸、高橋 勝利(常勤職員17名)

【研究内容】

本委託事業は、ナノテクノロジーに関わる最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する機関が、緊密に連携して全国的なナノテクノロジーの研究基盤(プラットフォーム)を構築することにより、産学官の多様な利用者による共同利用を促進し、個々の利用者に対して問題解決への最短アプローチを提供するとともに、産学官連携や異分野融合を推進することを目的としている。本事業の具体的な目標を以下に列挙する。1) 微細構造解析プラットフォーム全体の共用支援システム基盤を構築し、速やかに共用支援業務を開始する。2) 以下の6装置(群)にて研究支援を実施する：①陽電子プローブマイクロアナライザー装置(周辺設備含)(PPMA)②超伝導蛍光収量X線吸収微細構造分析装置(周辺設備含)(S-XAFS)③可視-近赤外過渡吸収分光装置(4台、周辺設備含)(VITA)④リアル表面プローブ顕微鏡装置(3台、周辺設備含)(RSPM)⑤固体NMR装置(3台、周辺設備含)(SNMR)⑥イオン価数弁別質量分析装置(周辺設備含)(CDMS)⑦極端紫外光光電子分光装置(EUPS)。3) 支援実績として、①課題件数：60件以上(9ヶ月)②利用料収入：4,000千円以上③外部共用率：35%以上(装置毎に異なる)④外部共用のうち民間企業の占める割合(以下、民間使用率)：15%以上(装置毎

に異なる)⑤講習会開催 利用講習会(スクール)を1回、地域公開セミナーを2回(次年度以降2回)を達成する。

代表機関、他の実施機関と調整により、プラットフォーム内で利用形態定義と料金体系を共通化し、つくばイノベーションアリーナ連絡会議への参加により既存共用設備運用組織との連携を強化、9名の技術支援者を雇用し担当研究者とともに所内外の計測分析ニーズに対応した。公開機器の情報をホームページに掲載し、インターネット上での支援申込受付を可能とし、実際の支援体制及びその利用に必要な手続きを整備した。支援成果は、課題件数が、63/5件(公開/非公開)、課金収入は、7,267,737/6,668,100(公開/非公開)であった。

市販装置ではないオリジナル計測分析機器や解析技術により、外部ニーズに対応することは、社会貢献のみならず、支援者と研究者のスキルアップに繋がるとともに、将来の研究計画策定の情報源として重要であることが明らかになった。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】ナノテクノロジー、機器公開、研究支援、先端計測機器、産学官連携

【研究題目】次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤(天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施)

【研究代表者】新家 一男

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】新家 一男(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

国内の基礎的がん研究の優れた成果を戦略的に育成し、効率的かつ速やかに臨床研究の実施へとつなげることに、次世代がん医療の開発研究を加速することを目的とし、次世代がん研究シーズ戦略的育成プログラムが策定されている。当該プログラムは、「次世代がん医療創生研究HQ」によるマネジメントのもとで、基礎的がん研究の成果として得られる、がん創薬あるいは診断法開発のシーズを、前臨床のフェーズまで育成する「革新的がん医療シーズ育成グループ」、及び、ゲノム解析を始めとする先進的手法によって患者検体を解析し、得られる情報をもとに次世代がん医療やがん診断法の開発を行う「がん臨床シーズ育成グループ」の2つの研究グループに加え、これらシーズ育成グループの研究開発を支援する「シーズ育成支援基盤」の3つの研究開発組織により推進される。「シーズ育成支援基盤」では、(1)革新的シーズ育成の促進のため、創薬に向けた分子標的候補のProof of Concept(POC)取得や化合物ライブラリーを用いた阻害剤探索等の技術支援に加えて、当該シーズの産業化に必須の知的財産権の確保やライセンスを目指した活動に関する支援を行い、また、(2)臨床シーズ育成の促進のため、次世代型シークエンサーによる患者由来

試料の全エクソンシーケンス解析を基軸とするゲノム・エピゲノム解析と、これに臨床情報を併せた情報解析の支援を行う。

このため、公益財団法人がん研究会、独立行政法人理化学研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、国立大学法人東京大学は共同で上記、支援業務を行っている。本年度は、上記機構の基、6種類のアッセイ系に関して、25万ライブラリー以上の世界最大級の天然物ライブラリーを用いて、スクリーニングを実施した。その結果、幾つかの有望な化合物の発見に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 天然物スクリーニング、がん分子標的、抗腫瘍剤

・原子力基礎基盤研究委託事業

【研究題目】 電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム

【研究代表者】 田中 寿 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 田中 寿、川本 徹、浅井 幸、
福島 千賀子、陳 榮志
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

我々は Cs の吸着材料としてよく知られているヘキサシアノ鉄酸金属錯体塩 (MHCF) を新たにナノ粒子インク化することで加工性を高め、ユーザビリティに優れた機能性材料としての様々な応用を進めてきた。本研究においてはこのインク化 MHCF を用いて、選択的 Cs 分離回収を電気的にかつ繰り返しおこなうことのできるシステムの構築を目指しているが、その特長は従来の電析による MHCF の膜形成に比べて、容易に多孔質かつより厚膜を電極上に作ることができ、金属イオンの電気的吸着/脱離をおこなう目的に適している点にある。我々はこの吸着電極を用いて、吸着液からセシウムを回収し、脱離液側にセシウムを移動させることに成功した。この方法はシステム自体が単純であるため小型化が可能で、かつ電気的に制御することで、操作手段・スペースなどに制限の多い使用済み核燃料処理に利用可能となることが期待される。課題最終年度である本年は、廃液をフロー方式で連続的に処理するため、上記の吸着電極を用いた電気化学カラムシステムを試作し、使用済み核燃料模擬廃液を用いた吸着脱離実験をおこなった。多くの共存イオンが存在する強酸性液から Cs を選択的かつ繰り返し吸着脱離できることを示すことに成功した。また繰り返し耐久性についても基材の材料・構造を検討することで1000回以上の耐久性を確認することができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セシウム回収、使用済み核燃料処分、電気化学的吸着脱離、ヘキサシアノ鉄酸金属錯体

・その他

【研究題目】 「細胞性粘菌リソースの安定提供と発展」
(震災で失われた細胞性粘菌株の再収集と再作製、およびバックアップ維持)

【研究代表者】 上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

基礎と応用のさまざまな分野でモデル生物として利用されている細胞性粘菌について、第2期では、代表種 *Dictyostelium discoideum* の非重複 cDNA を再整理した遺伝子セットを整備するとともに、国内に散在していた系統株と野生株、変異株のリサーチリソースを収集・保存・提供するための基本体制を確立した。しかしながら、東日本大震災により株リソースの大半が失われ、第2期中には復旧は完了しなかった。また、いくつかの株は寄託元からも失われてしまい、保存体制が万全でないことの厳しい教訓となった。そのため、第3期においては、できるだけ早期に株の復旧を完了するとともに、災害に強い保存とバックアップの体制を確立して安定した提供を可能にすることを最重要課題として取り組んでいる。このうち本年度の主な実績は以下の通りである。

- ① 昨年度までに、震災で失われた細胞性粘菌標準株および変異株の再収集と保存外部寄託元からの再寄託に関して、寄託元に株が残っているものについては作業を完了した。寄託元に株が残っていないもののうち、過剰発現株については、今年度、プラスミドの寄託を進めた。
- ② 震災で失われた細胞性粘菌遺伝子破壊株のうち、再収集できないものの再作製と保存：震災で失われた株のうち、寄託元が産業技術総合研究所であった31株は、再寄託を受けることはできない。このうち19株は遺伝子破壊株であり、再作製が必要である。平成24年度はこれらの再作製作業に鋭意取り組んだが、作業はやや難航し、19株全ての再作製と再保存を完了することはできなかった。そこで平成25年度は残り11株の再作製と保存作業に取り組み、2株を除いて作業を完了した。2株は種々の理由により再作製が困難または不適当と判断し、断念した。これにより遺伝子破壊株の再作製作業を完了した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞性粘菌、リソース

【研究題目】 光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

【研究代表者】 中鉢 良治 (理事長)

【研究担当者】 並木 周、工藤 知宏、河島 整、
鉦塚 治彦 (常勤職員33名、他19名)

【研究内容】

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、光スイッチを用いた回線交換型の光パスネットワーク技術を開発する拠点を協働企業10社とともに形成している。映像情報のような大きな情報を、光スイッチによる光パスネットワークで扱うことで従来のIPネットワークに比べて大幅な消費電力の低減が可能となる。この拠点では、デバイス、システム化技術からアプリケーションとのインターフェースまでをカバーする垂直融合の技術開発を進めている。具体的には企業と連携して、以下の四つの技術開発を行っている。第一はネットワークアプリケーションインターフェース技術で、ネットワーク資源とストレージ資源を統合管理するソフトウェアの開発を進めた。第二はダイナミックノード技術で、多粒度情報に対応できる光ノードを目指して、要素技術として、ODUスイッチ、ダイナミックROADM、ならびに波長可変レーザの開発を進めた。第三はパスカンディショニング技術で、伝送路の分散と波形劣化の評価技術の開発、パラメトリック分散補償装置、同波長変換器のプロトタイプ化を行った。第四は光パスプロセッサすなわち光パスを切り替える光スイッチで、シリコン細線導波路型の干渉計構造による光スイッチの多ポート化に関する技術開発を進めた。また、波長選択性スイッチについても設計と試作を進めた。以上に加えて、将来のネットワークのアーキテクチャについて検討を行い、光パスネットワークの消費エネルギーが現状技術より3桁以上小さくできることを見積もった。H26年に行う光パスネットワークの実証デモ実験の準備を推進した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光パス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトリソグラフィ、光スイッチ、可変分散補償

【研究題目】がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発（がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発）

【研究代表者】夏目 徹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】夏目 徹（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

多くの癌に於いてがん抑制遺伝子の発現抑制が起こっている事が知られており、それらのがん抑制遺伝子発現上昇を誘導できれば癌の治療が期待できる。我々はこれまでに、マススペクトロメーターを用いた mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定できる事、また、その制御を

解除するアンチセンスオリゴ（USO）を用いる事により特定のタンパク質の発現上昇を引き起こせる事を明らかとしてきた。

この技術を用いる事により我々は、がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発を行う事目標とし、平成23-27年の間に以下の行程での研究を計画している。1. 発現上昇により癌の治癒が期待される標的癌遺伝子の決定、2. がん抑制遺伝子 mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定、3. 制御を標的としたアンチセンス=USO を設計、4. In Vitro における USO の機能確認、および、USO の最適化、5. マウスを用いた薬効確認実験。

本年度は、上記の研究計画2から4の行程の研究を行った。具体的には、1種類の癌抑制遺伝子 mRNA の 3' UTR 領域特異的に結合する RNA 結合因子を同定し、その中から、癌抑制遺伝子の発現を負に制御している RNA 制御因子を同定する事に成功した。また、前年度に設計、標的癌抑制遺伝子産物蛋白質の発現上昇活性を有していたアンチセンスオリゴについて、癌細胞増殖に与える効果の確認を行った。その結果、我々の設計したアンチセンスオリゴは我々の期待通り、癌細胞の増殖を抑制する効果を持つ事、そして、その効果は標的癌抑制遺伝子 mRNA の RNAi により抑制される事が明らかとなった。今後、アンチセンスオリゴの配列最適化を行い、マウスを用いた薬効確認実験を行う。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】癌抑制遺伝子、アンチセンスオリゴ、mRNA 制御、質量分析計

【研究題目】植物 CO₂資源化研究拠点ネットワーク（グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業（GRENE））

【研究代表者】平田 悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、玄地 裕、北浦 敦志、孫 孝政（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本テーマは、バイオマスの化学品やマテリアルへの高効率変換基盤技術の開発を通じて、高生産性があり、かつ工業材料としての利用可能性が高いスーパーバイオマスの育種を産学官での研究拠点ネットワーク構築により達成することを目標としている。植物系バイオマスから得られ、軽量高強度材料への応用が進められているナノセルロースをターゲットとして、マテリアルとしての利用性評価および利用技術のトータルプロセスの経済性、環境性、社会環境への影響評価（LCA）を実施した。

本年度は、バイオマス種によるナノセルロース製造効率を明らかにするため、種々の木質系バイオマスを原料として、ボールミルを用いた湿式粉碎によりナノセルロースを調製した。生成物については、高分解能電子顕微

鏡による形態観察、比表面積測定、粒度分布測定、酵素分解性評価により特性評価を行った。その結果、広葉樹では、ナラ<ユーカリ<アスペン<コットンウッドの順に、針葉樹では、スギ<ヒノキ<オウシュウトウヒ<アカマツの順にナノセルロース製造効率が低いことが示された。

また、これまでに作成したトータルプロセスのドラフトをもとに、バイオマス利活用プロセスの経済性、環境性評価に必要なデータ項目の抽出および個別プロセスのLCA 計算可能シミュレータを完成させた。このシミュレータを利用してソルガムの栽培からポリフェニル乳酸生産までを評価した結果、GHG 排出量の大きな工程は栽培工程とフェニル乳酸の発酵工程であることが示された。さらに感度分析から、分離・精製の効率、フェニル乳酸収率、糖抽出率、ジュース糖度およびソルガム収量が GHG 排出量に対する重要影響要因であることが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、ナノセルロース、LCA

【研究題目】森と人が共生する SMART 工場モデル実証（気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム）

【研究代表者】遠藤 貴士（バイオマスリファイナリー研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、玄地 裕、岩本 伸一朗、山本 茂弘、文 多美、谷岡 拓弥（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本テーマは、ヒノキ等の間伐材からのナノセルロースの効率的かつ経済的製造技術および樹脂複合材料化技術の確立を目標としている。また、ナノセルロースおよび複合材料製造に関する経済性・環境性評価についても実施している。

本年度は、間伐材から製造したナノセルロース（リグノセルロースナノファイバー）を用いて、これまでに開発したマスターバッチ法における、複合樹脂の特性影響について評価した。その結果、熔融粘度が50g/10min以下の樹脂を用いることで、分散性および複合材料物性が向上することが示された。また、リグニン等を含有するリグノセルロースナノファイバーでは、高純度セルロースナノファイバーと比較して、セルロース含有率が低い場合でも補強効果を発現することが示された。さらに、粉末化した汎用樹脂にナノファイバーを直接的に複合化する固相せん断法について研究を進めた。その結果、せん断力が全体に伝搬する最適量を混練装置に充填し、樹脂が熔融しない温度で固相状態のまま混合・攪拌によりせん断力を与えれば、高含水ナノファイバーでも直接的に樹脂に均一に分散でき、強度物性に優れた複合材料

が製造できることを明らかにした。

さらに、実証プラントでの木質バイオマスのカスケード利用ビジネスモデルおよびナノファイバーなど高付加価値製品化事業についての経済収支、GHG 削減効果について評価を行った。その結果、補助金の有無、未利用間伐材と製材端材の利用率により、事業利益と GHG 排出量が影響を受けることが示された。また、高付加価値製品化事業は、全体の事業利益が向上するものの、GHG 排出量が増加することが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】間伐材、ナノセルロース、経済性

③【環境省】

・試験研究調査委託費

【研究題目】廃電気電子機器中の難燃剤の環境挙動予測評価による適正管理技術の確立に関する研究

【研究代表者】羽成 修康（計測標準研究部門）

【研究担当者】羽成 修康、伊藤 信靖、大竹 貴光、大畑 昌輝（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究の目標は、残留性や毒性が異なる難燃剤を選択し、それらをプラスチックに既定量添加して作製した基準試料に対し、耐候試験や溶出試験などを行うことで、試験前後の難燃剤及び構成元素の増減を把握し、評価結果に基づき、製品中難燃剤の適正管理技術の確立を目指すことである。当該年度は、①難燃剤分析の校正用標準品の評価、②基準試料の作製、各種試験の条件検討、③製品分析に関する高精度有機分析法の開発、④製品分析に関する高精度無機分析法の開発を実施した。得られた成果は、①では、校正用標準品の純度評価を凝固点降下法で行い、対象3物質中2物質に適用可能であったこと、適用困難であった物質には差数法のみを適用し、純度評価を行えたこと、②では、均質性の確保された ABS 及び PC 樹脂の基準試料を作製し、その基準試料の耐候・溶出・気化試験の予備検討を行ったこと、③では、対象難燃剤に特化した有機分析法を、再沈法をベースに開発し、作製した基準試料中の難燃剤の仕込み値と、同等の結果が得られたこと、④では、蛍光 X 線分析法により作製した基準試料の性能評価をし、同型標準物質とほぼ同等の性能を有していることを把握できたことであった。将来的に難燃剤の適正管理を行うためには、本分析法や基準試料の各種試験結果を廃プラスチックに拡張する必要があるため、プラスチックの母材同定をフーリエ変換型赤外分光光度計により検討し、5種の樹脂判別を可能とした。本年度に得られた研究成果により、難燃剤の正確な分析値を基にした挙動予測が実現可能となる基盤技術の土台が形成されたと考えられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】難燃剤、基準試料、挙動予測、適正管理

〔研究題目〕 温暖化に伴う内水域環境の変化監視情報システム構築に資する研究

〔研究代表者〕 長尾 正之（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 長尾 正之、鈴木 淳、安永 恵三子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

内水域での地球温暖化に伴う環境変化を過去のデータにより検証し、また、実証観測に基づき温暖化に伴う環境変化を観測する手法の開発と評価方法の研究を行うことを研究目標として、(1)過去データの検証に基づく内水域での地球温暖化に伴う環境変化の検証、および、(2)内水域環境変化監視情報システムの構築、の2つのサブテーマの研究を実施した。

(1)では、従来の上昇傾向解析の処理手順を見直しトレンドモデル、季節モデル、自己回帰モデルの次数範囲をより広くとり、季節調整法で最適モデルを決定し1993年から2006年までの水温データが存在する79のダム湖について新しい水温上昇率を得た。その結果、最表層水温は、1993年から2006年において多くのダム湖で上昇傾向にあり、最表層水温が気温上昇の影響を強く受けていることから、最表層水温が気象要因のみである程度予測可能であることが示された。一方、最下層水温は、湖底上昇によるダム容量の減少、成層強化、冬季鉛直混合の低下に影響を受けている可能性が示唆された。

(2)では、釜房ダムで常時計測されている水質データ等の解析を行ったほか、モニタリングを霞ヶ浦で継続するとともに、炭酸系諸量のモニタリングを人間活動の影響が大きい典型的な富栄養湖の霞ヶ浦、新利根川で継続した。また全国内水域の炭酸系諸量の実態解明のために、人為影響の少ない沖縄県北部の羽地ダムを選定して採水調査を行い、炭酸系諸量の精密測定を行った。そして、最終年度までに実証研究で得られた結果から、溶存無機炭素および全アルカリ度をパラメータとする内水域の環境および物質循環の概要評価法を提案した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 水温、ダム湖、地球温暖化、時系列解析、季節調整法、水質、季節変動、霞ヶ浦

〔研究題目〕 南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング

〔研究代表者〕 村山 昌平（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 村山 昌平、石戸谷 重之、
宇佐美 哲之（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

南鳥島において、既存の観測所設備と研究観測で確立されてきた観測技術を活用し、また同島の諸事情にあわせた形で改修し、微量温室効果ガスのモニタリングを開始する。気象庁が取得している主要な温室効果ガスの観測データと新たに気象研究所、国立環境研究所および産総研が開始する観測で得られるデータとを組み合わせ

統合データセットを作成し、温室効果ガス等の濃度変動のプロセス解明等の研究を進める。産総研では大気中二酸化炭素（CO₂）の安定同位体比の観測をフラスコサンプリング法及び質量分析計を用いた手法により開始するとともに、開発中のCO₂安定同位体比連続測定装置の改良を進め、清浄大気観測への適用を目指す。

H25年度は、概ね1週間に1度の頻度で、フラスコサンプリング法による南鳥島における大気中CO₂安定同位体比の高精度観測を継続して行った。得られたデータの解析を行い、大気中CO₂濃度およびその安定同位体比の変動の特徴を明らかにすることができた。解析結果から、観測されたCO₂濃度及びその炭素・酸素安定同位体比の季節変動は、季節に依存した異なる起源の影響を受けて生じていることが示唆された。また、CO₂濃度およびその安定同位体比のイベント的な大きな変動に対して、大気輸送の変動が影響していることを明らかにした。同位体比連続測定装置については、高速に光源波長を変化させて、各同位体の吸収線を高頻度に測定することが可能なように、光源を耐久性が改良されたレーザに交換した。従来のものとレーザの使用温度や射出光の広がり角度等の仕様が大幅に変更になったため、光学系の改造を行って、高精度化を進めた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 南鳥島、温室効果ガス、バックグラウンド大気、安定同位体、炭素循環

〔研究題目〕 センサーネットワーク化と自動解析化による陸域生態系の炭素循環変動把握の精緻化に関する研究

〔研究代表者〕 前田 高尚（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 前田 高尚、村山 昌平、石戸谷 重之、
近藤 裕昭（常勤職員4名、他5名）

〔研究内容〕

運用中の陸域生態系炭素収支の長期連続観測を継続しつつ、遠隔地にある観測現場の測器からのデータ収集から、処理、データベース搭載までのプロセスに、観測機器運用の遠隔監視やデータ流通・解析の自動化といった情報通信技術を、参画他機関と共同でそれぞれの観測サイトに導入し、これらを通じて安定で精度の高い観測とそのデータベース化、他の観測データとの統合を技術面から推進する。

平成25年度は、岐阜県高山市（高山サイト）、タイ中西部カンチャナブリ県（メクロンサイト）、タイ東北部ナコンラチャシマ県（サケラートサイト）において、大気・陸面間の二酸化炭素フラックスおよび気象等の関連環境諸量の観測を継続して実施した。現地観測の情報通信技術導入システムの構築・運用は、タイの2サイトで、昨年度導入したデータ収録機器と通信機器について障害発生等の遠隔監視を通年で運用し、電源障害など観測の全停止を伴うような欠測の期間を短縮できた。結果、従

前に行っていた定期的な訪問点検を増やすことなく、フラックス観測の欠測を遠隔監視の導入以前のほぼ半分に減らすことができた。岐阜高山サイトでも同様の機能の運用を始めた。並行して、各サイトから受信した一般気象等の環境データの自動処理に着手、準実時間で可視化とその目視による遠隔監視を可能にした。2013年10月には高山でサイト開設20周年記念の、12月にはバンコク近郊でそれぞれ国際ワークショップが開催され、これらにコメンターとして参加、発表と議論を通じて、各観測サイトに立脚する研究コミュニティの強化や次世代の人材育成を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地球温暖化、二酸化炭素収支、陸域植物生態系、環境情報

④【その他省庁】

【研究題目】クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えいを防止するアクセス制御技術の研究開発

【研究代表者】須崎 有康

(セキュアシステム研究部門)

【研究担当者】須崎 有康、古原 和邦、八木 豊志樹
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

ネットワーク暗号化の普及により、情報漏えいはネットワークではなく、プロバイダ管理者からの覗き見や利用者のクライアント端末を経由したものが多くなっている。クライアント端末経由からの漏えいは不用意な印刷や画面のカットアンドペーストからも起こる。これらを解決するためにサーバに保存するファイルはユーザのパスワードで暗号化され、手元のクライアントではアクセス制御で漏えいを防止する技術を開発する。最終年度(3年目)に当たる本年度は3つに分けた下記の構成要素の統合を行い、実証実験を行った。実証実験は日本の両端のサービスプロバイダ(HOTnet 北海道総合通信網株式会社とドリーム・アーツ沖繩)の協力を得て、実用に耐えうる性能が出ることを確認した。

「(1) サーバから情報が漏えいしない技術」のために、サーバの預けるファイルは ANOT (All Or Nothing Tranfrom) による暗号化、Reed-Solomon による冗長化および複数サーバへの分割、細かいピースに分割する重複除外など機能を付けたインターネット対応仮想ディスク LBCAS を開発した。

「(2) クライアント端末からの情報が漏えいしない技術」のために(1)で開発するインターネット対応仮想ディスク LBCAS に対してアクセス制御を加えた。アクセス制御により、仮想ディスク内のファイルはアプリケーションが開くことができるが、ファイルを他のストレージに保存すること、印刷すること、画面のカットアンドペーストすることを禁止する。

「(3) ドライバへの攻撃検出および鍵の無効化による高信頼クライアント技術」のためにハイパーバイザーのメモリ改ざんを検知する技術の開発、および攻撃者がクライアント端末に記録されているデータと通信路を流れたデータの両方を入手し解析できたとしてもそこに格納されている鍵の特定が困難であり、かつ、鍵の無効化と再発行を可能とする鍵管理機能(LR-AKE: Leakage-Resilient Authenticated Key Exchange)を(1)で開発した仮想ディスクに組み込んだ。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウドストレージ、情報漏えい対策、鍵管理、仮想化

【研究題目】低遅延異種多入力映像表示装置の研究開発

【研究代表者】戸田 賢二

(セキュアシステム研究部門)

【研究担当者】戸田 賢二、大山 英明、森川 治(東工大)(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究開発の目的は、汎用的な低遅延異種多入力映像表示装置を実現することにより、利用者が映像合成していることを意識することなく、複数の映像を、創意工夫を凝らして組み合わせることで表示できる環境を提供することである。実施は、産総研と東工大で共同で行っている。

平成25年度は、本テーマの研究計画の第一フェーズとして、既存信号(NTSC、VGA、DVI/HDMI)を映像データパケット方式に変換する装置、オブジェクトベース映像パケット方式を制御するコマンド体系の整備(拡大、縮小、解像度などの変更)、オブジェクトベース映像パケット方式の原理評価を行うプロトタイプシステムの開発を行った。開発の内容は、提案するビデオ信号を制御するコマンドパケットのコマンド体系の整備(東工大が主担当)と、既存のビデオ信号から提案するオブジェクトベース映像パケット方式のビデオ信号に変換する装置開発とオブジェクトベース映像パケットを受け取り(必要に応じてコマンドを発行し適切な位置やサイズで)表示するディスプレイ装置の開発(産総研が主担当)である。

産総研では、深さ方向を考慮した画像の取り込みそれらを合成する方式の開発と、深さ情報付き画像の入力を受け付けるオブジェクトベースの映像処理・表示装置の開発を行った。

前者は KINECT を用いたハイパーミラー遠隔対話システムという形でデモを行った。先ず KINECT を使い、自動的に対象のオブジェクトを抽出し、深さ情報込みのオブジェクトを作成する。次に、深さ情報込みのオブジェクトを送受信する。各地では、遠隔地から送られてくるオブジェクトを含む複数のオブジェクトを、深さ情報を考慮して合成・左右反転してハイパーミラー映像を作

成表示する。

後者は、低コスト化と利便性の向上のため、既存のビデオ信号から提案するオブジェクトベース映像パケット方式のビデオ信号に変換する装置開発とオブジェクトベース映像パケットを受け取り表示するディスプレイ装置を一体として組み込んだ統合プロトタイプ装置を開発した。これを3台用いたデモシステムを動作させた。

成果の目標の達成状況は、口頭発表は予定通りで、実施期間中の査読つき論文は0であったが、学会から論文誌への推薦があり、現在執筆中である。特許出願に関しては、予定はなかったが、セキュリティ応用に関する内容で国内・国外各1件出願した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 オブジェクトベース映像パケット方式、低遅延異種多入力映像表示装置、深さ情報付き画像

【研究題目】 **ダイヤモンドを用いた次世代量子暗号用素子の基盤技術開発研究**

【研究代表者】 山崎 聡 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 山崎 聡 (常勤職員1名)

【研究内容】

単一光子源素子や量子ノード等の将来の実用化を見据えた際、要求される重要な技術要素として室温動作できる点、電氣的動作ができる点、実用レベルの効率化が挙げられるが技術的な課題が多く、実現されていない。本研究ではダイヤモンド中の発光中心に注目し、室温動作する高効率な単一発光素子実現に向けた基盤技術及び量子ノード素子の将来の実用化に必要な、スピンの電氣的操作及び電氣的検出に関する基盤技術の創成を目指す。

平成25年度は電子スピンの電氣的検出に向けて、電気検出磁気共鳴 (EDMR : Electrically detected magnetic resonance) 装置の立ち上げを目標とした。装置システムを立ち上げ、作製した高品質ダイヤモンド試料を標準試料として用いて、その試料中の炭素ダングリングボンドのスピンを電気検出磁気共鳴により検出することに成功し、当初の目標を達成した。平成25年度終盤は、平成26年度の計画を前倒しして、NV 中心や窒素ドナー (置換位置の窒素) の電氣的検出に向けて準備を進めている。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 情報通信、ダイヤモンド、電子デバイス

【研究題目】 **掃除・片付け・拾い上げを行う自律型支援ロボットのための認識特徴量ライブラリと識別器の研究開発**

【研究代表者】 山崎 公俊 (信州大学)

【研究担当者】 花井 亮 (知能システム研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究開発の目的は、自律型支援ロボットに搭載するための認識システムの構築である。日常生活を送るうえで生じる物品の拾い上げや押しどけ、ゴミ等の除去に着目し、多様な対象を扱うことのできる識別機能について研究している。

本年度はカラー画像や三次元距離データによるセンサデータライブラリの構築と、既存のものと新規のものを含む特徴量表現の実装、それらの試験的評価を目標とした。本研究開発の認識対象は、ガラス製品などの透明物品、金属食器などの光沢物品、ケーブルや紙などの不定形物品、埃や液体汚れなどの清掃対象を含む。そこで、これらの物品を対象に複数のコンシューマ用途の距離画像センサから得られるデータの比較を行いセンサの選定を行った。そしてセンサ位置、計測視点数、背景、照明等の計測条件の詳細化を行った後、選定した対象物を計測、センサデータライブラリを構築した。特徴表現については、SIFT 等の4つの画像特徴と PFH 等の5つの形状特徴を計算し識別結果を比較できるフレームワークを開発した。試験的評価において、赤外反射強度画像に対して SIFT 特徴を適用したものが、照明環境をコントロールできることが有効に働き、透明物品、金属物品の識別に良好な結果を示すことを確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 知能ロボット、特徴抽出・選択、パターン識別・分類

【研究題目】 **消防防災無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発**

【研究代表者】 森川 泰 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 森川 泰、松本 治、神村 明哉
(常勤職員3名)

【研究内容】

災害が起こった場合、迅速に災害現場の情報収集を行って、救助活動をすることが重要であり、特に上空から得られる情報は重要である。この時、無人ヘリコプタなどの無人航空機を用いることは、有人航空機よりもコストやリスクの低減や迅速性の面で優れている場合が十分にある。本研究では、振動の少ない無人ヘリコプタの飛行制御技術の研究やシステムの開発を行い、消防防災無人ヘリコプタを実用化する。

無人ヘリコプタに消防研究センターが開発している斜面崩壊監視システムを搭載して監視する場合、無人ヘリコプタの揺れや位置の移動が大きな問題になるので、ジンバル機構によって能動的に揺れを抑えつつ GPS と姿勢センサにより監視システムのセンサ部であるレーザースキャナの位置姿勢を高精度に計測し、レーザースキャナのデータ補正に利用する計画である。飛行実験によりレーザースキャナに取り付けた GPS と姿勢センサによってスキャナの位置姿勢を計測し、データを得ることが

出来た。

ステレオビジョンシステムに関しては、無人ヘリコプタにステレオビジョンシステムを搭載して地面を撮影し、3つ以上の特徴点を追跡し続けることにより三角測量の原理で自己位置姿勢を推定する技術を開発している。今年度行った飛行実験では、地上の特徴点の代わりに地上に置いた3つのマーカーを検出し、それぞれのマーカーまでの距離を測定して無人ヘリコプタの位置を推定する実験を行った。その結果、マーカーの位置を検出して距離を求めることが出来たが、目標とする精度を達成することは出来なかった為、ソフトウェア及びハードウェアに関して更に改良が必要なることが明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無人航空機、無人ヘリコプタ、飛行制御、ステレオビジョン、消防防災

【研究題目】地震等災害時に救助活動を支援する障害物除去システムの開発

【研究代表者】久保田 士郎（安全科学研究部門）

【研究担当者】久保田 士郎、和田 有司、緒方 雄二、西野 佳奈（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究では、地震等の災害時に倒壊した建物の中から人命を迅速に救助するために、重機を使用せずに小規模爆破等を適用して倒壊コンクリート壁等を局所的に迅速に破砕し、突破口を作り（ブリーチング）、救助活動を支援するためのブリーチング技術開発を実施した。壁の裏側に要救助者が存在しない場合は、小規模爆破技術を発展させた効率的な破砕技術を開発した（新規ダーティ・ブリーチング）。壁の裏側に要救助者が存在する場合は、裏側に発生する飛散物等爆発影響を最小限とする破砕技術（新規クリーン・ブリーチング）を開発した。

今年度は、垂直穿孔での破砕には限界があることを明らかにし、45度穿孔、ならびに樹脂系の込め物を使用した爆破破砕実験を実施し、装薬条件と破砕効果との関係を調べた。クレータのサイズ・発生状況に対する主要な影響因子は穿孔長であり、穿孔長を壁厚の半分程度に設定すると、薬量を増やしても裏面に飛散物が発生しないことが判明し、新規クリーン・ブリーチングの条件とした。また、新規ダーティ・ブリーチングの条件として壁両面にクレータが発生する条件も明らかにし、両研究要素について125～250mm 壁厚（ダブル配筋）について穿孔長、薬量の条件を明らかにした。また、爆風圧等、各条件での爆発影響を計測して、本技術の安全性を検証するデータを得た。さらに、作業時間を計測し、本技術の迅速性を示すとともに、同技術の現場対応マニュアルを提案した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】人命救助、ブリーチング、ミニブラステ

ィング、火薬類、鉄筋コンクリート壁

【研究題目】平成25年度国産農産物の滞在的品質の評価技術の開発委託事業

【研究代表者】根本 直（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】根本 直（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は国産農産物のもつ品質に対して新しく実用的な計測尺度の構築を目指している。農産物の代表として、品種が多くその健康効果や成分などの基礎的知見が蓄積されているトマトを解析対象とし、NMR-メタボリック・プロファイリング（MP）によって成分を包括的に解析し、他の機器分析データや品質評価データと関連づけることで、隠れた品質・複雑な品質を簡便に計測する技術を開発にすることを目標としている。

様々な品種・栽培条件の生育履歴のはっきりとした生食用・加工用トマト試料の提供を受け、そのまま、あるいは凍結乾燥粉末やジュースに加工したものについて、NMR-MP 計測のための試料調製法、NMR の測定条件、データ処理法等の検討を行った。また、NMR-MP により試料の特性を多変量解析で可視化し、試料の特性を反映する NMR シグナルの特定を試みた。

その結果、構成する特徴空間は、糖類・アミノ酸およびクエン酸の寄与が顕著であった。さらに、他の機器分析データや品質評価データとの統合解析に相応しい標的試料と変数を選択し、マーカーシグナルのアノテーションを行った。

NMR-MP 法により、Exploratory Analysis として探索的統計解析を実施し、その情報を他チームに提供することにより、不要変動や既存の価値（例えば糖度や比重）以外の尺度として糖類信号削除解析法を開発した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】メタボロミクス、NMR、非標的分析、探索的統計解析、農産物

【研究題目】耕作放棄地を活用した大規模スケールでの藻類バイオマス有効利用技術の確立

【研究代表者】村田 和久（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】村田 和久、劉 彦勇、豊田麻須美（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では、炭素数30を越える微細藻類産生の炭化水素オイルの水素化分解により、炭素数10から20のジェット燃料・軽油を製造するための触媒と反応条件を探索し、またオイル中の不純物の反応への影響を把握すること、さらには得られたオイルの品位を評価することにより、目的燃料の収率向上を目指す。

今年度は、バッチ系にて水素化分解の条件（触媒や温度、水素圧など）と分解生成物の関係を把握することに注力した。候補触媒を調製後、原料はまずモデル化合物

(炭素数30)のスクワランおよびスクワレンを用いて反応させた。大量の原料が残存する条件、逆に C16-C20の軽油分すらあまり残存しないような過酷な条件を確認し、結果として、ジェット燃料・軽油相当分の収率(炭素基準)が50%を超える可能性を示す条件を見いだした。次に、この経験を応用して、実際のボトリオコッカス産生油(粗油(C、炭素含有率84.3%)及び精製油(P、同87.5%))を用いて、水素化分解を行った。これら藻類油には遊離脂肪酸や高沸分が含まれるが、これらも反応物と想定し、そのまま反応させた。触媒や条件の制御により、ジェット燃料・軽油相当分の収率が50%を超える条件を確認した。原料による収率の差は5%程度であるが、精製油(P) > 粗油(C)であった。

今年度、原料1g規模、バッチで、有望な結果を得たが、ppmレベルで油に含有する不純物(S,P,Ca,Clなど)の触媒への影響を知る必要があり、今後触媒の繰り返し使用と収率の関係を調べる。性能劣化が確認されれば、反応後の触媒解析と触媒再生法なども検討を要する。また10倍規模で製造した生成物の特性(酸価、ヨウ素価、粘性、流動点など)も評価したい。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】藻類産生炭化水素油、水素化分解、ジェット燃料・軽油

【研究題目】ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究(農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業)

【研究代表者】池原 謙(糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】池原 謙、池原早苗

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業で実施した「家畜原虫病に対する Th1免疫誘導型糖鎖被覆リポソームワクチンの開発研究」の成果を実用化することである。

対象疾患は、畜産業からワクチンの開発が強く求められてきたウシの小型ピロプラズマ病である。同病は、学名 *Theileria orientalis* の感染により発症するもので、貧血や発熱が症状となる。現在、日本で広く発生しており、大きな経済的被害の原因となっているものの、有効な治療薬やワクチンが存在しない状況である。

【目標】

産業技術総合研究所、帯広畜産大学、東海大学は、新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業にて、ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチン開発・実用化で必要となる一連の技術やノウハウを確立した。本研究ではこれらの成果を、ワクチンの製造販売事業を実施する機関(動物医薬品会社)へと移転し、畜産業からのニーズに合致する製品を、速やかに上市するためのプロセス

開発の完了を目標にしている。

【年度進捗状況】

産総研では、同ワクチンを投与したウシに生じる、ワクチン抗原に特異的な Th1免疫応答を定量的に検出評価することを実現している。さらには、ワクチンとして封入する候補抗原について、免疫応答の中心となるエピトープ配列についても明らかにしている。本年度は、事業実施機関となる動物医薬品会社へ、関連する技術・ノウハウの移転を実施した。技術移転は順調に達成されたことから、薬事法及び動物医薬品の治験ガイドラインにおいて要求される事項の確認、要求される成績を得るためのワクチン効果試験の設計を達成できたところである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ワクチン、糖鎖、検査技術

【研究題目】畑作の省力化に資するバイオプラスチック製農業資材分解酵素の製造技術と利用技術の開発

【研究代表者】森田 友岳(環境化学技術研究部門)

【研究担当者】森田 友岳、羽部 浩、佐藤 俊、小池 英明、白田 忍、渡辺 寛、荒川 智行(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

生分解性プラスチック(生プラ)製の農業用マルチは、使用後の分解制御が普及のための課題となっているが、酵素処理による急速劣化で鋤込み可能になれば、生プラマルチの普及によって、廃棄物の削減だけでなく、労力を減らした畑の計画管理や大規模農業への対応が可能になると期待される。そこで本研究開発では、①生プラ分解菌の選抜と分子情報に基づいた培養条件の確立による生プラ分解酵素の大量生産、②遺伝子組換え手法による生プラ分解酵素生産性の飛躍的な向上、③多様な環境に適用するブレンド酵素剤の選定、の3つの研究課題に取り組むことにより、生プラ分解酵素の安定的な大量生産と、様々な農業環境で使用済みマルチの急速劣化を可能にするブレンド酵素を開発し、生プラ製農業用マルチの普及促進を目指す。

本年度は、生プラ分解菌による生プラ分解酵素の生産量の向上を目指して、生プラ分解酵素の生産誘導や活性阻害に関する分子情報の取得を行い、生産条件の最適化と遺伝子改変のための基盤を構築した。また、ゲノム科学情報を活用して、生プラ分解酵素を大量生産する遺伝子組換え体を作製するための基盤技術の構築に着手した。また、生プラ分解酵素の多様な生プラフィルムに対する分解特性を評価するための機器分析手法の確立にも着手した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】生分解性プラスチック、農業資材、酵素、遺伝子組換え、ゲノム科学

〔研究題目〕「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」野菜栽培による農業経営を可能とする生産技術の実証研究

〔研究代表者〕保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

福島県は、東日本大震災による地震、津波被害に加え東京電力第一原子力発電所の事故による放射性物質による影響が極めて大きい。本研究は、津波、原子力災害の被災地である浜通り地域が、県内向けの種苗供給産地であったことから、種苗生産に着目し、地域農業を最先端種苗産業として発展させることで、雇用対策や地域農業の起爆剤として、復興の後押しとなる実証研究を行うものである。

プロジェクト全体の研究課題としては、①高付加価値苗の技術確立、②育苗労力低減技術確立、③苗生産における放射性物質のリスクマネジメントの確立研究に取り組み、研究担当者は、研究課題③のチームリーダーとして、育苗における放射性セシウムの影響回避のための育苗施設内の放射性セシウムのモニタリング技術確立、施設内に影響をおよぼさないための放射性物質除去システムの開発・導入、育苗環境の最適化に関する研究を推進した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕放射性セシウム、野菜栽培、育苗環境、農業振興

〔研究題目〕山側における「間伐材から機能化混練型 WPC 変換まで一貫したシステム」の実証化研究

〔研究代表者〕遠藤 貴士（バイオマスリファイナリー研究センター）

〔研究担当者〕遠藤 貴士、岩本 伸一朗、谷岡 拓弥、下地 良平（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本テーマでは、間伐材の高度利用技術開発として、木質から効率的にバイオマスフィラーを製造して樹脂と複合化させ、既存の樹脂製品を代替可能な混練型木材プラスチック複合材料（WPC）の製造技術開発を目標としている。

木質から製造したバイオマスフィラーを用いた混練型 WPC の物性は、フィラーの製造条件により大きく影響を受ける。本年度は、ディスクミルやボールミルを用いて種々の条件で粉砕処理を行い、得られたフィラーの形態と WPC 物性の関係について評価を行った。その結果、粉砕初期からフィラー表面にフィブリルが生成するが、強い条件で長時間粉砕を行うと、フィブリル間の凝集が発生することが示された。また、長時間粉砕で得られるフィラーを用いた WPC では強度物性が著しく低下し、フィラー凝集による欠陥発生が見られた。これらの結果

をもとにすることで、ディスクミル粉砕時の過度粉砕を抑制するクリアランス条件を明らかにした。また、これまでに構築した沈降法によるフィラー評価手法と高分解能電子顕微鏡による形態観察から、表面がフィブリル化したフィラーは、粉砕初期に生成する微細なフィラーが木粉表面に吸着し、さらに粉砕処理により毛羽立ちが起こることで形成されることが示された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕間伐材、フィラー、複合材料

〔研究題目〕針尾島（25）保管庫移設解析業務

〔研究代表者〕中山 良男（爆発衝撃研究グループ）

〔研究担当者〕中山 良男、松村 知治、杉山 勇太、若林 邦彦、久保田士郎、和田 有司、緒方 雄二、高久 義裕、高柿 大輔、堀川 貴広（常勤職員7名、他3名）

〔研究内容〕

地中式火薬庫（保管庫）の設置に際して、火薬類取締法施行規則に基づく特則承認を得るに当たり、当該保管庫の安全性に関して、委員会による検討、および実験等による基礎的なデータの収集・解析を行う。概要を以下に示す。

(1) 委員会による検討

25年度は、委員会の設置準備を行った。具体的には、委員会事務局業務委託先の公募・選定、委員会開催日程および委員候補の検討・選定等である。

(2) 実験等による基礎的なデータの収集・解析

25年度は、実験及び数値解析の概要検討・準備作業を行った。具体的には、実験方法や数値解析の仕様検討、必要な消耗品・役務作業・借用品の見積取得等である。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕地中式火薬庫、土堤、数値シミュレーション、保安距離、爆薬、扉飛散

2) 国以外からの外部資金

①【新エネルギー・産業技術総合開発機構】

【研究題目】IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト（データ処理基盤分野）リアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発

【研究代表者】小川 宏高（情報技術研究部門）

【研究担当者】小川 宏高、中田 秀基、工藤 知宏（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

モバイルネットワーク技術の普及と各種センサ技術の発展に伴い、多種多様なモノがネットワークに接続されるようになり、実世界の様々な事象をデータとして IT の世界から捉えられるようになった。しかし、日々刻々と変化するこうした所謂ビッグデータから新たな知見を得るには、現状ではデータを収集・解析するための大規模な IT インフラや高度なプログラミングスキルが必要であり、ビッグデータの恩恵を受けることはいまだ困難な状況にある。こうした問題を解決するため、本研究では、実世界から取得される大規模データに対するリアルタイムの複雑なデータ解析を実現するとともに、対象データの量に対するスケーラビリティと対象データの種別や処理内容に可変性を有するリアルタイム大規模データ解析処理基盤の研究開発を行う。本研究では、大規模時系列データのリアルタイム解析を Preferred Infrastructure が、多種多様な情報を用いたデータ処理技術を産総研が、大規模リアルタイム解析を支える高速分散データストアならびに次世代メモリストレージノード技術を NEC が、次世代メモリストレージデバイスを中央大がそれぞれ担当する。特に産総研は、大規模機械学習プラットフォーム Jubatus において、実世界から取得される多種多様な時系列データの利活用を可能にするデータ処理技術に関する研究開発を実施する。

2年計画の2年目となる平成25年度は、多種センサデータを対象としたリアルタイム解析を実現するために、任意のデータに対するデータ変換を実現するカスタムタイプ変換方式と、それを利用したメディアデータに対する高速な特徴量抽出モジュール群を開発するとともに、多数の動画像ストリームに対する異常値検知システムを構築して実機による評価を行った。学習フェーズの性能改善手法を複数検討・実装した結果、8ノード規模のクラスターで最大200本の20FPS（インターネットで多く用いられる動画のフレームレート）の動画像ストリームを同時に解析可能であることを確認した。また、リアルタイム解析エンジンの特徴量抽出機能の増強と、データの再利用性・相互運用性の向上を図るため、多言語で記述された特徴量抽出モジュールを利用するためのソフトウェア機構、Kerberos 認証によるシングルサインオン機構（一度の認証処理によって複数のサービスを利用可能にする機能）等を開発し、実機での評価でフィージビリティ

ィを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ビッグデータ、ハイパフォーマンスコンピューティング、認識・意味理解

【研究題目】風力発電高度実用化研究開発／スマートメンテナンス技術研究開発

【研究代表者】村川 正宏

【研究担当者】村川 正宏、緒方 淳、岩田 昌也、叶 嘉星、小垣 哲也、菊島 義弘、阿部 裕幸、嶋田 進、小野 智恵（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

本研究開発は、風車の不適切なメンテナンスや技術欠落を原因とする風車の稼働率低下（設備利用率の低下）、故障の増加や風車の停止時間の増大といった課題の解決を目的とする。このために、目標稼働率95%を達成可能なメンテナンス技術を開発し、風力発電事業で適切に活用されるためのメンテナンスチェックリスト、保険やO&M（運転管理・保守点検）認証への適用性検討など実効的なスキームを検討する。体制としては、プロジェクトリーダーである東京大学、助成事業に参画する企業群と連携して研究開発を遂行し、産総研は、各種要素部品の状態監視システム CMS（Condition Monitoring System）の活用と、関係するセンサデータからの故障検知技術の開発を分担する。

3年計画の1年目となる平成25年度は、風車の発電機等の収納部分ナセル内のドライブトレイン（動力伝達部）における、亀裂発生や摩擦摩耗の進行を非破壊で状態監視するための CMS の基本仕様を検討した。具体的には、必要とするセンサの周波数特性、プリアンプの内蔵の有無、AD 変換の方法、PC へのデータ収集、保存方法などを検討し、必要な部材の手配を完了した。また、平成26年度に予定している風力発電事業者サイトでのデータ収集について、発電事業者と共に計画を検討し、それに係る準備を進めた。さらに、EWEA 2014 Annual Event に参加し、関連するメンテナンス技術等の最新動向を調査した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】風力発電、メンテナンス、異常予兆検知、データ解析、機械学習

【研究題目】風力発電高度実用化研究開発／10MW 超級風車の調査研究（要素技術）

【研究代表者】小垣 哲也（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】小垣 哲也、阿部 裕幸、菊島 義弘、嶋田 進、松宮 輝、青木 繁光、稲吉 仁（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本調査研究では、将来実用化が想定される10MW 超級の超大型風車において、現状の3枚翼風車をベースとした超大型化に加え、更なる発電コストの削減のために必要であると考えられる2枚翼高速風車等の新技術に関するフィージビリティスタディを実施するとともに、10MW 超級風車全体の概念設計とコスト評価を踏まえ、ロジスティクス及び O&M（運転管理・保守点検）の将来像を見据えた上での10MW 超級風車の構成・スペックの最適化を行うことにより、10MW 超級風車の将来像を明らかにし、発電コスト削減に向けた10MW 超級風車の開発を加速させることを目的とする。

10MW 超級を見据え更なる発電コストの削減を目指した次世代新技術として、2枚翼風車ロータの実現可能性を詳細に評価するため、空力特性解析のための風洞模型試験と運動・挙動解析のための模型試験とを個別に同時並行で実施することとし、各実験仕様を詳細に検討した。次年度以降の本格的な2枚翼風車ロータの運動・挙動試験と空力特性試験のための実験内容と条件を確定し、それらを達成するための試験装置の構成と仕様を決定した。運動・挙動試験と空力特性試験とは、ロータの空力的特性を同一とするために、同じロータ形状とすることとし、レイノルズ数を 4×10^5 、周速比8で運転可能なロータ形状を設計した。運動・挙動試験においては、ハードウェアインザループシミュレーション（HILS）技術を組み合わせた解析システム全体の構成と仕様を決定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】10MW 超級風車、2枚翼風車、風車設計、風力発電コスト

【研究題目】希少金属代替材料開発プロジェクト（対象鉱種追加分／⑥排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

【研究代表者】濱田 秀昭

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】濱田 秀昭、佐々木 基、小淵 存、鈴木 邦夫、内澤 潤子、難波 哲哉、千葉 晃嗣、益川 章一、大井 明彦、原 重樹、原 伸生、多井 豊、三木 健、尾崎 利彦、粕谷 亮（常勤職員11名、他4名）

【研究内容】

本プロジェクトは、平成21年度～平成25年度の5年計画で、大型ディーゼル車排出ガス浄化触媒システムの酸化触媒とディーゼルパティキュレートフィルター（DPF）を対象とし、白金族金属使用量の大幅な低減を目標として研究開発を行っている。平成25年度は、プロジェクトの最終年度として、研究項目「実用触媒製造

技術の確立」の中で2企業、2大学との共同研究を行った。当研究所は下記研究項目を担当し、最終的に、これまでに開発した要素技術を総合して実機評価用触媒を試作し、共同研究先に提供して評価した結果、白金族50%低減品で市販品と同等以上の性能が得られ、プロジェクトの最終目標を達成した。

（1）酸化触媒の改良と高度化

（a）酸化触媒の活性種高度化

前年度見出した PtPd 触媒の調製過程における水素還元処理による活性向上効果を、製品化・実証化に向けた実用的な手法に改良した。具体的には、触媒調製時の添加物として有機酸等を共存させ焼成条件を工夫することにより、取り扱いが難しい水素ガスを使わず還元触媒を得る方法を見出した。開発手法により調製した触媒は、担持する貴金属濃度が高いなどの条件では、水素還元触媒を凌駕する性能を示した。本法を用いて白金族金属使用量を50%低減した触媒をキログラム単位で調製・提供し、共同研究先における触媒塗布ハニカムの大型エンジン評価で従来品同等の性能を示すことを確認した。

（b）酸化触媒の担体高度化

昨年度までに開発したメソ孔拡大シリカ添加アルミナについて、さらにマクロ孔をハイブリッド化した試料についてキャラクターゼーション、活性評価を行った。その結果、特にミスト酸化について顕著な活性向上がみられ、これはマクロ孔付加による拡散性増加による効果であることが推察された。

（c）DPF 用触媒の高度化

DPF 用の AgPd 触媒の物性と活性に及ぼす担体不純物の影響を検討した。900℃以上の高温焼成により Ag は担体中の Cl と相互作用して、Ag と AgCl からなる二相粒子を形成することがわかった。また、SiO₂の影響については、Ag が SiO₂付近に存在し、低活性な Ag/SiO₂が形成されることが推測された。

（2）ナノ粒子固定化触媒の開発

前年度までに開発した触媒調製法のスケールアップを試みた。各段階でのプロセスを最適化することで、触媒性能を向上させるとともに、1回あたり500g の触媒を作製する技術を確立した。本法による触媒の高い耐熱性の起源を調べるため、Pt L3ならびに Pd K 吸収端近傍の XAFS 測定を行った。その結果、開発触媒では従来の含浸法による触媒に比較して、調製直後の段階から Pt と Pd の合金化が起りやすく、このことが耐熱性向上に寄与していると推定された。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ディーゼルエンジン、排出ガス浄化触媒、白金族低減、酸化触媒、ディーゼルパティキュレートフィルター

【研究題目】高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電

池の研究開発

〔研究代表者〕 仁木 栄

(太陽光発電工学研究センター)

〔研究担当者〕 坂田 功、加藤 俊一、近藤 道雄、永井 武彦、金子 哲也、増田 淳、柴田 肇、石塚 尚吾、反保 衆志、小牧 弘典、牧田 紀久夫、菅谷 武芳、大島 隆治、松原 浩司、小西 正暉、宮田 直之、吉田 郵司、山成 敏広、柴田 陽生、鯉田 崇、松井 卓矢、齋 均、Svrcek Vladimir、Kazaoui Said (以上、太陽光発電工学研究センター)、高遠 秀尚、水野 英範(再生可能エネルギー研究センター)、橘 浩昭、水野 冬矢、藤原 享子(以上、電子光技術研究部門)、長谷川 達生(フレキシブルエレクトロニクス研究センター)、古部 昭広(計測フロンティア研究部門)(常勤職員23名、他8名)

〔研究内容〕

40%を超える変換効率を目的として、最適なバンドギャップを有する複数の高度秩序薄膜材料を新たに設計・創製するとともに、波長選択型導電層を介した2端子メカニカルスタック太陽電池形成を目指す。光マネジメント技術、二光子利用技術等についても検討を行う。本研究開発は計9機関で共同実施するものであり、産業技術総合研究所は6テーマを実施している。各サブテーマの成果は以下のとおりである。

I-1-1: メカニカルスタック・デバイス化技術の開発

スマートスタック技術を目指して太陽電池接合技術の開発を行っている。本年度は、導電性ナノ粒子配列を接合界面に導入した直接接合技術の、形成条件等の継続検討および個別セルの高性能化に注力した。これにより、InGaP/GaAs/InGaAsP/InGaAs-4接合構造を試作し、効率30.4%を達成、プロジェクト最終目標を満足する成果を得た。また汎用性拡充の観点より、異種材料の組み合わせである InGaP/GaAs/CuInGaSe-3接合構造を試作し、世界最高である24.2%を達成した。

I-2-1: 高度光利用技術の開発

高効率薄膜多接合太陽電池に向けた高度光利用技術開発に向け、前年度に引き続き、(1)平坦型光閉じ込め基板 (FLiSS) の高性能化、(2)プラズモン利用型光閉じ込め技術、の開発を実施した。(1)に関しては、前年度に Delft 工大と共同で実施した光学解析の知見を元に、FLiSS 構造の更なる高性能化に向けた開発を実施した。改良した FLiSS 基板を膜厚 $3\mu\text{m}$ の薄膜微結晶シリコン太陽電池に適用した結果、平坦化無しの基板に較べて発電効率を25%向上させることに成功し、FLiSS 構造の有効性を確認した。(2)については、スタンプ転写による

銀ナノ構造作製手法を薄膜シリコン太陽電池に適用し、アモルファスシリコン太陽電池および微結晶シリコン太陽電池において、銀ナノ構造を含まない場合に比べて、それぞれ4%、11%の相対的変換効率向上を確認した。また、ブロック共重合体を用いた表面処理とスタンプ転写を組み合わせ、太陽電池に頻りに用いられるテクスチャ表面においても規則的な金属ナノ構造が作製できることを確認し、テクスチャおよびプラズモンを同時に利用する光閉じ込め技術開発への道筋を示した。

II-1-1: SiGe 系薄膜ボトムセルの開発

分子線エピタキシー法による SiGe 単結晶成長技術の開発を継続した。Si 基板と SiGe 薄膜層の間に挿入するバッファ層技術をさらに高度化させ、高 Ge 組成 (Ge ~80%) の0.9eV 帯 SiGe 薄膜 (転位密度 10^5cm^{-2} 以下) の作製技術を構築した。アモルファス Si を用いたヘテロ接合化技術の高度化により変換効率を2.0%に (前年度1.5%) 向上させた。同じ吸収層膜厚 ($2\mu\text{m}$) で比較した場合、高 Ge 組成の効果により、Si を吸収層に用いた場合に比べ、短絡電流の向上が確認された。

II-3-1: ナノ材料系ボトムセルの開発

半導体 CNT 利用太陽電池の外部量子効率向上のために、半導体 CNT を用いたヘテロ接合薄膜太陽電池において多重キャリア生成、多重励起子生成 (MEG 効果) が起こる条件 (光の強度、励起エネルギー) について調べた。具体的には、高純度半導体単層 CNT を用いた ITO/PEDOT-PSS/半導体 CNT/LiF/AL の太陽電池を作製し、短絡電流密度 (Jsc)、開放電圧 (Voc)、変換効率などの光強度の依存性を調べた。その結果、入射光強度が一定の値を超えると Jsc、Voc、変換効率が4倍以上に増加する現象が観測された。

II-3-1: 強相関材料ボトムセルの開発

多数のナローギャップ半導体を与え、ボトムセル用半導体として有望な有機系の強相関材料に関し、光電変換の高効率化を目標とする以下の研究に取り組んだ。1. 単結晶薄膜化を可能にする材料の層状結晶性の向上のため、長鎖アルキル置換した各種アクセプター分子を合成した。また C8-BTBT と TCNQ 誘導体からなる分子化合物を開発し、パイ電子分子化合物層がアルキル鎖層で挟まれた構造を持つ薄膜単結晶を得ることに成功した。2. 得られた (C8-BTBT) (TCNQ) について、強相関材料に特有な電荷移動吸収帯を確認するとともに、電子・正孔いずれも高いキャリア移動度 ($>0.1\text{cm}^2/\text{Vs}$) を確認することに成功した。3. 前記の (C8-BTBT) (TCNQ) について、共蒸着法における製膜条件の最適化により化合物薄膜の形成を確認することに成功した。さらに製膜の制御性を向上させるため、ガスデポジション法による薄膜成長制御法の開発に取り組んだ。

III-2-1: 化合物系トップセルの開発

固体ソース分子線エピタキシー法 (MBE) を用いた InGaP 成長技術のさらなる高度化を行い、バンドギャ

ップ1.9eV で変換効率12.8% (ARC 無) を得た。また世界で初めて固体ソース MBE により InP 基板上に InGaAsP 太陽電池を作製し、変換効率7.6% (ARC 無) を得た。これらの技術を用いて作製した GaAs 上の InGaP/GaAs タンデムトップセルと InGaAsP ボトムセルを I-1-1 で開発したスタック技術により接合し、固体ソース MBE として初めて、開放電圧2.66V、変換効率25.6%の高性能セルを作製した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】薄膜多接合太陽電池、高度秩序構造、メカニカルスタック太陽電池、ナノ粒子、光マネジメント技術、多重エキシトン生成、二光子利用技術

【研究題目】発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発

【研究代表者】菱川 善博 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】菱川 善博、増田 淳、土井 卓也、加藤 和彦、高島 工、猪狩 真一、大谷 謙仁、大関 崇、津野 裕紀、石井 徹之 (常勤職員10名)

【研究内容】

① 太陽電池性能評価・校正技術 (AIST)

a. 太陽電池性能評価技術

(i) 太陽電池実効性能評価技術の研究開発

光照射効果を含めた性能評価について、a-Si 系、タンデムについて屋外での実証測定を開始した。CIGS についてもサンプルの選択等の準備を実施した。併せて屋内における CIGS モジュールの光照射効果について、光照射時の照度温度の依存性を検討した。アモルファスおよびタンデムに比べて変化率が小さく照度への依存性も比較的小さく、影響定量化の目処を得た。北杜システムの継続モニタを実施した。

(ii) 屋外高精度性能評価技術の研究開発

日射変動の影響が屋外での高精度な性能評価に及ぼす影響を実測して定量的に解析した。日射モニタとして PV モニタセルの使用 (必要に応じスペクトルミスマッチ補正)、および測定時間を約200ms 以内とすることにより、高再現性かつ高精度測定が可能である目処を得た。測定再現性±2%以内を達成した。モジュール温度高精度測定について、前回報告した温度センサ貼り付け材 (カプトン、Al)、の影響を考慮に入れて屋外測定と屋内測定の整合性を検証中。有限要素法による数値シミュレーションの準備を行った。

(iii) 各種新型太陽電池性能評価技術の研究開発

欧米アジアおよび国内の PV 評価機関との比較測定を実施し、国際的整合性の確認、課題・要素技術の抽出および成果実用化を図った。NEDO 開発品、新型太陽電池等 (集光型を含む) の高精度性能測定約80件を予定通り実施した。その中で新型太陽電池に対して

も、パワー定格評価への応用を想定して、温度照度スペクトル効果を考慮した性能評価の実施を開始した。多くの新型太陽電池評価を進める中で、今後の技術課題として新型結晶 Si 太陽電池ベアセルの評価、化合物太陽電池の一部に見られる早い光照射/アニール効果、角度依存性の定量的検証等が重要であることを明らかにした。JIS6件、IEC7件の標準化に関して案作成、海外との議論等、技術的に貢献した。

b. 基準太陽電池校正技術

(i) 精密構造型 WRR 絶対放射計測技術および超高温定点黒体炉計測技術の研究開発

絶対放射計を用いた太陽電池構成技術について、位置あわせの精度と、精度向上のための受感部の感度の均一化の定量的検討を行った。

超高温定点黒体炉計測技術に最適化した絶対分光放射計測技術開発を行った。具体的には、測定レンジを考慮した各種センサのリニアリティ評価に基づく選定や、短焦点距離かつ高波長分解能で設計した分光器の光線追跡による評価等である。

(ii) 絶対分光感度法による一次校正技術に関する研究開発

ソーラシミュレータ法との比較を行うため、均一性を維持した状態で定照度制御したバイアス光可変技術を開発し、キセノンランプとハロゲンランプを光源とする従来型の分光感度想定装置を用いた DSR 法 (絶対分光感度法) による一次校正を可能として不確かさの推定に着手した。また、均一照射光学系と絶対分光感度計測制御機能を、既開発の可視域から紫外及び赤外波長に拡張し、レーザ励起光源と SC レーザ光源、絶対分光感度特性を測定するための5波長の基準レーザ光源の組み合わせにより、このシステムによる絶対分光感度測定環境が構築できた。

② 発電量推定と予測技術 (AIST、JWA、GU、UT、MRI)

a. 発電量定格技術

(i) 発電量定格方式の研究開発 (AIST)

産総研九州センターにおいて計測している、8種10型式各5kW の太陽電池アレイ発電量計測システムの、2013年における年発電量の調査を継続して行った。ヘテロ接合型太陽電池の室内測定を現場で高精度に測定するために、現状のショートパルス (100ms) をマルチパルス化して見かけ上最大1500ms のパルス幅で測定できるようにソーラシミュレータを改造した。防草対策を行った。5kW の CIGS 太陽電池アレイを新規導入した。

(通常型) 結晶シリコン太陽電池は、室内測定出力、傾斜面日射強度、モジュール裏面温度、傾斜面分光日射強度より推定される推定発電量と、屋外 I-V 曲線より算出される実測発電量の比較により、推定精度が±3%以内であることを検証した。ただし、ヘテロ接合

型太陽電池については上記のソーラシミュレータ改造の結果を合わせて引き続き検証する。CIGS 太陽電池にみられる光照射効果や、薄膜シリコン太陽電池にみられる光照射・熱アニール効果の影響の評価は、プレコンディショニング時間の再定義や欠陥密度分布の時間発展モデルによる評価手法を導入し、推定精度の向上が必要なことを明らかにした。有機系太陽電池の実証試験を実施中。

集光型太陽光発電 (CPV) に特有な各種アライメントについて評価する手法を開発した。追尾誤差及び風による追尾架台 0.1° のミスアライメントが4%~の出力低下を引き起こし、性能を決定づける支配的な要因であることを実証的に明らかとした。またアライメント検査は、システム導入後の検取項目として重要であり国際標準化を進めている。気象・環境条件による CPV アレイの性能分類評価を行った。温度依存性・スペクトル効果・その他 (アライメント、汚れ等) に分類評価の結果、アライメント効果に次いでスペクトル効果が支配的要因であることを明らかとした。さらにアライメント変化と経年劣化の複合的な要因による出力低下 (年変動) を確認し、従来の PV とは異なる性能変化を見出した。

b. 発電量予測技術

(i) 分散・広域発電量推定技術の研究開発 (AIST)

PV システムの発電予測における、予測された気象パラメータおよび日射データを発電出力に変換する技術開発の検討を行った。今年度は、特に広域予測について検討を行い、前年度約8ケースの広域予測手法があることを整理したケースの中から、以下の4ケースについて比較検討を行った。

- ・全数計測
- ・数か所からのサンプリング計測
- ・合計発電データあり
- ・日射予測から傾斜・方位分布による推定変換

全数計測をベースとした場合、各種ケースにおいて大きな差はないが、サンプリング計測が良い結果を示した。

(ii) 気象パラメータ予測技術の研究開発

発電予測には、予測値そのものに含まれる誤差だけでなく、予測値の誤差幅 (信頼区間) も重要である。そこで、2010年について MSM で前日に予測された日射量 (1時間平均値) に含まれる誤差幅を季節ごとに各時刻について評価し、信頼区間を示すヒストグラムを作成した。最も少なくこの信頼区間を東電管内において同期間で作成すると、信頼区間の幅は均し効果によって最大で32%狭くなる結果が得られた。RMSE についても、新しいモデルを用いると、5月を除くすべての月において現行のモデルよりも RMSE が小さくなっており、通年では約5%減少する結果となった。以上から、部分凝結雲の新しいモデルは予測日射量の

精度向上に大きな効果があることがわかった。

II) 信頼性評価技術と長寿命化技術の開発

① モジュール・機器耐久性評価技術

b. 新規信頼性試験方法の開発

(i) 新加速試験技術の研究開発

(a) 新規加速試験法として、4点の機械式曲げ荷重方式の試験を実施し、 25°C における試験では、ガラス面からの荷重によりセルクラックは発生するがインターコネクタ破断は発生せず、一方、バックシート面からの荷重によりインターコネクタ破断は発生するが、セルクラックは発生しないという排他的特徴の活用も示唆された。TC 試験における故障モードとの比較を行った結果、セル割れの部位・形状に差異があることが確認された。

(b) 新規加速試験法として、光照射 (UV) と他因子 (DH) の組合せ試験を実施し、白色 LED 照射と DH の交互試験では、計3500h で P_{max} は2~10%低下し、紫外 LED 照射と DH の交互試験では、計3500h で P_{max} は3~13%低下すること、いずれも EL 画像でも劣化を確認できた。

(c) 順方向・逆方向電圧電流サイクリック試験を継続した。

(ii) モジュール内水蒸気浸入経路調査方法の研究開発

水蒸気との反応で反射率が変化するカルシウムを構成部材の各界面に蒸着したテストモジュールを試作した。紫外光硬化樹脂を用いることで、有機系太陽電池用に適した、水蒸気透過率が低く封止性能の高いテストモジュール構造を確立した。テストモジュールに用いる内部ガラスの薄肉化により、端部紫外光硬化樹脂層の深部硬化性を改善することに成功した。その結果、高温高湿試験条件下 (85°C 、 $85\%\text{RH}$) において、従来のテストモジュールよりも一桁高い水蒸気バリア性を達成した。

有機系太陽電池用疑似モジュール内への水分浸入量を定量化するため、疑似モジュール内のカルシウム膜厚の反射率変化から検量線を作成し、最終目標である $10^{-5} \text{ g/m}^2\text{day}$ 台の水蒸気の浸入を検出可能なモジュール内水蒸気浸入経路調査方法を確立することができた。

結晶系太陽電池に関しては、カルシウム膜を用いたテストモジュールに対して、屋外曝露ならびに高温高湿試験を施し、屋外曝露に対する高温高湿試験の加速係数は、端面からの水蒸気浸入に対しては15~30倍、裏面材からの水蒸気浸入に対しては8~25倍となることを明らかにした。

② システム点検技術

a. オンサイト発電性能点検技術

システム点検技術に関して、線形内挿法の適用について検討を行った。実アレイの IV カーブを約3週間

程度取得し、その中から4つの IV カーブを選択する基準について検討を行った。日射変動、高日射、低日射における Isc 差や温度差などを考慮して選択を行う。左図は選定し tIV から推定した tIV における Pmax 推定結果例である。また、複数の4つの IV を選択できることから、組み合わせによる屋内モジュール IV データを利用した推定発電電力の分布より STC を推定する方法を提案した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

[研究題目] 太陽エネルギー技術研究開発／革新的太陽光発電技術研究開発（革新型太陽電池国際研究拠点整備事業）／高効率集光型太陽電池セル、モジュール及びシステムの開発（日 EU 共同開発）／集光型太陽電池セル、モジュールの標準測定技術の開発（WP4）

[研究代表者] 菱川 善博（太陽光発電研究センター）

[研究担当者] 菱川 善博、大谷 謙仁、高島 工
（常勤職員3名）

[研究内容]

- ① 高照度パルス光源（屋内評価用ソーラーシミュレータ）による集光型太陽電池セル高精度評価
昨年度までの成果を基に集光倍率（約40suns～700suns）によって分光放射照度の面内均一性が異なる効果を考慮にいれて基準セル法による性能評価を実施することにより、集光下での測定再現性を検証した。約200sun での予備的実験では、0.5%以内の再現性を得た。以下のラウンドロビン測定の成果も併せ、最終目標である±0.5%以内を達成する見込みである。
 - ② EU 研究機関（Fraunhofer ISE）と、昨年度から合わせて3サンプルでのラウンドロビン測定を行った。2種類の代表的な集光型3接合太陽電池セル（GaInP/GaAs/Ge, GaInP/GaAs/InGaAs）の性能パラメータについて、照度1sun 下では絶対値1.8%以内、集光下では相対値2～5%以内の一致を確認。Isc の線形性の確認も行った。差の要因の一つとして考えられる分光放射照度等について詳細な評価・解析を実施することでさらなる高精度化を進めている。
2. 集光型太陽電池ミニモジュール（集光型太陽電池セル+集光光学系）性能評価技術
- ① 高平行度定常光源（屋内評価用ソーラーシミュレータ）による性能評価
・ Pmax と Isc の角度依存性が異なっており、角度依存性の定義に FF の変化も含めて考慮することが重要であることを屋内測定により明らかにした。屋外における周辺光の影響の可能性を明らかにした。
 - ② 集光型3接合太陽電池ミニモジュールについて、屋

外屋内測定の比較および欧州研究機関との屋外測定比較（継続中）による精度検証を行った。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、1環境、性能評価、集光型、信頼性評価、システム

[研究題目] 太陽エネルギー技術研究開発／太陽光発電システム次世代高性能技術の開発／CZTS 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発

[研究代表者] 太陽光発電工学研究センター

[研究担当者] 仁木 栄、柴田 肇、反保 衆志
（常勤職員3名）

[研究内容]

次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として、希少金属を含まないために安価に製造でき、かつ高い変換効率が期待できる CZTS ($\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_{4-x}\text{Se}_x$) が注目されている。本研究の目的は、これまでに CIGS 系薄膜太陽電池の高効率化に大きく寄与した Na 効果、禁制帯幅のダブルグレーディング効果（深さ方向の組成分布）、溶液成長バッファ層による効果を CZTS 系太陽電池において検証し CZTS 薄膜太陽電池に最適なデバイス構造とプロセスを確立し高効率化実現を目指すことである。

2013年度は、2012年度に構築した元同時蒸着装置を用いて、 $x=4$ である CZTSe の薄膜を製膜し、それを Se もしくは SnSe_2 の蒸気の中で熱処理を行うという方法により、CZTSe 太陽電池を作製した。実験の結果として、CZTSe 太陽電池の特性は、熱処理温度に大きく依存することが明らかとなり、熱処理温度が550℃のときに8.5%という高い変換効率を得ることができた。またその理由も、熱処理温度を高くすることによって結晶粒の大きさが増大するためであることを明らかにした。熱処理温度が550℃を越えると、変換効率は逆に低下するが、その理由は薄膜が再蒸発を起こすためであることも明らかとなった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、化合物半導体、CZTS

[研究題目] 生活支援ロボット実用化プロジェクト、生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

[研究代表者] 大場 光太郎（知能システム研究部門）

[研究担当者] 大場 光太郎、本間 敬子、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、藤原 清司、花井 亮、松本 治、安達 弘典、堀内 英一、加藤 晋、岩田 拓也、橋本 尚久、角 保志、Geoffrey BIGGS、安藤 慶昭、原 功
（常勤職員16名、他3名）

【研究内容】

本研究開発は、介護・福祉、家事等の生活分野への適用が期待されている生活支援ロボットの中でも産業化が期待されるロボットとして、移動作業型（操縦が中心）、移動作業型（自律が中心）、人間装着（密着）型、搭乗型の4タイプを対象に研究開発実施者と密接に連携しながら機械・電気安全、機能安全等に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法を確立することを目的としている。以下に本プロジェクト最終年度に産総研で実施した研究内容について報告する。

① リスクアセスメント手法の開発

生活支援ロボットの安全性に関するデザインレビューを行うために必要なシミュレーション環境について、前年度計画の技術評価結果に基づき、ロボット想定ユーザの拡充などの改良を実施した。これにより、パーソナルコンピュータの計算上で生活支援ロボットの事故を仮想的に引き起こして任意の視点から可視化し、リスクを評価できるようになった。

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

前年度に修正を行った試験・評価手法および評価指標に基づいて、ロボット研究開発実施者のロボットの評価試験を再度実施し、試験・評価手法及び評価指標の妥当性を確認した上で、試験方法、試験手順及び評価基準を確定した。その結果を、試験・評価手法および手順書案に反映した。引き続き提供されたロボットを用いた試験を実施し、さらには、既存試験装置の改良などを実施した。

機能安全に関しては、機能安全技術基準への適合性を明示するための論拠手法（生活支援ロボットにおけるセーフティ・ケース等）を開発した。具体的には、ロボット研究開発実施者の全タイプのロボットでの有線通信の調査結果に基づき、各ロボットの通信システムを模擬した CAN バスと TTP 通信用試験評価システムを用いたテストベッドでの適用実験を元にして試験方法を確立した。さらに、搭乗型ロボットの安全関連制御系を題材として、機能安全システムの模擬開発を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活支援ロボット、安全、認証、機械安全、機能安全

【研究題目】パーソナルモビリティのスマートシェアリングシステムに関する研究開発

【研究代表者】松本 治（知能システム研究部門）

【研究担当者】松本 治、橋本 尚久、富田 康治
（常勤職員3名）

【研究内容】

立ち乗り型のパーソナルモビリティのシェアリング事業を、公道を含む市街地において大規模展開した場合、

人の流れが変わることによる各種交通機関や商業施設等に及ぼす影響なども含めて、効率的な人の流れの管理やインフラの最適配置を事前に予測することなどが重要である。そのため、屋内外シームレス移動可能で、かつ乗り捨てを特徴とするパーソナルモビリティ（以下、PM）のシェアリングシステムを対象とした、人の流れのマイクロ・マクロシミュレータを構築することを目的としている。

① 実証データ取得・解析とシミュレータでの利用

マイクロ・マクロシミュレータに利用するための実証実験の遂行、及び実証実験から得られた実験データの分析を行った。実証実験では、三つの公道環境下（産総研つくば駅間、研究学園駅-ショッピングモール間、研究学園駅-つくば市役所間）において PM を使い、PM から得られる走行データ（速度、ふらつき、ヒヤリハットなど）や被験者からアンケートデータを取得した。本実験により、総距離約230km、被験者30名による100回乗車分の公道実証実験データを得ることができた。すべてのデータ分析の結果、本実験期間において、事故や怪我、事故に直結する重大なヒヤリハットは確認されず、PM の一定の安全性を示すことができた。また、シミュレータで活用するための、個人や走行環境などに依存する速度、ふらつきなどの走行データを、車速センサ、加速度計、レートジャイロ、GPS 等により取得することができた。

② シミュレータ開発

利用者のモビリティ利用行動をモデル化し需要予測を行うための行動モデルシミュレータと、パーソナルモビリティと歩行者の相互作用を検討するためのマイクロシミュレータの2種類について開発を行った。行動モデルシミュレータは、台数制限があり乗り捨て可能であるという PM シェアリングの特性を反映した移動行動をシミュレートする。ネスティドロジットモデルで利用者の行動をモデル化し、上記実験のデータに基づくパラメータを用いた。マイクロシミュレータに関しては、独 PTV 社の交通シミュレーションソフトウェア VISSIM をベースとしてプロトタイプを構築した。行動モデルシミュレータでは、PM 移動速度や台数、充電ステーションの数や PM 収納台数などを変化させることで、人流予測やステーションの最適配置などに使用可能であることを確認した。マイクロシミュレータでは、歩行者の追い抜きやすれ違いなど、人混在環境での安全性評価ができることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】パーソナルモビリティ、搭乗型ロボット、シェアリング、交通シミュレータ

【研究題目】社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト（研究開発成果等の他分野での先導研究）／鳥インフルエンザウイ

ルス監視システムの開発

〔研究代表者〕 粟津 浩一（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 粟津 浩一、藤巻 真、芦葉 裕樹
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

鳥インフルエンザウイルスの家禽や家畜への感染が確認されれば、現在の対策は家畜伝染病予防法に基づき広範囲にわたる殺処分を行うことになっている。さらに鳥インフルエンザは動物だけの問題では済まなくなってきた。1997年、香港で本来人間に感染することはないとされていた高病原性 H5N1型鳥インフルエンザが人間に感染した。このウイルスの子孫と考えられるウイルスによる人への感染が2003年より現在まで続いている。そこで鳥インフルエンザ発生時の被害を最小限に食い止めるため、鶏舎に設置するインフルエンザセンサを開発した。量産化に適している金型成型法によりガラス製光学部品（流路一体型 V 溝プリズム）の試作を行い、光学特性を評価した。鶏舎模型を作製して、ネプライザーによりウイルスを発生させて検出試験を行い、センサの検出感度、有効性を評価した。鶏舎模型内に散布したウイルスを、ゼラチンフィルターを用いて捕獲し、試作した流路一体型 V 溝プリズムを用いて作製した表面プラズモン共鳴励起蛍光増強を利用したバイオセンサを用いて検出を行ったところ 10^4 pfu/mL のウイルスの検出に成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 センサ、表面プラズモン、光検出、畜産業、農業

〔研究題目〕 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／ 革新型蓄電池先端科学基礎研究開発

〔研究代表者〕 辰巳 国昭

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 辰巳 国昭、栄部 比夏里、竹内 友成、松本 一、鹿野 昌弘、小林 弘典、佐野 光、作田 敦、蔭山 博之、城間 純、香山 正憲、秋田 知樹、田中 真吾、窪田 啓吾、藤原 直子、五百蔵 勉、永井 つかさ、田口 昇、森垣 健一、菊園 康雄、太田 静生、松本 亮子、横田 秀則、仁居 俊勝、奥本 めぐみ、吹谷 直美
（常勤職員17名、他9名）

〔研究内容〕

本研究は、革新型蓄電池先端科学基礎研究事業の研究開発項目の一つである「材料革新」について、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針の提案を示すものである。

平成25年度は、革新的にエネルギー密度の高い電池の

構築を目指し、京大拠点の革新電池グループと連携して硫黄系正極材料の開発と亜鉛空気電池の空気極の開発に取り組み、合金負極の開発も行った。さらに前年度に選定した被覆材料（LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂母材を中心に）および被覆手法により被覆した正極材料につき、引き続き被覆効果の検証と、正極/電解質界面での副反応抑制機構の解明を目標とした。

硫黄系正極材料として、硫黄含有量を極力増やした金属との複合化合物の合成を行い、非晶質のチタンの硫化物に加え、ニオブでも非晶質硫化物を形成し充放電可能で電圧範囲の制御により高容量かつ多硫化リチウムの溶出の殆どないことを見出した。空気電池用空気極については、炭素に代わる耐酸化性担体としてアンチモンドープスズ酸化物を取り上げ、ペロブスカイト型酸化物触媒との複合化を検討した結果、炭素担体を用いた従来触媒と同等の初期活性を得ることに成功した。合金負極については有限要素法による計算を行い、充放電中にクラックが生じない電極構造の設計を決定した。正極/電解質界面の高度安定化に関しては前年度までに検討していた湿式法での被覆量低減と最適化を進め、同時に分光学的・電気化学的手法で被覆の効果発現メカニズムを詳細に調べた。この結果初期容量のロスがほとんどなく高電圧充電を行っても劣化抑制が可能な条件を見出し、表面状態との相関を把握した。また分析電子顕微鏡を駆使し、Co 共存下での正極活物質粒子内の Li 濃度のマッピングを EELS スペクトルの解析により行い、被覆の効果が粒子内部に及ぼす影響を明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、革新電池、正極、負極、界面、自動車、硫黄、空気電池

〔研究題目〕 高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍 光体向け Tb, EU 削減技術の開発

〔研究代表者〕 赤井 智子

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 赤井 智子、三原 敏行、山下 勝、木内 美紀子、松本 佐智子、今村 俊徳、村上 方貴、重田 照明、義本 徳子、今野 可菜絵
（常勤職員3名、他7名）

〔研究内容〕

本研究開発においては、蛍光ランプの蛍光体に用いられる Tb, Eu の使用量を低減することを目的として蛍光体の使用量を低減させるガラス部材及び廃蛍光体の分離・再利用技術の研究開発を行う。まず、蛍光ランプのシリカ保護膜を発光させることで光束を向上させ、蛍光体の使用量を低減することを目的として発光シリカを作製した。本年はナノシリカを基材として Zn₂SiO₄:Mn をシリカ粒子間に析出させると塗布性に優れた高輝度蛍

光シリカとなることを見出した。このシリカを用いて保護膜と蛍光体を重ね塗りしたところ、蛍光体の使用量を低減しても光束が向上することが明らかになった。同等量の蛍光体あたりの光束に換算したところ30%以上向上していた。また、ガラス管上に凹凸構造を作製することでガラスからの取り出し効率を向上させて蛍光体の使用量を低減させることを目的としてガラス上に凹凸構造を塗布する方法を開発した。昨年度までにナノインプリントフィルムを鋳型に用いてシリカゲルの凹凸構造を作製する方法を開発していたが、本年度はガラス管の曲面に転写する方法を開発した。その方法を用いて蛍光体に塗布したランプ管に凹凸膜を作製すると光束を測定すると最大3~4%向上することが明らかになった。以前の共同研究先のランプ光束と蛍光体の塗布量の結果と比較すると、この膜を使用することで蛍光体の塗布量を10%以上低減できること推定された。また、蛍光体の分離・再利用については共同研究先から入手した市中回収品から緑色蛍光体 (LaPO₄:Ce, Tb) を分離し、それを用いて三波長蛍光ランプを試作した。その結果、新品を用いた場合と比較して99%の値を示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】蛍光体、希土類、ナノインプリント、蛍光、シリカ

【研究題目】固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／研究開発項目①「基盤技術開発」
テーマ b 定置用燃料電池システムの低コスト化のためのMEA高性能化
②高濃度CO耐性アノード触媒開発

【研究代表者】山崎 眞一
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】山崎 眞一、城間 純、前田 泰、朝日 将史、五百蔵 勉
(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

本研究では、定置用固体高分子形燃料電池用の耐COアノード触媒、特に高濃度のCOに対応するアノード触媒の開発を目指した。このための方法論として、COを電気化学的に酸化できる触媒を白金ルテニウム系アノード触媒に加えることにより、白金ルテニウム粒子周囲のCO濃度を下げることが試みた。我々は、この目的のため、COを低過電圧で電極酸化できるロジウムポルフィリン錯体を開発し、この錯体と白金ルテニウム触媒とを複合化させた。ここでのポイントは、ロジウムポルフィリンが白金ルテニウム粒子に吸着し、その表面積を低下させてしまうことである。そこで、本年度はこのような吸着が起こりにくい分子の設計と、最適複合化方法の検討を行った。

ロジウムポルフィリン存在下での白金ルテニウム粒子の電気化学活性表面積の低下割合をCOストリッピング

法により測定し、錯体が白金ルテニウム触媒を被覆する程度を調べた。この結果、白金ルテニウム粒子の被毒のされやすさは、配位子構造に強く依存することが見出された。また、ある種の置換基を持つ錯体が白金ルテニウム粒子に強く吸着することもわかった。そこで、白金ルテニウム粒子より、担体であるカーボンブラックに吸着しやすいロジウムポルフィリン錯体を合成した。この錯体を白金ルテニウム触媒に担持した複合触媒においては、ポルフィリン錯体による白金ルテニウム触媒の被毒が抑制されることがわかった。

一方で、調製プロセスにおいても、ロジウムポルフィリン錯体の白金ルテニウム粒子上への吸着が起こりにくい担持方法を検討した。ポルフィリン錯体の吸着は、溶媒や錯体投与条件によって影響を受けることが考えられる。そこで、これらの条件を最適化することにより、ロジウムポルフィリンの白金ルテニウム粒子への吸着が起こりにくい触媒調製法を見いだした。この新規な触媒調製法においては、ロジウムの使用量も低減することが可能である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】耐COアノード触媒、ポルフィリン、燃料電池

【研究題目】省エネルギー革新技術開発事業／実用化開発／GaN DC系電力変換デバイスの研究開発／GaN デバイス高性能モデリング技術に関する研究

【研究代表者】清水 三聡 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】清水 三聡、井手 利英、沈 旭強、鍛冶 良作 (知能システム研究部門)
(常勤職員3名)

【研究内容】

GaN (窒化ガリウム) を用いたパワーデバイスは、Si (シリコン) を用いたパワーデバイスよりも低損失化が可能である。特に、AlGaN/GaN HEMT (high electron mobility transistor) は、高速動作が可能であることから、それを用いれば、市場の大きい家電製品などに用いられるACアダプタや、コンピュータのDC電源などの受動部品の小型化が可能となり、回路の低価格化などが期待できるため、世界的に注目を浴びている。

本テーマでは、パナソニック株式会社と共同で、AlGaN/GaN HEMT をDC-DC変換回路へ応用する場合に必要な技術開発を行っている。産総研では、回路の設計技術に必要な高性能なモデリング技術の研究を行った。実際の応用の場合には、ノイズを抑制する必要があり、高性能なモデルを用いてノイズの発生原因などを特定することに成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】GaN、パワーデバイス

**〔研究題目〕 極限シリコン結晶太陽電池の研究開発
(銅ペーストの研究開発)**

〔研究代表者〕 鎌田 俊英 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 徳久 英雄、伊東 宇一、吉田 学
(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

結晶シリコン太陽電池の低コスト印刷製造を実現する技術として、その電極構成部材としての低温焼結型銅合金ペーストを利用して、その印刷製造技術を開発している。これは、最近の世界的な需要拡大や太陽電池普及の急拡大などによりペースト材料である銀の価格が高騰しているため、現行の銀ペーストを用いる技術から低価格材料への転換の実現を可能とするものであり、太陽電池のさらなる低コスト化が期待できる。

平成25年度では、スクリーン印刷用銅ペーストから作製される銅電極の太陽電池性能に及ぼす効果、影響を検討するために、従来型太陽電池に応用するための技術開発及び性能評価を行った。

まず、従来型結晶シリコン太陽電池の表面バスバー電極への導入を検討した。バスバー電極は、太陽電池表面の反射防止絶縁膜 (SiNx) を貫通する必要はなく、低温焼成型の銅ペーストをそのまま導入し、太陽電池性能を調べることが可能である。その結果、初期性能において、樹脂銀ペーストと同等であることを確認した。

次にフィンガー電極への応用について検討を行った。フィンガー電極では、現行銀との置き換えのためには、ライン抵抗率 $<5\mu\Omega\text{cm}$ 、接触抵抗率 $<5\text{m}\Omega\text{cm}^2$ の性能が要求される。また、ガラスフリットを含まない低温焼成型の銅ペーストを利用するためには、表面の絶縁膜をパターン除去できるエッチング技術が必要となる。今年度は、添加物を含むエッチング技術を開発し、ガラスフリットを含まない金属ペーストを用いても低接触抵抗率を達成することができた。さらに、印刷+メッキ技術を開発することにより、低ライン抵抗率な銅電極の作製に成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 銅ペースト、太陽電池、スクリーン印刷

〔研究題目〕 銅ペースト量産化技術と試験・評価方法に関する研究開発

〔研究代表者〕 徳久 英雄 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 徳久 英雄、伊東 宇一、吉田 学
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

本提案の太陽電池低コスト化のための銅ペースト事業化において、銅ペーストの試験・評価方法の開発を実施する。

新しく市場に銅ペーストを太陽電池用電極として導入

するためには、信頼性を十分に証明できる試験・評価方法を開発する必要がある。平成25年度は、銅ペーストの太陽電池性能評価のために従来型太陽電池のバスバー電極として導入し、環境試験を行い、耐久性を検討した。また、印刷により作製された銅電極のシリコン基板への耐拡散性を評価するために電流-電圧 (IV) 特製の変化による評価法を検討した。

バスバー電極に開発した銅ペーストを導入し、耐久性を検討した。その結果、ダンプヒート試験 (85℃、85%RH 環境下、2500時間)、温度サイクル試験 (-40℃-85℃、400サイクル) のいずれにおいても、初期性能をほぼ維持し (<5%)、厳しい環境試験下での耐久性を確認することができた。

銅/シリコン界面のショットキー障壁を利用し、銅の拡散による電気特性変化を観察し、蒸着により形成した銅電極において200℃加熱前後でのリーク電流変化により銅の拡散が検出可能であること確認した。それを用いて、印刷により形成した銅電極の加熱前後の変化をみたところ、400℃近く加熱を行っても顕著なリーク電流が認められなかった。これは、ペーストに含まれる樹脂がバリア層として働いているものと考えられる。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 銅ペースト、太陽電池、スクリーン印刷

〔研究題目〕 固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発/次世代技術開発/マイクロ SOFC 型小型発電機

〔研究代表者〕 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 藤代 芳伸、鷲見 裕史、山口 十志明、鈴木 俊男 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

マイクロ SOFC 部材の小型発電機への適用を想定し、量産化に向けた小型のマイクロチューブ製造手法を確立するとともに、起動特性、温度依存性、燃料ガス組成による影響等を検証する目的で、急速起動が可能で繰返し起動に対して耐久性のある市販カートリッジガス (主成分ブタン) を燃料としたマイクロ SOFC システムによる小型発電機技術の開発を進めている。今年度は、産総研で開発したブタンガス燃料の低温・急速起動形マイクロ SOFC 技術により、実際の作動条件を想定し、連続100時間での電圧降下が10%以内で初期特性として問題が無い事を確認した。さらに、低温でのダイレクトブタンでの発電が可能なセル製造を連続的に製造可能な押出製法や積層コーティング技術、及び共焼成最適条件等のセラミックプロセス技術をプロジェクト内のセラミックメーカー等と協力して構築した。また、発電スタック製造での固定マニホールドの材質、形状に関する検討やセルチューブ間の結線手法等を開発し、セル間での発電性能のバラツキや繰返し起動に対して耐久性の見込める

セルスタックの基本構造を確立させ、プロジェクト内のセットメーカーと連携し、急速加熱が可能な簡易型の加熱炉を構築した。さらに、セルの発電寿命を伸ばす目的で、事前改質を組合せた試験条件等での発電性能を検証し、発電に適した改質ガス（C2以上が0%）を炭素析出させることなく得ることができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 燃料電池、小型発電機、電気化学、エネルギー部材製造技術

【研究題目】 水素利用技術開発事業／燃料電池自動車及び水素ステーション用低コスト機器・システム等に関する研究開発/水素ステーションにおける水素計量管理方法に関する研究開発

【研究代表者】 森岡 敏博（計測標準研究部門）

【研究担当者】 寺尾 吉哉（常勤職員1名）

【研究内容】

燃料電池自動車及び水素供給インフラの普及開始・拡大に備え、水素計量方法や水素ディスペンサーの評価方法の段階的な基準化・規格化のため、トレーサビリティを確保した水素計量技術の開発と技術実証を目的とし、気体流量国家標準にトレーサブルなマスターメータ法による校正装置の構築及び臨界ノズルの最適化を行うとともに、水素計量基準案の策定を目指している。

本研究では、ISO9300で規格化された10本の臨界ノズルを基準としたマルチノズル式校正器を整備した。本校正器に組み込まれている臨界ノズルは気体流量国家標準設備によって水素ガス実流校正され、トレーサビリティが確保されている。さらに、高圧水素用の基準流量計として臨界ノズル式流量計の改造と特性評価を行い、流出係数及び臨界背圧比に関する高圧実在気体特性を確認した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 水素、気体流量標準、燃料電池自動車、水素ステーション、取引計量器

【研究題目】 早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

【研究代表者】 平田 悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

【研究担当者】 矢野 伸一、遠藤 貴士、石川 一彦、星野 保、美濃輪 智朗、松鹿 昭則、藤井 達也、石黒 真希、福家 成美、根亘 香奈子、森田 詩織、下地 良平（常勤職員7名、他5名）

【研究内容】

原料植物栽培からエタノール生産までの一貫製造プロセスの構築を目標とする事業の中で、プロセス最適化の

ための前処理、糖化酵素、発酵微生物に関する基盤研究と、経済性、温室効果ガス（GHG）排出量削減効果についての評価を行った。

前処理技術の基盤研究では、アルカリ添加水熱と湿式粉砕を組み合わせた前処理の実験結果から、高い酵素糖化率を得るためには原料がナノサイズにほぐされて表面積が増大することが最も重要で、95%以上の糖化率を得るためには比表面積130m²/g以上が必要であることを明らかにした。また酵素糖化性とリグニン量の相関性は低く、水熱メカノケミカルパルピング処理した原料のリグニンは酵素を吸着しないことがわかった。

糖化酵素に関しては、セルラーゼ高生産菌 *Talaromyces cellulolyticus* の転写因子の機能解析を行い、*creA* 遺伝子がセルラーゼ・キシラナーゼ遺伝子の発現を抑制すること、*xlnR* 遺伝子がキシラナーゼ遺伝子の発現を誘導すること、*clbR* 遺伝子は発現に関与しないこと、*aceA* 遺伝子がセルラーゼ遺伝子の発現に重要であることを見出し、この菌の糖化酵素遺伝子の発現メカニズムを明らかにした。

発酵に関しては、同時糖化発酵に適した高温性酵母 *Issatchenkia orientalis* にキシロース代謝能を付与することに成功した。またこの酵母のゲノムライブラリーから、耐酸・耐塩性に関わる遺伝子を取得し、これを *Saccharomyces cerevisiae* に導入することで耐酸・耐塩性を持つ株を作製することができた。

一貫プロセスにおける経済性と GHG 評価では、既に開発している解析手法とツールを用いてパイロットプラント運転試験のデータに基づいた解析・評価を行い、開発目標を達成できるモデルケースを提示した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオエタノール、メカノケミカル処理、エタノール発酵酵母、酵素糖化、プロセスシミュレーション

②【その他公益法人】

【研究題目】 高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究

【研究代表者】 周 豪慎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 周 豪慎、松田 弘文、細野 英司、大久保 将史、劉 銀珠、北浦 弘和、岡垣 淳、王 雅蓉、尉 海軍、簡 澤浪、王 永慶（常勤職員7名、他4名）

【研究内容】

リチウム酸素／空気電池の開発には；撥水性イオン液体の主成分とカーボンナノチューブを合わせて、リチウムイオン電導パス、電子電導パスと酸素ガス通過パスが揃っているゲル型空気極を開発した。また、構造解析でリチウムイオン電池の正極材料の開発と性能向上には；超高分解能を持つ電子顕微鏡を用いて、Li (NiCoMn)

O_2 - Li_2MnO_3 層状物質の電気化学特性を決定づける原子構造・電子状態を高度に計測し、 Li_2MnO_2 とLi(NiCoMn) O_2 が超格子的な二相共存することを発見した。更に、ナトリウムイオン電池の開発には; O_3 構造を有するナトリウム電池の正極 $NaTi_{0.5}Ni_{0.5}O_2$ を設計して、合成した。放電電圧が約3.0V (vs Na/Na⁺)、容量が110mAh/gである、また優れているサイクル特性を持っていることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン電池、正極活物質、リチウム空気電池、ナトリウム電池、新型蓄電デバイス

【研究題目】「エネルギー貯蔵システム実用化に向けた水素貯蔵材料の量子ビーム融合研究」の「水素貯蔵材料の劣化機構解明と新規軽量材料の探索」

【研究代表者】中村 優美子
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】Hyunjeong Kim、榊 浩司、
中村 優美子、榎 浩利、浅野 耕太、
斉田 愛子 (常勤職員6名)

【研究内容】

目標:

水素吸蔵合金を利用した定置型エネルギー貯蔵システムの実用化にとって、水素吸蔵合金の水素吸蔵放出サイクルの繰り返し耐久性を向上させることは重要である。そこで、放射光 X 線全散乱、放射光 X 線吸収分光及び中性子全散乱を用いて、水素吸蔵放出に伴う局所構造変化を観察することで、特性劣化の因子を抽出し、劣化メカニズムの解明に取り組む。

実施内容:

$V_{10}Ti_{35}Cr_{55}$ 及び $TiFe_{0.8}Mn_{0.2}$ についてサイクル数の異なる水素化物を作製し、その局所構造を上記方法にて評価した。また、今年度は水素雰囲気下での in-situ 測定のための予備実験を行った。

年度進捗状況:

$V_{10}Ti_{35}Cr_{55}$ では繰り返し数の増加とともに有効水素移動量は減少した。放射光 X 線全散乱実験から得られた2体分布関数には、距離相関に依存したピーク幅の広がりが観察され、このピーク幅の広がりと劣化に良い相関がみられた。距離相関に依存したピーク幅の広がりは、転位の蓄積によってもたらされることから、 $V_{10}Ti_{35}Cr_{55}$ の劣化は転位の蓄積に起因すると考えられる。

$TiFe_{0.8}Mn_{0.2}$ では圧力組成等温線図の β 水素化物から γ 水素化物への相変態を示す2段目のプラトー圧が繰り返し数の増加とともに増加した。これは $V_{10}Ti_{35}Cr_{55}$ とは異なる挙動である。放射光 X 線回折測定の結果、合金相では水素化サイクルにおいて格子ひずみの蓄積が観測された。 γ 水素化物試料には合金相や β 水素化物に起因

した明瞭なピークは見られなかったが、リートベルト解析のフィッティング結果が良好とは言えなかった。このことは結晶構造が既報のもの異なる可能性を示唆している。 β 水素化物試料では合金相が7~18%含まれていた。この第2相である合金相は失活化過程に形成されたものと確認されたため、 β 相の結晶構造を精密に解析するためには、in-situ 測定を行う必要がある。そこで、放射光 X 線全散乱実験ではカプトンを用いたガス導入セルの開発に成功し、他の合金系で in-situ 測定が実施できることを実証した。来年度以降 V-Ti-Cr 系及び Ti-Fe-Mn 系合金で in-situ 測定に挑戦する予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵材料、中性子全散乱、放射光 X 線、構造解析、格子欠陥

【研究題目】平成25年度「エネルギー使用合理化技術開発等委託費(革新的構造材料等技術開発(革新炭素繊維基盤技術開発))」

【研究代表者】羽鳥 浩章 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】羽鳥 浩章、児玉 昌也、曾根田 靖、
吉澤 徳子、入澤 寿平、丸山 勝久、
橋内 稔、常名 美穂子、有馬 住子、
塩田 真澄、山田 裕之
(常勤職員4名、他7名)

【研究内容】

炭素繊維(CF)は我が国が世界市場の約7割を占める国際競争力の非常に強い高付加価値素材であり、省エネルギーや環境保全などの社会的ニーズに応えることが大きく期待されている。CFを用いた複合材料は、航空機等で燃費向上のためにすでに実用化されており、今後自動車を始めとする新たな分野への使用拡大が確実視されている。現行のCF製造方法は、消費エネルギーとCO₂排出量がいずれも鉄の約10倍に達し、生産性も高まらないことが大きな課題である。これを解決し、我が国のCFの国際競争力を維持・強化するために、本研究においては、酸化工程を必要としない全く新しいCF原料(前駆体高分子化合物)の探索・設計および合成を行い、紡糸特性に優れた高分子化合物を開発する。

本年度は、縮合多環芳香族系ポリマーについて、高分子構造のチューニングを行い、その炭素化特性を評価しながら、最適な候補前駆体ポリマーの探索・設計を行った。その結果、紡糸条件の改良などにより、炭素繊維の特性として、中間目標である引張弾性率170GPa以上、破断伸度1.0%以上を達成することが可能な前駆体を開発した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素繊維、耐炎化、炭素化、ポリアクリロニトリル(PAN)、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

〔研究題目〕最先端研究開発支援プログラム 量子情報処理プロジェクト

〔研究代表者〕 日高 睦夫

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲朗、岩田 比呂志 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

量子力学の中心的概念である量子もつれを用いて、計測、標準、通信、情報処理技術の4つの分野でこれまで理論限界と信じられてきた壁を突破することを目標とする。この中で超伝導体を量子ビットとして用いた超伝導量子コンピュータの実現を目標に、スケラブルに規模の拡張が可能な集積回路プロセスを用いた超伝導量子ビットの作製技術を開発する。超伝導量子ビット集積化技術の研究においては、超伝導材料として用いるアルミニウム薄膜を微細加工する技術を確立する。電子ビームリソグラフィと塩素系ガスによる反応性イオンエッチングを用いて信頼性の高い10nm オーダーの微細加工を実現する。この技術とジョセフソン接合形成技術と組み合わせることで、微小アルミニウム接合で構成される量子ビットを作製する。本年度は、これまでに開発した CMP (Chemical Mechanical Polishing) 研磨と CHF_3 ガスを用いた反応性イオンエッチングを併用した方法の最適化を進め、直径80nm までの Al/AIOx/Al ジョセフソン接合が作製可能であることを示した。また、これらの接合の0.3K における良好な電流電圧特性を確認でき、0.1 μm レベルの接合作製技術を確立することができた。また、パターン幅依存性を解消できる平坦化技術の導入、微小線幅インダクタンスエレメント作製を可能とする二重エッチング法の採用により、この Al 微小接合を用いたトランズモン型量子ビットの作製に成功し、その基本動作を確認することができた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導量子ビット、量子コンピュータ、微小ジョセフソン接合、アルミニウム、集積回路プロセス

〔研究題目〕相変化記録膜材料の X 線回折プローブによる格子ダイナミクス

〔研究代表者〕 フォンス ポール

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 フォンス ポール、コロボフ アレクサンダー、ミトロファノフ キリル (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

次世代の超高速光スイッチや、省エネルギー型相変化メモリ (Phase change random access memory; PCRAM) の開発が可能になると期待されている、GeTe や GST225などの相変化記録膜材料は、原子レベ

ルでの超高速の相変化過程のメカニズム解明がその鍵となる一方で、現行のレーザー分光技術 (近赤外域で発振するフェムト秒パルスレーザー光源を用いた通常の光ポンプ&プローブ分光法) では構造変化に伴う原子変位の直接動的観測が困難となっており、技術的ボトルネックとなっていた。さらにグラフェンやカーボンナノチューブなどの様々な先端材料における原子レベルでの構造変化の時間分解イメージングが可能になると、今まで未解明の先端材料における相変化過程の起源に迫ることが可能となり、新しい構造変化過程を利用した超高速かつ省エネルギー型のスイッチやメモリの材料開発に大きな知見を与えることとなる。本研究では、XFEL の超短パルスを用いた究極の光パルス励起-X 線プローブ時間分解分光法による固体における相変化のシングルショットイメージング分光に関する先導的研究を行い、先に述べた高速相変化メカニズムの解明を達成し、超高速光スイッチや、省エネルギー型相変化メモリの実現を目指すことを目的としている。本年度 (H25年度) は、GST225層における格子ダイナミクスのサブピコ秒分解能での測定に本技術を使用し、励起状態の影響について観察 (測定) を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 フェムト秒、相変化記録膜材料、コヒーレントフォノン、時間分解 X 線回折法

〔研究題目〕ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発

〔研究代表者〕 青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、菊地 克弥、原 史朗、井川 登 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

3次元積層 LSI では、複数の良品 LSI チップをシリコン基板貫通電極と微細バンプを用いて積層させるため、従来の LSI に比べてシステム性能向上と消費電力低減が可能であり、ミニマルファブ方式 (小型0.5インチ (=10mm 角) 基板と居所クリーン化技術を核とした多品種・少量生産方式) による3次元積層 LSI/デバイスの開発・製造ライン構築が期待されている。本研究では、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を STK テクノロジー株式会社と共同で開発する。

平成25年度は、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の総合評価を実施し、以下の結果を得た。

(a) アライメント精度: $\pm 2 \mu\text{m}$ (目標値 $\pm 3 \mu\text{m}$)

(b) 電気特性の測定精度

電流測定精度: $\pm 0.04 \mu\text{A}$ (目標値 $\pm 1 \mu\text{A}$ (32 μA レンジ))

電圧測定精度： ± 3 mV（目標値 ± 10 mV）

(c) スループット：108 秒（目標値60秒以内）

アライメント精度と電気特性の測定精度は、目標値を達成した。スループットは、目標値を達成できなかったが、メカニカル機構の改善、局所クリーン化搬送システム（PLAD）を最新仕様のものを採用すること等により、目標値を達成できる見込みを得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、検査、プローブ

【研究題目】微細バンプ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細バンプ接続応用技術の開発

【研究代表者】青柳 昌宏

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、仲川 博、根本 俊介

（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

3次元 LSI デバイス積層実装技術は、LSI デバイスのシリコン基板内表面から裏面に貫通する電極（シリコン貫通電極）を形成したものを複数用意して、それらを微細金属バンプ接続により縦方向に積層して高度な電子システムを実現する技術である。微細金属バンプ接続による実装工程における課題は低温化及び低加圧化であり、これを実現するために最適なバンプの形状・特性等（概ね $10\mu\text{m}$ 以下のサイズで円錐・角錐形状）を探り出し、その評価を行い、量産化のため高精度・高信頼性・安価に製造することのできるバンプ製造装置とバンプ実装応用技術を株式会社みくに工業と共同で開発する。

平成25年度は、バンプ製造装置に関して、成膜機能の向上、安定性、再現性の向上、量産 NpD 装置の設計などに取り組んだ。金属のつぼの導入により、成膜速度 $20\mu\text{m}/\text{sec}$ 及び膜表面への $\phi 3\mu\text{m}$ 以上のパーティクルの付着なしの目標を達成し、また、NpD 装置を用いて1プロセス内の成膜速度の再現性評価を行い、繰り返し成膜時の再現性/成膜速度 $\pm 5\%$ 以内を達成した。また、量産 NpD 装置の仕様を決定して、構想設計図を作成した。一方、バンプ実装応用技術については、バンプ高さばらつきとして $\pm 5\%$ 以内を確保し、成膜時間（NPD 時間/ 10mm 角チップ）について、120分間以内の短縮化を達成した。また、バンプ接合部の電気特性および機械特性の評価データを取得した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、微細バンプ、ナノ粒子

【研究題目】角形チップ用フォトレジスト塗布装置・現像装置の開発

【研究代表者】原 史朗

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】クンプアン ソマワン（常勤職員2名）

【研究内容】

近年、集積回路の3次元積層化の技術開発、実用化が加速している。3次元化においては、歩留まりや技術の難易度の点で、小型ウェハが有利であり、産総研で提唱、開発を進めている、超小型ウェハを用いるミニマルファブシステムは、3次元積層としては大変高い適合性を持つ。ここで必要な技術開発の中でも重要な技術は、大型ウェハをダイシングで角型の個片に切断した後のレジスト塗布工程でレジストを角型ウェハに均一に塗布することである。通常は、四角の端が表面張力や風向の関係で、レジスト塗布量が分厚くなり、3次元積層プロセス全体にとって障害となる。本研究においては、ウェハ端でのレジストの厚みを制御する要因を解析し、それを解決する方法と、その方法を搭載した塗布装置を開発する。同時に塗布装置と組になる現像装置も開発する。本年度は、産総研分担テーマとしては、昨年度開発した角型ウェハ向けウェハ密閉容器の評価を行い、実用に耐える機能と性能を有していることを明らかにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準

【キーワード】ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、リソグラフィ、イオン注入、実装、ウェハ、シリコン、ハーフィンチ

【研究題目】微小真空冷陰極アレイを用いた高い放射線耐性を持つ小型軽量撮像素子の開発

【研究代表者】長尾 昌善

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】長尾 昌善、吉澤 俊一

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

高い放射線環境下においても動作することのできる小型軽量撮像素子の基本技術を開発することを目指し、マトリクス駆動フィールドエミッタアレイ（FEA）の微細化とビーム集束技術を開発することを目的として、研究を行った。集束電極を画素ごとに設けたマトリクス駆動が可能な FEA として、画素ピッチ $150\mu\text{m}$ のものの仕様を検討し、設計、試作を行った。マトリクス FEA の画素数は 10×12 画素、FEA にはスピント型エミッタを採用し、抵抗層による安定化技術を導入し単純マトリクスにより駆動する仕様とした。試作した集束電極の形状が異なる2種類のマトリクス駆動 FEA の電子放出特性

を測定し、性能を評価した。その結果、画素欠陥があっても、欠陥を含むライン全体が動作しなくなるようなことはなく、マトリクス駆動が可能であることを確認した。また、画素ごとに設けた集束電極により電子ビームの集束特性を評価した。その結果、FEA と集束電極の距離が離れているものについては再現性のある結果が得られなかったが、FEA の直近に集束電極を配置したマトリクス FEA においては、集束電極に印加する電圧によってビームの集束特性が変化することが確認でき、100nA 程度の電流量では150 μm 以下のビーム径に集束できることが確認できた。また、委託元の京都大学にてデバイスへの放射線照射の影響を調べるために、実際の FEA の構造（電極／絶縁体／電極構造）を模擬しつつも、マトリクス状の電極や、集束電極などの影響のない単純な系の放射線耐性評価用試料を作製した。また、放射線照射による欠陥などを光学的に評価するためのシリコン基板上の絶縁膜単体の試料も作製した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、

【キーワード】撮像素子、放射線耐性、
フィールドエミッタアレイ

【研究題目】超伝導検出器を用いた分析電子顕微鏡の開発

【研究代表者】日高 睦夫

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日高 睦夫、永沢 秀一、神代 暁、

平山 文紀、北川 佳廣

(常勤職員5名)

【研究内容】

先端材料の開発において、電子顕微鏡での組織および組成の評価はますます重要性を増している。しかし、電子顕微鏡での現状の組成分析技術は、材料開発側から要求される感度・精度から見ると十分なものではない。走査透過型電子顕微鏡 (STEM) による組成分析の飛躍的な高度化 (高精度・高感度化、元素分布可視化) を目指して、高いエネルギー分解能を持つ超伝導遷移端センサ (Transition Edge Sensor; TES) 型 X 線検出器を分析装置として応用した新しい分析電子顕微鏡システムを構築する。検出素子の多素子化と、検出器と STEM との一体化した最適化によって検出効率の向上を図り、極微量元素の微小組成ゆらぎでも高感度に検出し得る超高精度元素分布マップ取得の実現を目指す。この中で TES 多素子化に必須の SQUID 読み出し回路アレイの作製および室温処理回路の開発を行う。本年度は、TES 読み出し用 SQUID アンプの第一次設計 (デバイス構造・パラメータ)、作製、及び動作評価を行った。8個の SQUID を直列に接続するため、1チップに8個の SQUID アレイを設計し、チップ内の超伝導配線によって8個の SQUID アンプが接続される。本チップには、TES バイアス用のシャント抵抗と、パルス立ち上が

りをなまらせるためのダンピングコイルが設計された。SQUID チップの大きさは5mm 角である。TES は接続していないが、8個の SQUID を直列に接続し、液体ヘリウム温度にて特性評価した結果、設計通り動作することを確認した。また、室温初段増幅器の仕様を定めた。これを基に、生体磁気計測 SQUID 用エレクトロニクス開発の技術力と実績を持つ民間企業に開発を打診し、内諾を得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超伝導検出器、STEM、組成分析 TES、
SQUID

【研究題目】超小型電子光学系と異形小型高真空ポンプを内蔵した小型・低価格な測長用電子顕微鏡 (CD-SEM) の開発

【研究代表者】青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】青柳 昌宏、渡辺 直也、馮 ウェイ

(常勤職員3名)

【研究内容】

半導体や電子機器関連分野等の川下企業では、多品種少量生産への対応が急務である。実現には製造品の信頼性確保が不可欠であり、それには測長用電子顕微鏡 (CD-SEM) が必須となる。しかし、その装置は非常に高額で川下企業の低コスト化ニーズは高い。本研究では、小型低価格 CD-SEM を実現するため、超小型電子光学系の開発、異形小型真空ポンプの開発、線幅判定アルゴリズムの開発を(株)TCK と共同で進める。

平成25年度は、超小型電子光学系の開発として、熱電界放射型の電子線源を採用した超小電子光学系の設計・試作を行った。異形小型真空ポンプの開発として、スパッタリングイオンポンプとゲッターリング材を複合化した小型真空ポンプの設計・試作を行い、 10^{-6}Pa の到達真空度を達成した。線幅判定アルゴリズムの開発において、高速処理のため二値化アルゴリズムによる独自ソフトウェアを開発し、産総研で試作した線幅評価用サンプル (SEM 観察による比較用測長データも含む) によりアルゴリズムの検証およびソフトウェアの改良を進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電子顕微鏡、測長、電子光学、
真空ポンプ

【研究題目】平面波基底法 (QMAS)などを基軸にした磁気物性量の高精度計算手法の開発

【研究代表者】三宅 隆 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】三宅 隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

希少元素を含まない高性能磁石の開発を目的とし、ネオジム磁石等の既存の希土類磁石の高性能化と新規磁石の探索を行う。平成25年度は磁気物性値の物質依存性を

研究課題とした。典型的な Nd 系希土類磁石として、NdFe₁₁Ti、NdFe₁₁TiN、および比較のため仮想物質 NdFe₁₂と NdFe₁₂N に対する第一原理計算を実行した。NdFe₁₂は Nd サイトの2次の結晶場パラメータ ($A_{20} \langle r^2 \rangle$) が-83K の容易面異方性を持つが、窒素原子が侵入すると結晶場パラメータは413K の強い一軸異方性に変化する。構造安定化のため導入される Ti は Nd の周りの電子密度分布を変化させ、NdFe₁₁Ti では結晶場パラメータが正值54K に変化する。さらに窒素原子の侵入により、結晶場パラメータは NdFe₁₁TiN では439K に増加し、極めて強い一軸異方性の発現に帰結する。電子密度の空間分布を見ると、窒化によりネオジムと窒素の間に結合電荷が形成され、ネオジムから c 軸方向の電子密度が増加する。その電子反発を感じるネオジムの4f 電子が ab 面に広がるのが、強い一軸異方性の原因であると考えられる。また Ti 置換によりスピン磁気モーメントが顕著に減少すること、窒化により増加することがわかった。この変化を電子状態密度を用いて解析した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 計算科学、磁石材料

【研究題目】 CNT 複合めっきによる次世代ソーワイヤの実用化

【研究代表者】 木原 秀元 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 木原 秀元、松澤 洋子、高田 裕子
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

現在、単結晶シリコン・多結晶シリコンなどの材料を薄板形状に加工する工具には、遊離砥粒式ソーワイヤを用いることが主流である。しかし、近年では加工効率が高く、ワイヤの使用量が少なく、砥粒を含んだ廃液が発生しない固定砥粒式ソーワイヤに移行しつつある。これまでに市販されている電着ダイヤモンドワイヤは、製造効率や基礎となる Ni めっきとの親和性を上げるために、ダイヤモンド砥粒の表面に種々の導電性炭素化合物を被覆したものが用いられている。これら固定砥粒式ソーワイヤは遊離砥粒式に比べて加工効率は優れているものの、表面のダイヤモンド砥粒が切削加工中に脱落することにより、ウエハの仕上がり面粗度が悪いことやコストが悪いことが問題になっている。本研究課題では、これらの問題点を解決すべく、カーボンナノチューブを基礎となるめっき被膜中に分散・複合化させてダイヤモンド表面に被覆し、砥粒の保持力を向上させることで、ウエハ加工中におけるダイヤモンド砥粒の脱落を抑制する技術を開発することを目標としている。カーボンナノチューブをめっき被膜中に複合化するためには、カーボンナノチューブをめっき液中に分散させる必要がある。カーボンナノチューブは難溶性であり、溶液中には適宜分散剤を用いて分散させるが、めっき液中には金属塩が多量に存

在するため、イオン強度や pH の影響を十分に考慮した分散剤を選定することが求められる。本年度は保存安定性に優れた複合めっき液の創製を目指し、いくつかの分散剤候補を選定し、複合めっき液の調製を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、複合めっき、ダイヤモンドソーワイヤ

【研究題目】 超高速・低温フレームを特徴とする衝撃焼結被覆技術を用いた、昇華性材料、窒化アルミニウム (AlN) 溶射皮膜形成技術の開発

【研究代表者】 川口 建二 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 川口 建二、清水 禎樹
(常勤職員2名)

【研究内容】

半導体製造分野で、セラミックス製ウエハチャック部材として求められる耐プラズマ性が高く放熱特性の良い機能を満たすが、昇華性であるために通常の溶射技術が適用困難な窒化アルミニウムについて、リバストン社が独自開発した低温溶射技術 (CASP) を用いて皮膜形成技術の開発を行う。産総研としては、その開発の中で成膜の構造解析と物理特性評価を分担する。

3年計画の2年度である H25年度においては、リバストン社が CASP 装置の改良及び溶射条件の最適化、品質管理技術の開発を行い、窒化アルミニウム被膜の膜密度、密着特性の改善を行った。レーザーを用いた計測装置の利用によって、フレーム温度と粒子速度の評価、引っ張り試験による密着強度評価などを基に、L18計画法を用いた溶射条件の最適化を行った。

また、群馬産業技術センターが、X 線回折、蛍光 X 線分析、耐電圧試験、Spring-8での X 線 CT による気孔率評価などを行い、産総研は共用施設電子顕微鏡チームの協力を得て TEM 分析、XPS と断面 SEM-EDS 分析による窒素組成評価などを行った。

その結果、気孔率が1%未満の膜密度で密着強度を著しく改善できた窒化アルミニウム被膜が得られた。しかしながら、依然、窒素組成が理想値よりかなり低く、顕著な不純物酸素の存在が認められ、市販品以外の原料粉末の検討も行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・製造・材料

【キーワード】 溶射、窒化アルミニウム、構造評価、組成分析

【研究題目】 計算科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進

【研究代表者】 浅井 美博 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 浅井 美博、石橋 章司、大谷 実、
宮本 良之、三宅 隆、土田 英二、
中村 恒夫、Fedorov Dmitri、

小西 優祐、安藤 康伸
(常勤職員8名、他2名)

【研究内容】

CMSI での分野振興の一環として、物質・材料計算シミュレーションの産業分野への普及活動を行った。具体的には以下の(1)~(4)の活動を行った。(1) 計算シミュレーションの産業普及を促す為に、企業内の計算シミュレーション研究者と大学・研究機関の研究者の間の交流・意見交換の場として位置づけている産官学連続研究会を2回開催した。(2) CMSI 活動内容の産業界への計算シミュレーション・ソフトウェアの情報発信・紹介を行った。具体的には、CMSI 広報小委員会と協力しながらインターネット上に情報発信サイト **MateriApps** を作成・構築・公開した。(3) 技術組合での研究開発を通じて計算シミュレーションのポテンシャルを示し、その有用性を産業界に広く周知するなどのやり方で、産学連携活動の推進活動を行った。また、計算シミュレーションに関わるコンソーシアムの立ち上げなど準備活動を行った。(4) 計算物質科学の普及、発展に向けた活動及び社会人教育の一環として、ビデオ会議システムを用いた CMSI 関連講義や講習会等の配信を開始した。(1)については以下に記した内容で2回行った。

1. 「電気化学系の第一原理シミュレーションからわかったこと・わかること ~高性能電池開発にむけて~」(11月21日 秋葉原ダイビル)
2. 「永久磁石研究の最前線：計算科学的アプローチの課題と展望」(2月5日 秋葉原ダイビル)

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 計算シミュレーション、次世代パソコン「京」、産業応用

【研究題目】 3次元細胞培養システムによる再生医療等に用いるヒト軟骨デバイスの開発

【研究代表者】 植村 壽公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 壽公 (常勤職員1名)

【研究内容】

課題解決型医療機器等開発事業に採択され研究を行った。研究プロジェクトの PL は株式会社ジェイテックの津村尚史株式会社ジェイテック、横浜市立大学、産総研、大阪亜大学の連携により研究を行った。

目標：

耳介軟骨膜由来幹細胞を用いて軟骨を再生する技術を確立し、臨床に寄与する。

研究計画：

本年度は耳介軟骨膜由来幹細胞を用いた軟骨再生のための3次元培養法の最適化を行う。

年度進捗状況：

3次元培養法の最適化により、5mm 角程度の軟骨組織を患者由来耳介軟骨膜細胞から構築することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 3次元培養、軟骨再生

【研究題目】 導電性高分子をフレキシブル電極とする電場駆動型・超薄膜ペーパーアクチュエータの創製

【研究代表者】 原 雄介 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 原 雄介 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題は、導電性高分子をフレキシブル電極とするキャパシタータイプの電場駆動型の超薄膜ペーパーアクチュエータの開発を目標とした。本研究では、アクチュエータとして最適なフレキシブル電極を作製するため、導電性高分子薄膜の合成条件を検討した。また、素子の絶縁層として水溶性高分子を採用することにより、ウェットプロセスのみで作製可能なキャパシタータイプの電場応答型・ペーパーアクチュエータの開発に成功した。ペーパーアクチュエータは、電圧を印加すると屈曲運動を行うことが可能である。本研究では、印加電圧を変化させることで、ペーパーアクチュエータの駆動変位を評価した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 導電性高分子、アクチュエータ、電場応答

【研究題目】 筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を目指した基盤研究

【研究代表者】 松田 知栄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 松田 知栄 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

筋細胞膜タンパク質である **dysferlin** の欠損は三好型筋ジストロフィーと **LGMD2B** を引き起こす。本年度は **dysferlinopathy** の分子病態を解明するために、**dysferlin** を欠損する **SJL**、**A/J** マウス骨格筋における、**dysferlin** 結合タンパク質、アフィキシンの細胞膜修復時の挙動を解析した。さらに、骨格筋細胞膜修復とアクチン細胞骨格系の再構成の関連を調べるために、細胞膜損傷時の β PIX、 α -, β -, γ -アクチンの挙動をリアルタイムで観察した。

研究計画：

解析する分子に **GFP** または **RFP** を付加した培養細胞発現用プラスミド10-20kb をマウスの足底筋に注射し、エレクトロポレーション法で導入を行った。7-10日後、マウスより **FDB** を単離し、コラゲナーゼ **I** で処理することにより単一の筋線維を得た。導入した遺伝子が発現した筋線維の細胞膜を2光子レーザーで損傷し、修復過程を共焦点レーザー顕微鏡でリアルタイムに観察した。

年度進捗状況：

野生型マウス筋線維の細胞膜損傷部にアフィキシンは凝集するが、S/JL、A/J マウスではアフィキシンの顕著な動きは認められなかった。A/J マウスに dysferlin-GFP、アフィキシン-RFP を導入すると、細胞膜損傷部におけるアフィキシンの凝集は回復した。通常、dysferlin とアフィキシンは細胞膜上で共局在しているが、細胞膜の損傷時に dysferlin とアフィキシンは異なる局在パターンを示した。そこで dysferlin とアフィキシンの結合を免疫沈降法で解析した所、両者の結合はCa²⁺により阻害されることが明らかになった。

野生型マウスの細胞膜損傷部にはβ PIX、β-, γ-アクトチンが凝集するが、α-アクトチンの凝集は認められなかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 筋ジストロフィー、細胞膜修復

【研究題目】 プレバチルス菌を用いた抗体精製用タンパク質製造技術の開発

【研究代表者】 広田 潔憲

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 広田 潔憲、巖倉 正寛

(常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

抗体医薬品製造の高コストの一因である抗体精製用リガンドタンパク質の低コスト製造技術開発を目的とし、リガンドタンパク質を高機能化すること、プレバチルス菌を用いてリガンドタンパク質を高効率に生産・精製できるシステムを確立すること、を目標に研究を行ってきた。

これまで、リガンドタンパク質であるプロテイン A およびプロテイン L に関して、それぞれの網羅的1アミノ酸置換変異体ライブラリーを作製し、独自開発したアレイ解析装置を利用して、目的の性質を有する変異体タンパク質を選択（スクリーニング）し、変異を組み合わせることにより、高機能化リガンドタンパク質のデザインを進めてきた。その結果、プロテイン A に関しては、中性で抗体に対する結合力が高く、弱酸性で溶出が容易な高機能化プロテイン A をデザインすることができた。また、プロテイン L に関しては、中性で抗体に対する結合力の高い高機能化プロテイン L をデザインすることができた。

そこで平成25年度は、このようにデザインした高機能化プロテイン A を、プレバチルス菌に培養液に発現させて、その培養液からタンパク質連続精製装置を用いて高回収率で精製するために、様々な条件検討を行った。その結果、DEAE 陰イオン交換クロマトグラフィーを行った後、ニッケルキレートカラムによるアフィニティークロマトグラフィーを行うことによって、高機能化プロテイン A を高回収率で精製できることが明らかにな

った。さらに、この精製方法を20L の培養液からの精製にも適用できることを実証した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プレバチルス菌、リガンドタンパク質、抗体精製、変異体ライブラリー、タンパク質デザイン

【研究題目】 生理活性物質特定と作用メカニズム解析による生産プロセスの最適化と発酵産物高機能化に寄与する技術開発

【研究代表者】 今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 今村 亨、浅田 眞弘、鈴木 理
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

現在市販されている動物用リゾープス菌発酵生産物をヒト用健康補助食品（サプリメント）に転換することを目指している。そのため、製品の高品質化を実現するために、オミックス解析により生理活性物質特定や機能解明を行い、それらを指標として生産プロセスを改良し、高機能化と安全性・有効性を担保できる製造技術を確立することを目標として企業と大学との共同体で研究開発を行っている。全体の研究項目として、生物資源、生産プロセスの改良課題への対応に関し、フィルター過装置開発による不溶物・胞子のマイルドな条件での除去、脂肪酸等の生理活性物質の高活性を保持できる低温での病原微生物不活化法の確立、及び非通気式固体培養法を用いた発酵工程の最適化を行う。また、有効成分特定等によるヒト用を目的とする発酵製品の高機能化への対応に関し、生理活性脂肪酸等を特定するとともに、ヒトに対する安全性評価方法及びヒト健康食品レベルの品質管理方法の確立を行う。さらに、機能性評価による科学的根拠付与と更年期障害等における有効性検証への対応に関し、分子レベルでの機能性評価とヒト有効性評価を実施し、ヒト用原体の有効性を検証することとする。

このうち産総研における今年度の研究開発項目として、「有効成分特定等によるヒト用を目的とする発酵製品の高機能化への対応」のうち、生理活性脂肪酸等を特定し評価方法を確立するための解析と検討を進めた。また、「機能性評価による科学的根拠付与と更年期障害等に於ける有効性検証への対応」のうち、マウス個体や培養細胞を用いた評価試験系の整備を行い、分子レベルでの機能性評価とヒト有効性評価を実施するための基盤技術開発を進めた。いずれにおいても、予定通り順調に進捗した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 整理活性物質、発酵、高機能化

【研究題目】 微弱発光標準光源開発による発光蛍光計測定量化

【研究代表者】 近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、丹羽 一樹、中島 芳浩
(常勤職員3名)

【研究内容】

産総研が独自に開発した3色発光遺伝子発現解析技術は、化学物質安全評価の一つである発光細胞代替試験法として OECD ガイドライン化に進むなど、世界戦略を進める技術である。そこで本研究では、発光測定装置を含めた3色発光遺伝子発現解析技術の標準化及び国際的な普及を推進するため、発光測定装置の能力を適切に評価する基準の確立と、産総研の標準電球で校正された3色標準発光プレートの製品化を目指す。これまでに LED 光源を含めた3色標準発光プレートの試作し、さらに最適化を進めるとともに、併せて NMIJ にトレーサブルな JCSS 校正証明書の取得が可能な全光束用標準 LED を元に、試作された3色標準発光プレートの発光値の値付けを行った。また本プロジェクトでは製品の普及を図ることも重要であることから、3色標準発光プレートの試作品を共同研究実施者であるアトー社と共に生化学年次会などの展示ブースで紹介した。さらに、国外のユーザーへの働きかけとして米国標準局 NIST における NIST-AIST イメージングミニサミット、バイオテクノロジー国際企業 NEB (New England Lab)、インドネシア BPPT やインド RCB にて3色発光遺伝子発現解析技術の紹介と共に発光標準化の重要性に関してセミナーで講演、普及を図った。一方、本3色標準発光プレートの発光制御に関わる特許を出願した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】OECD ガイドライン、発光標準化、遺伝子発現解析

【研究題目】高生体適合性(カスタムメイド)インプラントの上市を目指した研究開発

【研究代表者】岡崎 義光 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】岡崎 義光、有田 千成子
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

整形外科分野のインプラントについては、医療現場において、「欧米の骨格構造に基づいて設計された海外製品が主に使われ、日本人の骨格構造には必ずしも合わないため患者にとって身体的負担(骨を削る等)が大きいこと」及び「生体毒性を含んだ工業用材料が転用されるなど長期間の生体適合性が必ずしも十分ではない」といった課題が生じている。この課題を解決するために、チタン合金を用いた生体適合性が良好で患者の体型に最適化したカスタムメイドインプラントの研究開発を実施した。既承認品と同程度の価格でカスタムメイド製品の上市を目指し、Ta量を少なくした高生体適合性Ti-15Zr-4Nb-1Ta合金を製造するための低コスト溶製技術を検討

した。

カスタムメイドインプラントの上市のためには、設計・製造技術に加えて品質保証と量産体制の確立が必要となるため、量産体制に必要な技術を検討した。高生体適合性Ti-15Zr-4Nb-4Ta合金を低コストで上市するため、Ta量を最小量にし、母合金を用いた製造技術を開発し、組織解析、室温引張り試験、疲労試験等の力学特性解析を実施し、既承認材料に比べて優れた特性を示すことがわかった。大腿骨ステムに関しては、型鍛造による製造条件を検討し鍛造することに成功した。骨組織再生を促進するための表面処理としては、簡単でしかも使用実績が増加傾向にあるため、中心線平均粗さRa=5 μ mのブラスト処理を採用することとした。高生体適合性Ti-15Zr-4Nb-1Ta合金の生物学的安全性評価試験では、全て陰性であった。また、生物医学安全性評価試験で陰性であった理由を明らかにするため、37 $^{\circ}$ C、0.9%NaClおよびイーグル培養液中での7日間の溶出試験を行ったが、溶出は見られないことがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】整形インプラント、カスタム化、耐久性

【研究題目】「神経・血管温存下に最大限の病変摘出を行う手術用治療器(パルスウォータージェットメス)の開発」における数値解析(生体組織への作用機序説明)

【研究代表者】富永 悌二 (東北大学)

【研究担当者】鷲尾 利克 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門) (常勤職員1名)

【研究内容】

担当するテーマでは、医工学分野で対象とする軟組織の破壊指標を明らかにし、開発医療機器の使用条件の最適化に資する結果を得る。具体的には、Wierzbicki ら (2005, IJMS, Vol. 47, (4-5), pp. 719-743) による工業材料の破壊に関する7つの指標をまとめた文献を参考に、これらの指標のいずれが、本研究で開発する医療機器の作用機序(組織破砕)を説明するのに最も適しているか、また対象科、臓器ごとにそれらは個別の指標を適用するべきか否か、新しくもしくは文献以外の既存の指標を用いるのが適切なのか、について明らかにすることを目的としていた。結果として、肝臓を用いた試験片の圧子による押し込み試験およびダンベル型試験片を用いた引張り試験の結果の解析結果のみでは、試験片毎の個体差を是正することがかなり困難であることを明らかにした。

そこで、対象組織に依存しない手順で、破壊に関する指標を求める他の関係式を検討した。具体的には、対象組織を連続弾性体と仮定してカスチリアーノの定理(これは全ひずみエネルギーを1つの外力で偏微分すれば、その外力の作用点の作用方向の変位が求められることを示している。)を適用して、破壊の前段階としてパルスウ

ウォータージェットメスにより最大与えられる変位を求めることが可能か、また求める事が医療安全・医療機器性能評価上有意義であるかを検討した。パルスウォータージェットメスを適用する前に最大変位を推定出来る事は、安全および性能評価においては重要である。実際に、パルスウォータージェットメスが射出する液滴の射出速度、液量を考慮することで対象組織に与えるエネルギーの推定は可能であり、治療においては与える運動エネルギーが全て歪みエネルギーとなることを想定するのは一般性を失わない。また、対象組織への荷重についても液滴を計測することで得られた。得られた数値を用いてカスチリアーノの定理を適用するために、既に計測済みの圧子押し込み試験およびダンベル型試験片引張り試験の計測結果と合わせて、対象組織に与える最大変位の推定式の構築を行ってきた。

今後は、最大変位の推定方法について妥当性を検証し、特許申請を検討する。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生体組織、力学特性、数値モデル

【研究題目】超音波画像装置の開発

【研究代表者】永田 可彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】永田 可彦（常勤職員1名）

【研究内容】

超音波画像測定法は非侵襲で身体内部を観察できる有用な技術であるが、「大型で可搬性に劣り、コスト的にも高価であること」及び「装置の操作性や患部、症状の画像判別に特別な教育や経験、習熟が必要であること」を改良する必要がある。特に「リンパ浮腫については皮下組織硬度の判定」が課題となっている。

そこで本開発では、軽量小型かつ簡易に測定可能な皮下組織硬度計測機能をもつ超音波画像装置を試作し、リンパ浮腫組織をモデル化したシミュレーションと超音波ファントム実験を行うことで、皮下組織超音波画像装置における画像解析技術及び硬度推定技術の改良に資するデータを提供する。

平成25年度は、昨年度実施した超音波ファントム実験の結果と生体組織の解剖学的データをもとに新たにリンパ浮腫組織に近似した超音波ファントムを作成した。生体組織を皮膚、皮下脂肪、筋肉からなる層構造とした。皮膚層の厚さは下肢リンパ浮腫患者32例の大腿部皮膚厚の計測結果（重症度による皮膚厚の有意差はない(0.5-3.5mm 平均1.8mm)）から2mmとした。硬さは他の組織と比較して十分に大きい値(250KPa)とした。またリンパ浮腫による組織変化の主体は皮下脂肪層であり、MRIやCTにおいて筋肉層の厚さに健側との有意差が認められないことより、筋肉層の厚さと硬さは一定(15mm、10KPa)とした。皮下脂肪層の厚さと硬さを変化させるパラメーターとし、正常(10mm、50KPa)、

軽症1(15mm、40KPa)、軽症2(15mm、30KPa)、中等症1(20mm、30KPa)、中等症2(20mm、20KPa)、重症1(30mm、20KPa)、重症2(30mm、10KPa)の7種類の超音波ファントムモデルを用意した。これらの超音波ファントムを使用して実験を行うために超音波プローブを安定して移動させるための装置(最大荷重付加能力100gkf、手動式ハンドル1回転当たりの移動量2mm、プローブ位置前後調整±10mm、ファントム位置前後左右調整±60mm)を準備し、昨年度試作した超音波画像装置を用いて測定を行った。

その結果、全てのモデルについて荷重に対する組織厚の変化は良い直線性を示し、明らかな非線形性は見られなかった。また昨年度問題となっていた低荷重における測定に関して、荷重500gf以下においても荷重500gf以上の値と同程度の精度で測定を行うことができた。荷重と組織厚の関係から求めた各モデルの脂肪層のヤング率は、症状が進んだモデルほど低下する傾向が見られた。また全てにわたり、測定によって得られたヤング率がモデルの設計値を下回っている。また中等症1が軽症1よりヤング率が大きく、ここで傾向が一旦逆転している。これは元の層の厚さが測定によって求められるヤング率に影響を与えている可能性を示唆するものである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リンパ浮腫、生体組織、厚、ヤング率、超音波

【研究題目】事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発

【研究代表者】林 彬勲（安全科学研究部門）

【研究担当者】林 彬勲、内藤 航、加茂 将史、平田 絵里子、荻上 礼子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

化学物質の生態リスク評価には、高度な専門知識と、情報の収集・解析における膨大な時間と労力が要求される。さらに、リスク評価手法は近年急速に発展しており、既存の個体レベルでの影響から、より生態学的に関連の深い、種の感受性分布(SSD)や個体群影響を評価するよう変わりつつあるため、非専門家にはますます敷居が高いものとなっている。このような現状を打破するには、専門家による簡易リスク評価管理ツールの開発・提供が望まれるが、国内外においてこうしたツールはまだ開発されていない。

本研究では、すべての科学的なリスク評価手法と評価に必要なとされる化学物質の有害性データを搭載したユーザーフレンドリーな「汎用生態リスク評価管理ツール(AIST-MeRAM)」を開発し、特に事業者の自主的リスク評価管理を支援することを目標としている。2013年度までに、すべての評価手法とデータを搭載し、化審法スクリーニング評価&1次リスク評価に対応可能、かつユ

ユーザーレベルや評価目的に応じた使い分け可能な「一括評価」「初期評価」「詳細評価」機能を搭載したスタンドアロン版 AIST-MeRAM 0.9.12を作成し公開した。また、AIST-MeRAM の活用促進のため、AIST-MeRAM の専用 WEB ページ (<http://www.aist-riss.jp/software/AIST-MeRAM/index.htm>) を作成し公開した。2014年度では、日本語版 AIST-MeRAM 0.9.12の機能改善と完成度向上、搭載データ補充など、ツールの実用化・機能充実化を中心とした開発作業を行い、日本語版のバージョンアップグレード版を公開する。同時に、化学工業界の国際事業展開や化審法のアジア展開を支援するため、英語版 AIST-MeRAM を作成し、年度末には「英語版 AIST-MeRAM 1.0」を成果物として公開することをめざしている。2013年度におけるスタンドアロン版ツール公開して以来、産学官各界から大きな関心を集めた。これまでに、化学工業日報（2013年2月26日）および日刊工業新聞（2013年4月26日と2013年7月25日）の新聞記事として紹介された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】生態リスク、リスク評価、ユーザーフレンドリー、種の感受性分布、個体群存続、リスク管理、化審法

【研究題目】家庭用品から放散される揮発性有機化合物／準揮発性有機化合物の健康リスク評価モデルの確立に関する研究（サブテーマ：非定常型曝露シミュレーション手法の開発）

【研究代表者】東野 晴行（安全科学研究部門）

【研究担当者】東野 晴行（常勤職員1名）

【研究内容】

既報の一般家庭における衣料用防虫剤の使用状況に関するアンケート結果などを用いた曝露シナリオに基づき、クローゼット内における複数の衣料用収納容器・防虫剤から放散する化学物質の積算量の時間変化の推定式を作成した。

容器形状（密閉度）の異なる多種類の衣料用収納容器（プラスチック製ケース、木製チェスト、及び木製タンク）の空気漏洩率を測定し、容器形状別の代表値を設定した。衣料用収納容器、収納空間、及び居室の各空間をリンクしたマルチボックス（マルチゾーン）モデルを開発し、時間分解曝露シナリオを考慮した収納空間内の空气中化学物質濃度の推定手法を開発した。

開発した手法を用いて化学物質の室内空气中濃度及び吸入曝露濃度の推定した結果、吸入曝露量に対するクローゼット内曝露の寄与率は2.2～28.0%の範囲内であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】室内環境、消費者製品、吸入曝露、シミュレーション

【研究題目】プラットフォーム化を目指した日常行動に関わる LCA データの整備と教材開発—家事行動に関する算定ツールの開発—

【研究代表者】田原 聖隆（安全科学研究部門）

【研究担当者】田原 聖隆、藤井 千陽、高田 亜佐子、紀平 茂雄（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

家庭部門における環境負荷削減のために、市民の環境意識の向上、環境負荷の少ない行動への転換が求められている。家庭部門に由来する環境負荷削減のために、政府が「チャレンジ25キャンペーン」を掲げ環境負荷の少ないライフスタイルを提案したり、行政や企業等が環境家計簿を配布し各人の生活から排出される環境負荷の見える化を実施しているものの、いまだ国民的な広がりは見られない。より多くの市民が環境負荷削減に取り組めるような施策が必要である。このような背景の中でプロジェクト全体では、環境教育に利する魅力的な教材やツールを社会に効率的に提供していくために、専門家に限らず幅広い開発主体が容易に使用できるインターフェース（API）を装備した、日常行動に関わる、きめ細やかかつ科学的信頼性の高い LCA データベースの整備を研究目的に掲げている。本サブテーマでは、LCA データベースの整備を担当し、家事行動に関する環境負荷算定ツールの開発を目指している。

本年度は、日常生活の中で特に家事行動を対象に、既往研究・既存データ等を幅広く抽出し、LCA 評価に利するデータ（元となるエネルギー消費量等）を収集した。また、家事行動は個人差が大きいと、変動する要因を変数とした環境負荷算定ツールを作成した。作成したツールを活用して、消費者が行動選択しうる行動セットに対し環境負荷を算定し、既往データと比較を行い、それぞれの算定の背景やシステム境界を整理し、統一した算定基準に則ったデータとして整備した。さらにこれらの調査を通じて、独自に LCA 算定すべき行動群を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】消費行動、環境教育、環境負荷削減、LCA データベース

【研究題目】事故リスク評価検討調査

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】和田 有司、牧野 良次、若倉 正英、中島 農夫男、松倉 邦夫、伊藤 貴子、河辺 圭美、鈴木 真紀（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

2011年以降に発生した最近の化学プラントにおける3件の重大事故の事故調査報告書をベースに、産総研で開発した事故分析手法 PFA を用いて、事故の進展過程とそこから抽出される原因の分析を行い、事故進展フロー

図にまとめた。

事故の個々の原因と安全文化評価項目を中心とする保安力評価項目との関連性を分析した結果、共通的な項目が事故の発生要因と関連性があることが示された。

分析結果をそれぞれの事故の事故調査委員会関係者に提示し、分析の妥当性や注意すべき項目などについて意見を聴取し、その結果を先の分析結果に反映させた。その際、3件の事故から得られる重要課題として、現場作業者の安全感性の低下、設計側の安全感性の低下、そして、それらを強化していくための教育機関と業界とが一体となつての教育の見直しが指摘された。

さらに、これらの保安力評価項目について、本事業で実施された良好事例の分類に用いられた現場保安力の要素マトリクスとの関連性を分析し、事故の共通的な発生要因の改善に適用可能な良好事例の提案のための知見を得ることができた。

イベントスタディと呼ばれる統計的手法を用いて、1990年以降に発生した主に化学産業での事故44件を対象として事故が企業価値に及ぼす影響を定量化した。事故後の株価上昇率は、もし事故が発生しなかったら実現していたであろうと予測される株価上昇率を中央値で評価しておよそ13%下回っていた。事故による企業価値の減価を円単位に換算したところ、中央値で評価しておよそ310億円の減価と推定された。ケーススタディの結果、イベントスタディから推定された企業価値の減価は現実をまずまず良く推定できていると思われた。

1990年以降の設備への被害が比較的大きかった事故を対象に、売上総利益、売上高、売上原価の事故前後の動きを調べ、事故の財務パフォーマンスへの影響は売上総利益によって測るのがよいと思われた。化学産業に属する上場131社について、2002年から2012年までの財務データおよび事故データを用いて統計分析を行った。平均して、事故は、当年の売上総利益を13億円程度減少させる効果があったことが分かった。

安全対策についての費用便益分析に関する既存研究を調査した結果、以下が明らかになった。産業事故や労働災害の防止対策について費用便益分析を実施するための、一般的に受け入れられている手法はまだ確立されていない。安全対策の直接費用、事故により生じる直接被害については、おおむね共通の理解がなされているようであるが、間接被害は直接的には観察できないので、何らかの推定式が必要となる。さらに重要なのは、安全対策が実際に事故を防止するかどうか不確実であり、安全対策実施前後の事故発生確率が分からない限り、安全対策に支出すべき費用金額は決まらないことであった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】現場保安力、保安力評価、安全文化、安全基盤、リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、良好事例、

経済性分析、イベントスタディ、企業価値、株価上昇率、売上総利益、売上高、売上原価、費用便益分析、直接被害、間接被害

【研究題目】フタル酸エステル類への経皮曝露評価 ～皮膚透過性試験法の確立と応用～

【研究代表者】篠原 直秀 (安全科学研究部門)

【研究担当者】篠原 直秀 (常勤職員1名)

【研究内容】

フタル酸エステル類は、可塑剤として床材や壁紙などの建材や、各種家庭用品などの我々の身近にあるプラスチック材料に多く使用されており、その高い吸着性から経皮曝露の可能性が懸念されている。本研究では、パンプ型のフラックス測定器と人工培養皮膚を用いて、DEHPの経皮曝露に関わるパラメータを推定した。建材からの拡散距離を変えて人工培養皮膚及び吸着材に対するDEHP放散量とそれぞれにおけるDEHP存在量を測定したところ、吸着材吸着量と皮膚吸着量の間に違いはなく、皮膚直上の気中DEHP濃度はほぼ $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と考えられる結果となり、皮膚表面でDEHPは即時に吸着している可能性が示唆された。また、建材と皮膚を接触させて行った試験結果から皮膚透過速度定数を求めると、 $1.3 \times 10^{-5} \text{ cm}/\text{h}$ と推定された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】室内環境、フタル酸エステル類、経皮曝露、放散量、塩ビシート

【研究題目】火薬類の包装等に関する研究

【研究代表者】中山 良男 (安全科学研究部門)

【研究担当者】中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、杉山 勇太、和田 有司、久保田 士郎、椎名 拓海 (常勤職員7名)

【研究内容】

火薬庫内で火薬類を保護する包装材料とその技術に係る調査及び試験を実施し、万一台風や豪雨等自然災害により火薬類が流出した場合でも、火薬類の分散を防止し早期発見を可能とすることを研究の目的とした。概略を以下に示す。

(1) 攪拌試験の実施と評価

火薬庫内で火薬類を包装材料で包むことを想定し、繊維材料等について、土砂災害に対する耐久性や平時に火薬類を包装しておくために必要な性能に関する情報を収集・整理した。また、材料ごとの耐久性評価のために攪拌試験を行い、データを取得・整理した。

(2) 斜面落下試験の実施と評価

(1)の評価の結果、効果及び実用性の高いと考えられる包装材料について、土砂等を使用した実際の災害時の状況に近づけた斜面落下試験を行い、データを取得・整理した。

(3) 当該繊維材料等の実用可能性を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】爆薬、包装材、繊維材料、自然災害、攪拌試験、斜面落下試験

【研究題目】建設産業における金属消費量変化の要因分析と将来推計

【研究代表者】畑山 博樹（安全科学研究部門）

【研究担当者】畑山 博樹、田原 聖隆
（常勤職員2名）

【研究内容】

人々が社会を形成し活動するにあたって住環境および社会基盤の整備は不可欠であり、建設産業は経済発展において大きな役割を担っている。特に土木構造物や建築物は大量の金属資源を使用するため、建設産業は我が国における金属需要とその資源循環を検討する中で重要な位置を占めている。

本研究では、鉄鋼、アルミニウム、銅、亜鉛を対象として建設用途における消費量に影響を与える要因を分析し、国内の消費量を2050年まで推計した。各年の金属消費に寄与する因子として「新規着工面積」と「新規着工面積当たりの金属消費量（金属消費原単位）」を考慮し、両因子の過去の変化を分析した。例えば金属消費原単位は、鉄鋼と銅は1990年代から増加しているのに対し、アルミニウムはアルミサッシが普及した1980年以降横ばいに近く、亜鉛は単位鋼板量当たりの亜鉛消費量の減少が原因で消費原単位も減少傾向にあることが明らかになった。このような2つの因子の傾向を反映したシナリオ分析の結果、建設産業における鉄鋼の消費量は2010年の2,900万トンに対して2050年で3,500-8,100万トン、アルミニウムは2010年の50万トンに対して2050年で65-85万トン、銅は2010年の18万トンに対して2050年で22-55万トン、亜鉛は2010年の4万トンに対して2050年で2.6-6.6万トンになると推計された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】需要予測、建設、鉄鋼、アルミニウム、銅、亜鉛、床面積

【研究題目】原発等の複雑システムの安全性向上を目的とする「工学システム」と「人・組織システム」の複合体の挙動に関するゲーム理論を基礎としたシミュレータの開発

【研究代表者】牧野 良次（安全科学研究部門）

【研究担当者】牧野 良次（常勤職員1名）

【研究内容】

原子力発電所や化学プラントといった複雑システムの安全性向上（＝事故リスクの低減）を目的として、複雑システムを「工学システム」と「人・組織システム」の複合体と理解した上でそのダイナミクスをシミュレートし、時間とともに変動する事故リスクを定量化する技術

を開発することが本研究のねらいである。

確率論的リスク評価（システムの物理的・工学的側面）とゲーム理論（人間行動的側面）を統合した理論モデルに基づく経済実験から得た主な結論は以下の通りである。(1) システム内で働く作業者が安全性向上のために最大限の努力をすると期待してはいけない。(2) システム構成が違えば（例えば直列システムと並列システム）、作業者の行動も変わる。(3) システムの事故リスク情報を開示することにより、作業者による安全性向上のための努力水準が向上する。以上の研究は、「工学システム」と「人・組織システム」の複合体を解析するための基礎的な成果と位置づけられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】安全、工学システム、人・組織システム、ゲーム理論、シミュレータ

【研究題目】生物利用性を考慮した重金属の生態リスク評価の効率的手法の確立

【研究代表者】内藤 航（安全科学研究部門）

【研究担当者】内藤 航、加茂 将史（常勤職員2名）

【研究内容】

水環境における重金属の生物への取り込まれやすさ（生物利用性）は水質により変化することが知られている。日本では、近年、水生生物の保全を目的とした規制が強化されているが、その評価において生物利用性は考慮されていない。今後、日本の環境行政において、重金属の生物利用性を考慮した評価や管理のあり方が議論になることが予想されるが、日本ではその議論の材料となる基礎的な知見が限られている。本研究では、休廃止鉱山周辺の河川水を含む、水質特性（例えば硬度、有機物濃度、pH）の異なる複数の河川を対象に、薄膜拡散勾配（DGT:diffusive gradient in thin films）法によりZn、Cu、Ni、Pbの生物利用性に関する基礎的知見を得て、それらの情報を用いて、できるだけ限られた情報から水環境における重金属の生物利用性を効率的・効果的に評価できる手法を確立することを目的とした。さらに生物利用性を考慮した場合としない場合でリスクの大きさがどの程度変化するかを検討した。DGT等を用いた実測の結果、金属ごと、地点ごとに生物利用性に違いが見られた。溶存態濃度に対するDGT_{labile}の割合（平均的な値）は、Cuで20%程度、Pbで10%程度、Znで70%程度、Niで60%程度であった。DGT_{labile}金属濃度と化学平衡モデル(WHAM 7.0)より計算したダイナミック濃度（予測濃度）を比較したところ、全体的にみると、Znは良い一致、NiとCuはDGT_{labile}濃度が予測より低い傾向を示した。水質補正あり（生物利用性考慮あり）と水質補正なし（生物利用性考慮なし）のSSDを用いて銅と亜鉛のリスク比較を行ったところ、日本の水質条件では、リスクの大きさは低下するだけでなく、上昇する可能性もあることが示された。リスクの

大きさの変化は最大で2倍程度であった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】重金属、生態リスク、生物利用性、DGT

【研究題目】低毒性ガスジェット装置用推進薬の安全性確認に関する研究

【研究代表者】中山 良男（安全科学研究部門）

【研究担当者】中山 良男、若林 邦彦、松村 知治、高柿 大輔（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

目標：

低毒性ガスジェット装置用推進薬の衝撃感度試験を実施して、燃料の輸送時・射場作業時の安全性評価に資するとともに他の爆発性物質との比較等安全性の評価を行う。

研究計画：

従来に比べて低毒性の推進薬として、日本が開発中のHAN (Hydroxyl ammonium nitrate) 系推進薬の安全性を評価するため、ADN (Ammonium dinitramide) 系推進薬の衝撃感度試験（ギャップ試験）、および両推進薬の爆轟伝播速度計測試験、加えて、ブースター爆薬の爆轟圧解析等を行う。

研究進捗状況：

ADN 系推進薬について、MIL-STD-1751A Method 1041 (Large scale card gap test) に準拠したギャップ試験を実施した。本試験法では、試料物質の衝撃感度は、ギャップ材に用いる厚さ1/100インチのPMMA (Polymethylmethacrylate) 板の枚数で評価される。一連のギャップ試験を行った結果、ADN 系推進薬の50%爆点は47.6枚程度であることがわかった。

HAN 系推進薬と ADN 系推進薬を対象にして、平均爆速を評価する実験を行った。その結果、HAN 系推進薬の平均爆速は4120～5240m/s、ADN 系推進薬の平均爆速は6890～6970m/sであることがわかった。

本研究で用いたブースター爆薬（ペントライト）の爆轟圧は、試験規格で定められた密度の爆薬よりも11%程度高い爆轟圧が発生していることが爆轟解析より推測された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】低毒性推進薬、衝撃感度、ギャップ試験、HAN、ADN、PMMA、50%爆点、爆轟速度、爆轟圧

【研究題目】土堤の安全性向上に関する研究

【研究代表者】中山 良男（安全科学研究部門）

【研究担当者】中山 良男、杉山 勇太、若林 邦彦、松村 知治、和田 有司、久保田 士郎、椎名 拓海、角館 洋三、松永 猛裕、岡田 賢、秋吉 美也子、薄葉 州、

匂坂 正幸（常勤職員13名）

【研究内容】

目標：

火薬庫の周囲に設置される土堤の防護性能を評価するために、野外での実証実験を行い、技術資料を収集する。研究計画：1/7.9スケール（含水爆薬80kg）の地上式一級火薬庫モデルの爆発実験を全6ショット行う。土堤の高さは現行基準に統一し、モデル土堤に対して降雨量100mm/hrに近い状況を模擬し、豪雨に対する2種類の土堤表面保護工法（珪酸カルシウムパネルによる表面保護と金網による表面保護）の効果をみる実験を行い、表面保護をしない基準土堤の結果と比較、検討する。

研究進捗状況：

降雨量100mm/hr程度の散水実験の終了後においても、土堤の断面形状は保持されたままであった。爆風圧と地盤振動については、散水の有無や表面保護工法の種類によらず、基準土堤と同等の結果が得られた。また、土堤の表面保護に用いたパネルや金網の飛散状況についても、散水の有無による差異は認められず、且つ、遠方への飛散は確認されなかった。加えて、土堤の破壊状況については、土堤の表面を保護することにより、特に散水有りの場合、土堤両端部と中央部の破壊と土砂の飛散が基準土堤と同等、若しくは抑えられることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高エネルギー物質等、爆発影響、土堤、爆風圧、地盤振動

【研究題目】爆発影響低減化の技術基準の作成に関する研究

【研究代表者】中山 良男（安全科学研究部門）

【研究担当者】中山 良男、杉山 勇太、若林 邦彦、松村 知治、和田 有司、久保田 士郎、椎名 拓海、角館 洋三、松永 猛裕、岡田 賢、秋吉 美也子、薄葉 州、匂坂 正幸（常勤職員13名）

【研究内容】

目標：

火薬庫の周囲に設置される土堤の防護性能を評価するために、野外での実証実験を行い、技術資料を収集する。研究計画：1/10スケール（含水爆薬40kg）の地上式一級火薬庫モデルの爆発実験を全5ショット行う。土堤の高さは400mm（現行基準）に統一し、厚さ20mmの鉄筋コンクリート製擁壁（以下、RC）を使用した片側垂直土堤、火薬庫出口から土堤までの距離を2倍とし、厚さ20mmのRCを使用した片側垂直土堤、補強土を用いた片側垂直土堤、厚さ40mmのRCを使用した片側垂直土堤の防護性能を検討する。また、片側垂直土堤に使用されるコンクリート擁壁が爆発により破砕されて発生する飛散物について、薬量のスケール効果を検討する。

研究進捗状況：

爆風や地盤振動に対する片側垂直土堤の防護性能は、火薬庫から片側垂直土堤までの距離に依らず基準土堤とほぼ変わらないことが確認された。一方、片側垂直土堤の構造体である擁壁自体が飛散物の発生源となること、火薬庫からの土堤までの距離を長くすることで飛散物の飛散距離は短くなることが実験で示された。コンクリート擁壁から発生する飛散物については、薬量の増大に従って飛散物の速度が大きくなり、最大飛散距離も大きくなることがわかった。さらに、その関係を薬量のべき乗則で整理できることを確認した。また、土堤を構成する土砂の吹き上がる高さや拡がり半径については、薬量によるスケール化則に従うことが確認された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高エネルギー物質等、爆発影響、土堤、爆風圧、地盤振動

【研究題目】微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価

【研究代表者】匂坂 正幸（安全科学研究部門）

【研究担当者】匂坂 正幸、和田 有司、緒方 雄二、佐分利 禎、久保田 士郎、椎名 拓海、高橋 明文、松木 亮、中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、堀口 貞茲、江渕 輝雄（常勤職員11名、他2名）

【研究内容】

地球温暖化対策として従来の空調機器用に用いられてきた冷媒の規制が進む一方、地球温暖化係数にすぐれた新規代替冷媒への転換を促進させることが重要課題となっている。ジフルオロメタン（R32、 CH_2F_2 ）や2,3,3,3-テトラフルオロプロパン（R1234yf、 $\text{CH}_2=\text{CF}_2\text{CF}_3$ ）は地球温暖化係数が低く、オゾン破壊係数もゼロであることから次世代の冷媒として期待されている。しかし、これらの冷媒はわずかに燃焼性（微燃性）を有しているため、実用的に利用促進をはかるには事故などで漏洩した場合のリスクを評価し、適切に利用するための基準を定めることが重要課題となっている。本研究では、微燃性冷媒の基本的な燃焼特性を評価し、事故シナリオに基づいた被害の影響度を評価可能にすることで微燃性冷媒のリスク評価に資することを目的としている。

本年度は高温・多湿となる日本の気候を考慮し、R32とR1234yfの燃焼挙動の水分・温度依存性を大容量の球形燃焼容器を用いた燃焼実験により評価した。またR1234yfにおいては遅い燃焼速度の影響で燃焼波面の形成や伝播挙動が不安定になるため、放電着火条件や燃焼容器の形状・サイズなどを変化させて初期の擾乱や対流の影響を調査した。爆発の激しさの指標として燃焼時の圧力上昇速度から爆発強度指数 K_G を評価し、さらに密閉容器内に放散口を設けた場合の圧力低減効果について検討した。これにより実規模室内での人体や構造物への影響を爆発強度の評価手法で検討し、部屋の隙間の存在

による爆発強度の低減効果も含めて事故シナリオに基づいた実規模での被害の影響評価を検討できるようにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地球温暖化、新規代替冷媒、オゾン破壊、微燃性冷媒、一般高圧ガス保安、冷凍保安、リスク評価、火炎伝播速度、燃焼速度、爆発強度指数

【研究題目】民生部門のエネルギー消費実態調査および低炭素化に向けたシナリオの検討

【研究代表者】玄地 裕（安全科学研究部門）

【研究担当者】玄地 裕、田原 聖隆、工藤 祐揮（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、(独) 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター（以下、「LCS」）と共同で、事業として経済的に自立可能で、かつ、低炭素なエネルギー資源の活用計画の提案を目指している。

平成25年度は、LCS が実施した地方公共団体等と連携した家庭のエネルギー消費実態調査とアンケート等に基づき、無理のない節電行動を促すための対策を検討した。

まず、2013年10月における実験協力家庭の消費電力内訳を分析し、実験協力家庭の冷蔵庫年間消費電力と省エネ型冷蔵庫の消費電力カタログ値の比較から、省エネ型冷蔵庫への買替による節電ポテンシャルが大きいことを示した。

買替は、家庭の生活行動を変化させることなく省エネが可能となるため、快適性を保ちつつ低炭素に暮らすための対策として効果的であるが、一方で、省エネ機器の初期費用の高さが指摘されている。そこで実験協力家庭に対して、「仮に被験者が20万円の省エネ型冷蔵庫への買替を検討している場合、買替費用を国の認定機関が肩代わりしてくれる制度（買替費用は、月々の節電代から認定機関に自動返還される）があれば利用したいか」について調査した。その結果、初期費用に関する経済的支援策は、高所得世帯における買替促進効果は期待できないものの、年収900万円未満の世帯に対しては効果が期待できることが示唆された。しかし、希望する返済期間は5年未満と冷蔵庫の投資回収年数としては短く、経済的支援策をビジネスモデルとして成立させることは困難であった。

本研究により、買替え促進策としては経済的支援策だけでなく、環境意識や社会規範意識、費用便益判断に役立つ情報提供などその他の環境配慮行動規定因を併せて刺激する対策が必要であることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】エネルギー、バイオマスエネルギー、環境都市、低炭素社会

〔研究題目〕警固断層帯（南東部）における重点的調査観測

〔研究代表者〕吉岡 敏和

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕吉岡 敏和、宮下 由香里、吾妻 崇、水野 清秀（地質情報研究部門）

（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究は、福岡県に位置する警固断層帯南東部が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、九州大学からの再委託で実施しているもので、平成25年度は3年計画の最終年度にあたり、「陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査」および「陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化」について分担実施した。このうち、陸上における活断層の詳細位置、断層形状および変位量分布の把握としては、警固断層帯（南東部）の地表付近での詳細な断層位置と分布形状および変位量分布を把握するため、警固断層、宇美断層および日向峠-小笠木峠断層帯を含む全域について詳細な地形面区分を行った。また断層の分布位置形状および変位量のデータを整理し、それらをデータベース化するとともに、地形分類図、活断層分布図と合わせて GIS 化した。陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化としては、陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の活動履歴をより高精度に求めることを目的に、これまでの調査結果に基づいて、春日市の九州大学筑紫キャンパス内においてトレンチ調査等を実施した。その結果、地層の堆積状況や基盤岩の破碎状況を確認することができ、断層の通過範囲を限定することができた。

〔キーワード〕活断層、警固断層帯、位置、活動時期、九州大学

〔研究題目〕H25柏崎深部地震動観測サイト周辺の地震・GPS 観測網の整備作業

〔研究代表者〕阿部 信太郎

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕阿部 信太郎、竿本 英貴、林田 拓己（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

新潟県南部地域に展開中の GPS 連続観測点30点と微動・地震動連続観測点15点の継続的な運用を確保するため、データ収集等保守作業を行った。通常の保守に加え、大雪等に備えるため GPS アンテナのケーブル接続部の交換・補強を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震観測、GPS 観測

〔研究題目〕南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕穴倉 正展

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕穴倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、行谷 佑一、松本 弾、谷川 晃一郎、安藤 亮輔、鈴木 淳（地質情報研究部門）（常勤職員7名、他1名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは、近い将来の発生が危惧される南海トラフ沿いの巨大地震・津波による災害の軽減に貢献するため、大学や研究機関が自治体と連携し、地域連携減災研究、巨大地震発生域調査観測研究、地震発生シミュレーション研究の3つの分野で調査研究を実施している。活断層・地震研究センターでは、これらのうち、巨大地震発生域調査観測研究の一環として陸域津波履歴調査を、地震発生シミュレーション研究の一環としてモデル構築・シナリオ研究の一部をそれぞれ担当している。平成25年度は、陸域津波履歴調査では、高知県南国市十市地区を中心に津波堆積物の検出を目的とした掘削調査を実施し、9地点でボーリング掘削、3地点でジオスライサー掘削による地質柱状試料を採取した。このほか既存のボーリング試料の観察や隆起痕跡の調査も実施した。モデル構築・シナリオ研究では、歴史地震の断層モデルとサイクルに関する計算手法の検討を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕南海トラフ、巨大地震、津波、履歴、津波堆積物、地震サイクルモデル

〔研究題目〕自動車部品等の軽量化を促進するためのメタルと炭素繊維強化プラスチック（CFRP）のレーザを用いる異材接合技術のシステム開発

〔研究代表者〕新納 弘之（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕新納 弘之、佐藤 正健、卜部 啓、鈴木 隆之、原田 祥久（常勤職員5名）

〔研究内容〕

CO₂排出量削減等の社会的ニーズに対応するために、自動車の製造において画期的な軽量化が求められている。炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic : CFRP）は重量当たりの比強度・比剛性が高く、自動車の軽量化に最も適した革新的材料である。しかし、CFRP を自動車に適用するための重要な課題として、金属など異種材料との接合が挙げられる。しかし、現段階で実用化されている接合技術はリベットやボルトによる機械締結や構造用接着剤を用いた接着であり、いずれの場合も接合にかかる費用、時間、信頼性の面で量産方法としては十分ではない。本研究開発では、前田工業株式会社、岡山県工業技術センター、大

阪大学と連携し、CFRPの自動車への量産採用を可能とするレーザ溶着技術を開発し、レーザ溶着システムとして具現化する。

今年度は、CFRPの損傷しきい値の詳細評価、レーザ溶着接合部の接合強度評価技術の開発・実証、および、レーザ溶着接合部の超音波映像化技術適用性評価の詳細検討を産総研において分担実施し、レーザ照射部位のCFRP表面状態に関しては、3D顕微鏡等を用いた高精度分析手法や空中超音波プローブによる非接触映像分析による評価を行い、レーザ溶着技術の最適パラメータの評価が検討できた。さらに、JIS K6850規格に準拠した引張試験を行い、応力、ひずみ、引張せん断強度および破面観察による破壊特性を昨年度に引き続き評価した。

【分野名】環境・エネルギー、計測・計量標準、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】接合技術、炭素繊維強化プラスチック、自動車部品軽量化、レーザ加工

【研究題目】製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価（国立大学法人広島大学）

【研究代表者】田尾 博明（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】田尾 博明、鈴木 昌弘、谷本 照己、左山 幹雄、長尾 正之、高橋 暁、中里 哲也、鶴島 修夫、塚崎 あゆみ、山田 奈海葉（常勤職員10名）

【研究内容】

製鋼スラグと浚渫土の化学的相互作用によって駆動される栄養塩、金属元素、アルカリ成分および二酸化炭素などの物質フローを明らかにし、藻場・干潟基盤材としての特性・有効性を評価するための実験を行った。昨年度に引き続き、疑似堆積物（コア）を用いて土壌および水環境の中・長期的なモニタリングを行った。浚渫土割合が8、15、30%のものについては、5 cm以深では実験開始直後にpHの上昇と全炭酸・アルカリ度の低下がみられた。スラグに含まれる酸化カルシウムと水が反応し間隙水中のカルシウム濃度とpHが急上昇した後、水酸化マグネシウムと炭酸カルシウムが析出したためと考えられる。多元素分析の結果では表層を除けば間隙水中のマグネシウムがほぼ枯渇しており、上記の反応により間隙水中のカルシウムとマグネシウムが置き換わったことが示唆された。一方、浚渫土割合が75%のコアについては、pHの上昇が抑えられ、10～12.5 cm層でもpH8.5前後で推移していた。多元素分析の結果からも、間隙水中のマグネシウムの減少はあるが、枯渇には至らないことが示された。酸性度の高い浚渫土の割合が大きいことでpHの上昇が抑えられていることに加え、固化の進行も抑えられているため、直上水との交換がより活発となる効果もあると考えられる。脱リンスラグ比70%以上の高pH環境でも、マイクロゾム水槽実験では一定のア

マモの生育が確認された。表層5 cm層では直上海水との混合が活発であるため、pH上昇の影響は抑えられていることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】干潟、藻場、スラグ、浚渫土、物質フロー、pH、微量金属

【研究題目】（残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究）による研究委託業務のうち、（残留性有機フッ素化合物群の包括的海洋測定法の開発）及び（国際精度管理試験によるトレーサビリティ研究）

【研究代表者】谷保 佐知（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】谷保 佐知、山下 信義、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

温暖化問題・オゾン層破壊・越境汚染など地球環境問題の焦点となることが多い残留性有機フッ素化合物群（PFCs）について全球挙動を理解するための海洋化学的な統一概念を構築する。具体的には、炭素鎖長や修飾基により様々な物理化学的特性を有するPFCsについて、「水溶性」「揮発性」の有機フッ素化合物の大気・海水間挙動・環境内構造変換も含めた環境動態を全球的に明らかにする。

分析法開発において、一部のPFOS関連物質については海水試料からの回収率が低く適用が困難であったため、本研究ではあらたに固相抽出カートリッジWAX-Seaを開発し、幅広いPFOS関連物質に適用可能な分析方法を確立した。また外洋大気中に超微量で存在するPFCsの捕集を可能にするために、大気試料低温捕集装置（CRYOGENIC MOISTURE SAMPLER：CMS）を柴田科学（株）との共同研究により完成させた。CMS開発においては、使用する部材の種類（ガラス、ポリプロピレン）および吸収剤の種類（水、メタノール含有水）について検討を行った。以上により、海洋中PFCsの包括的分析法の信頼性を向上させ、また本技術を用いた環境測定技術の普及を可能にするために標準操作手順書（SOP）を完成させた。

また、8月に韓国で開催されたダイオキシン国際会議では本サブテーマ分担者がPFOS特別セッションのオーガナイザーとしてシンポジウムチェアのYang博士より招待された。これについてセッション内容の一般公募を行い、特に重要な研究発表テーマ13件を絞り込むとともに、本プロジェクト成果の一般公開を行った。またシンポジウムボードメンバーの一人でもあるUNEPプログラムオフィサーのFielder博士と討議を重ね、PFOSを含むペルフルオロアルキル化合物（PFASs）全体の外洋汚染調査計画「PFAS analysis in water for the Global Monitoring Plan of the Stockholm

Convention」に対する日本の参画の主要メンバーとして協力を要請された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕残留性有機フッ素化合物、PFOS、トレーサー

〔研究題目〕大風量低濃度排ガス用直接加熱式吸着回収装置の研究開発

〔研究代表者〕竹内 浩士（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕竹内 浩士、加茂 徹、竹森 信、
菊川 伸行（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

揮発性有機化合物（VOC）の更なる排出低減が求められている。最も多量のVOCを排出する塗装工程は排ガス風量が大きく濃度が低いので除去処理の前に濃縮する必要があるが、ハニカムローター式濃縮装置は温風で脱離するため濃縮率が上がらない。本研究開発では、ハニカムローター自身を内部から発熱させることによって最小限のキャリアーガスで脱離させ、これによって濃縮率を飛躍的に高め、VOCを直接液化回収する省エネで省スペースなシステムを構築することを目指す。これを実現するための主な開発項目は、【1】従来技術の温風加熱に替わる効果的な直接加熱を達成するための磁気発熱ハニカムの開発、【2】大風量低濃度排ガス用吸着回収システムの開発、【3】塗装工場での実証試験などであり、産総研はこのうちの基礎的な検討を担当している。

平成25年度においては、磁界印加方式の検討に関して、新規構造のハニカム試作品の発熱試験を行い、期待通り均一に発熱することを明らかにした。また、有限要素法による電磁界シミュレーションを用いてハニカム周辺部材の素材選定指針を与えた。ハニカム基材への吸着剤担持法に関しては、平成24年度のバインダーに加えてさらに8品種を実験的に検討し、熱サイクル試験で評価して推奨レシピを決定し、併せて低温硬化法への改良も行った。次いで開発したレシピに基づいて試作ハニカムにゼオライトを担持し、模擬VOCの吸着脱離試験を開始した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕VOC、吸着回収、塗装、リサイクル、揮発性有機化合物

〔研究題目〕ナノ空間を利用した高リサイクル鋳物砂による無機系砂型鋳造技術の高度化

〔研究代表者〕加茂 徹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕加茂 徹、王 正明、小菅 勝典
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究開発では、砂型鋳造法において鋳物砂として最も使用割合の高いけい砂の砂粒子と水ガラスに、微量の多孔性物質を複合化し、ナノ空間の吸着・吸蔵及び脱

離特性を活用することで、水ガラス-CO₂ガス硬化法における最大の課題である崩壊性に優れた機能性鋳物砂を開発することを基本として、製造した鋳物砂を用いてアルミ合金を対象に砂型鋳造による実証試験を実施し、無機粘結剤水ガラスを用いた環境負荷低減プロセスを実現し、省エネ、高生産性特殊鋳造技術の高度化を目指す。

25年度は、昨年度明らかにした最適配合比を持つ複合化鋳物砂を使用し、アルミ鋳造現場実験を実施した。中子・鋳型の作製、さらに鋳造後中子の崩壊性、鋳肌及び砂リサイクル性を評価し、実験室スケールから現場レベルへ研究開発を促進するための基盤的データを収集した。その実証評価結果から、多孔性物質を添加した複合化鋳物砂は、鋳造後の中子砂の崩壊性に極めて有効な役割を發揮することを明らかにした。特に、従来の砂型鋳造プロセスでは困難な袋状中子及び波部分の中子砂の高い崩壊性が、多孔性物質を添加した複合化鋳物砂を使用することによって克服できる可能性が示された。一方、模擬鋳型の加熱温度に伴う架橋体構造の変化過程を、X線回折法、窒素吸着法、並びに透過型電子顕微鏡観察及び走査電子顕微鏡観察と元素分布画像解析によって検討した。特に、架橋体痕跡の構造とNa、Si等の元素分布から、未加熱状態の粘結物質の加熱変化過程を検討し、粘結物質から形成される中間物質間の反応生成物の成長が崩壊性の要因であることを明らかにした。

産総研における基礎データの集積、その解析・評価は、現場実験の使用に資する安定した品質の複合化鋳物砂を作製することを可能にし、実験室と現場の間を埋めるための役割を果たすことができたと考えている。

〔研究題目〕フィードバックパラメタリゼーションを用いた詳細なダウンスケールモデルの開発と都市暑熱環境・集中豪雨適応策への応用

〔研究代表者〕近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕近藤 裕昭、高根 雄也、亀卦川 幸浩、
井原 智彦（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

昨年度は都市キャノピー内の輸送に関する重要なパラメータである拡散係数について、その構成成分である乱流のスケール長に関するフィードバック・パラメタリゼーションを実施した。今年度はこの新しいスケール長を導入した多層都市キャノピーモデルをメソスケールモデルに導入し、名古屋市、多治見市を含む領域で計算を行った。2013年9月には名古屋大学構内において被験者実験を実施したが、この期間中の9月8日から9月20日を中心に温熱指標である湿球黒球温度の計算を行った。

計算された気温は実測にくらべてやや低めに計算されたが、最高気温、最低気温は日々の変化で最大2℃程度の誤差の範囲にとどまった。計算された気象要素から屋

外の湿球黒球温度 (WBGT) を計算した。計算期間中の WBGT は昼頃を中心に厳重警戒レベルに達した日が3~4日程度あったのみで、多くの日は警戒レベル止まりであった。

改良した温熱環境センサーを用いて、夏季に名古屋市で被験者実験を実施した。実験期間は、週末影響を避けるため、8月下旬から9月下旬にかけての火・水・木曜日とし、具体的には、8月27, 28日/9月3~5日/10~12日/17~19日/24~26日とした。温熱環境センサーで被験者周辺の温熱要素 (気温、湿度、黒球温度、白球温度、加熱白球温度) を計測したほか、自記式質問票を用いて、毎日、着衣量、滞在場所、睡眠状態、疲労状態、暑熱障害に関する自覚症状の有無を質問した。結果は標準新有効温度 (SET*) で関係を見た方が温度の場合よりも疲労との関係が明確であることがわかった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 気候変動適応評価、都市温熱環境モデル、健康影響評価

【研究題目】 大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用

【研究代表者】 近藤 裕昭 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 近藤 裕昭 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では逆問題解析に用いる局所二酸化炭素輸送モデルである AIST-MM に生態系起源 CO₂の気象や季節変化による収支を再現できるように NCAR-LSM の炭素モジュールを参考にして組み込みを試みた。従来の AIST-MM では夏期の水ストレス等の無い状態での生態系光合成量と呼吸量を与えていた。しかしこれでは気象 (乾燥ストレス) や季節の変化に対応させることができなかった。また、炭素モジュールを組み込む際に、炭素モジュール以外に従来の AIST-MM から変更しなければいけない点があり、

① 土壌水分量の予報 (降水は GPV または解析雨量)

② キャノピー光合成有効放射量の計算

③ 日射量の直散分離

を新たにモデル化する必要がある。①については Noah-LSM, ②については NCAR-LSM のやり方、③については Erbs et al. (1982)のやり方を参考として改良を進めた。計算領域をいくつかのフラックス観測サイトが入るようにやや広めにとり、東経133° -142°, 北緯32° 40'-39° 40'の範囲を72×85格子 (約10km 格子) にとった。試算の期間として2011年8月1日~5日間までを計算し (GST)、気象条件の境界条件は気象庁 GPV/MSM の3時間毎の初期値を用いた。岐阜県高山市にある産総研・岐阜大の観測サイト (TKY) に対応する格子点での計算結果と実測を比較した。夜間は従来の方法の一致度は比較的良好だが、昼間の呼吸量は今回の方法のほうが高めに出た。従来の方法は当然ながら、気温に

対して呼吸量は1本の線になるのに対し、今回の方法では1本の線にはならず、気温に対してばらつきが生じた。これは各日時の土壌水分量の差により生じており、観測の傾向と一致した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 二酸化炭素吸・発生源解析、AIST-MM、NCAR-LSM、土壌呼吸

【研究題目】 ソーシャルネットワークサービスを活用したスマートセンサによる住宅環境管理システムの開発

【代表研究者】 野田 和俊 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 野田 和俊 (常勤職員1名)

【研究内容】

いつでも、どこでも、住宅内の各種環境情報を小型のセンサユニットによって管理し、得られたデータはソーシャルネットワークワーキングサービス (SNS) を活用したデータ発信器によって公開可能なシステムを構築し、ユーザーに対して容易に可視化できる基本システムの開発を進めた。住宅環境を測定するためにセンサ (温度、湿度、気圧、ガス (匂い)、振動等) を小型のユニットに集合化して設置を容易にし、そこから得られたデータを簡単にユーザーへ情報提供するために既成のソーシャルネットワークサービスを活用したデータ発信器を新たに開発し、誰でも簡単に利用でき可視化するための基本システムを試作化し、短期間で実用化に結びつけるための研究を実施した。

センサユニットとしては、室内環境ガス測定を目的とした、VOC ガス検知特性が良好と考えられるプラズマ重合薄膜を利用した水晶振動子 (QCM) センサを2素子取り付ける構造のものを試作し、各種ガスに対する検知特性を明らかにした。また、小型の温湿度センサ、気圧センサ、3軸加速度センサも内蔵し、さらに光センサなど外部センサ信号も入力可能とするアナログ入力機能を有する構造としたユニットの基本動作特性を確認した。このセンサから得られたデータは、インターネット上で多くのユーザーが利用している SNS を利用し、表示可能なシステムを試作化し、その有効性を確認した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 スマートセンサ、ソーシャルネットワークサービス、環境計測、水晶振動子、ケミカルセンサ

【研究題目】 現場環境下で容易に測定できる水銀検知手法の開発

【研究代表者】 野田 和俊 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 野田 和俊、愛澤 秀信 (常勤職員2名)

【研究内容】

廃棄物の焼却や製鉄所・火力発電所等での石炭の燃焼

に伴う排出物中の微量水銀問題が顕在化しているため、気相、液相の両方で利用可能な現場環境化下で容易に測定できる水銀検知手法の開発を目的として実施した。

本検知手法は、水銀と金との反応（アマルガム）を利用し、ng レベルの測定が可能な水晶振動子の微量天秤（QCM）技術（質量変化→周波数変化）を活用し、大気の指針値と土壌・地下水など液相中の環境基準レベルの微量の水銀濃度をほとんど前処理無しで直接測定する検知手法について検討を進めた。

今年度は、検知濃度や環境に対する影響、測定条件などの基本検知特性を求め、一定条件下で低濃度レベルの水銀濃度測定が可能なことを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水銀、センサ、水晶振動子、環境計測、ケミカルセンサ

【研究題目】都市型ブルーカーボン：新たな沿岸海域炭素循環像の構築

【研究代表者】鈴村 昌弘（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】鈴村 昌弘、鶴島 修夫、山田 奈海葉（常勤職員3名）

【研究内容】

これまで、海洋による CO₂吸収は外洋域で発揮され、陸域からの負荷を受ける沿岸域では有機物が分解する場、すなわち CO₂の放出源と考えられてきた。特に都市河川が流入し人間活動の影響を受ける内湾は、大量の CO₂放出を伴う環境価値の低い場所であると認識されてきた。しかし近年、国連環境計画（UNEP）は、森林など陸上で吸収・貯留される炭素（グリーンカーボン）に対し、沿岸域で吸収・貯留される炭素を「ブルーカーボン」と新たに称するとともに、熱帯林に匹敵もしくはそれを上回る高い沿岸生態系の CO₂吸収能力の重要性をアピールした。本研究では、人間活動の影響を受けている内湾として東京湾を例に取り、流入河川から湾外までを対象として炭素のストック・フローの実測データを解析と数理モデルによる検証を行ってきた。さらに下水処理場からの CO₂の負荷を含めて、都市隣接海域の理想のブルーカーボン像について検討を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】沿岸海域、海洋生態系、二酸化炭素、物質循環、生態系物質循環モデル

【研究題目】次世代構造部材創製・加工技術開発

【研究代表者】津田 浩

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】津田 浩、遠山 暢之（常勤職員2名）

【研究内容】

Ti-6Al-4V 合金の接合部の微小欠陥を迅速に検出できる非破壊検査技術の確立を目指し、レーザ超音波可視化探傷法による接合欠陥検出技術の開発を行うこととした。

本年度は2～10MHz の周波数帯域の超音波を用いて、Ti-6Al-4V 合金のレーザ溶接部における欠陥検出能の評価を行い、さらに FSW 接合部の超音波可視化画像の計測を行った。今年度は下記の成果を得た。

チタン合金の溶接部の超音波伝搬特性を評価した結果、5MHz 以下において高い S/N 比で超音波検出が可能なことを確認した。また接合部表面にスパッタ残痕などの凹凸があると超音波散乱が生じるため、検査の際は溶接部近傍のスパッタを除去する必要があることが分かった。

また溶接部に人工欠陥を導入した試験片の検査を行った結果、2MHz の探触子を用いて0.3mmφの表面欠陥を検出することができた。実際の溶接欠陥は内部欠陥であることから、アクリル斜角ウェッジの角度の最適化を行う必要があり、また、さらなる欠陥検出能の向上のために、ポリマーレンズ等を用いてレーザビーム径を小さくする、平均化処理や画像処理を駆使して S/N 比の向上を図ることが今後の課題として挙げられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】摩擦攪拌接合、非破壊検査、チタン合金、超音波探傷

【研究題目】小型加速器を用いた逆コンプトン散乱光源による最適なイメージング手法の開発

【研究代表者】黒田 隆之助

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】平 義隆、安本 正人（常勤職員3名）

【研究内容】

小型加速器を用いたレーザーコンプトン散乱 X 線源は、X 線領域において、微小光源で、かつ準単色性のある小型光源という特長を持っている。これらの特長を生かしたイメージング手法として、回折格子を用いたタルボ干渉イメージングについて研究を行っている。タルボ干渉法は、回折格子による強度パターンと回折格子とのモアレ縞を検出することによる高感度位相コントラスト法の一つである。

平成25年度は、レーザーコンプトン散乱光源によるタルボ干渉実験で用いる、X 線イメージングデバイス（検出器）についてサーベイを行った。実験に用いる回折格子の条件から X 線エネルギーは27keV とし、検出器の解像度は数10ミクロン以下であることが必要条件である。したがって、X 線 CCD カメラとイメージングプレート（IP）を利用することとした。まず、双方の利点と欠点を、電子加速器を用いた実験に特有の条件を加味して考察し、最適な実験プロセスを確立することとした。X 線 CCD カメラは、遠隔で連続的に画像取得が可能であるため、加速器室内における自動連続撮影に適している。しかし、電子加速器による過酷なノイズ環境では、電磁波ノイズ等により画像のノイズレベルが高くなり、干渉像のビジビリティが下がってしまった。IP は電磁波ノイズ等の影響を受けないため、過酷ノイズ環境下でもビ

ジビリティの高い干渉像の撮影が可能であった。しかし、画像読み取りがバッチ処理になるため、露光から画像読み出しまでに多くの手間と時間を要し、撮影実験のスループットが下がることが問題であった。特に、検出器や試料のアライメントを決める際など、撮影ごとに X 線照射条件を変える場合はスループット低下が著しいことを確認した。そこで、次年度以降は、アライメント段階では X 線 CCD を用いて、干渉像の測定では IP を使うこととした。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源
壊検査

〔研究題目〕量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」

〔研究代表者〕洪 鋒雷（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕洪 鋒雷、安田 正美、稲場 肇、
保坂 一元、赤松 大輔、大久保 章、
田邊 健彦、雨宮 正樹、鈴山 智也、
渡部 謙一、和田 雅人
（常勤職員11名）

〔研究内容〕

相対不確かさが 10^{-15} 以下での周波数比較実験を行うために、Yb 及び Sr 光格子時計の堅牢性を向上させ、Sr 光格子時計による絶対周波数計測、および不確かさ評価を行った。具体的には、まず、産総研で開発した高速制御可能な光周波数コムによる線幅転送技術の光格子時計への応用可能性を確認するために、1064 nm の高安定レーザの線幅を578 nm に転送して Yb 原子の時計遷移の分光を行った。そして、照射パルス時間（40 ms）のフーリエ限界線幅（22 Hz）にて時計遷移の分光に成功した。さらに、光格子時計の時計レーザの周波数安定化をより堅牢なものにするために、時計レーザの経時周波数ドリフトのフィードフォワード補正を行った。これにより、Sr 光格子時計も Yb 光格子時計同様、連続6時間以上の周波数計測が可能となった。この Sr 光格子時計を用いて、時計遷移の絶対周波数計測を行い、 3.7×10^{-15} の不確かさで計測することに成功した。また interleave 法により Sr 光格子時計自身の不確かさ評価を行い、その不確かさを 3.8×10^{-16} に低減することに成功した。

また、線幅転送による時計レーザの線幅狭窄化を、より堅牢にするために、繰り返し周波数が比較的高い高速制御可能な光周波数コムを新たに開発した。さらに、この光周波数コムの近くに必要光源を配置し、光ファイバを用いた伝送ロスや位相雑音の影響の低減を行った。すべての周波数安定化の基準となる1064 nm レーザの周波数安定度を評価するために、このコムを介して、別の高フィネス光共振器に安定化された1.5 μm レーザとの比較を行った。その結果、平均時間1秒における周波

数安定度は、約 2×10^{-15} となり、光共振器の熱雑音によって制限されていることが明らかになった。また観測された、ビートの線幅は約1.5 Hz（スキャン時間約1秒）であった。この結果から、光周波数コムによる線幅転送技術を用いた時計遷移励起用レーザシステムは十分な性能を発揮していることが明らかになった。

さらに、協定世界時の不確かさを下回る精密計測を行うために、二台の光格子時計を同時に動作させ、二つの時計遷移の周波数比計測を行った。測定結果の相対不確かさは 1.5×10^{-15} であった。この値は、これらの光格子時計を用いて行った絶対周波数計測の不確かさ（Yb: 3.9×10^{-15} 、Sr: 3.7×10^{-15} ）よりも小さく、光格子時計の優位性を示す結果である。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

〔研究題目〕海水温の精密測定に用いる温度センサの長期評価技術の開発

〔研究代表者〕丹波 純（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕丹波 純、山澤 一彰、
Januarius V. Widiatmo
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

独立行政法人 海洋研究開発機構（JAMSTEC）では、地球環境観測のために高精度センサの開発に取り組んでいる。このうち高精度水温センサの評価は産総研が行っている。

高精度の水温センサの量産化に向け、センサプローブの性能安定性の事前確認の手法が確立されていない。そこで、本研究では、センサプローブの選定を含めた、性能評価手法を開発した。24年度までに構築した当該センサプローブ専用の評価システムを利用して、JAMSTEC から供与された充填剤の異なる2種類のサーミスタ素子の長期安定性の評価を行った。高温における長時間の暴露の前後において $1^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ の範囲の温度－抵抗値特性を詳細に評価し、充填剤の違いによる特性の変動の違いを明らかにした。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕温度測定、海水温センサ、長期安定性、サーミスタ

〔研究題目〕原案共同作成事業（JIS B7441改正）

〔研究代表者〕阿部 誠（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕阿部 誠、高辻 利之、佐藤 理
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

JIS B7441:2009「非接触座標測定機の受入検査及び定期検査」は産業技術総合研究所、及び光学式非接触三次元測定機精度評価法標準化コンソーシアムを母体とし

た委員会の設置により制定に至った経緯がある。今日では多くの非接触座標測定機に適用され、公的研究機関等における製品評価にも活用されている。その後、非接触座標測定機の ISO 国際標準化が直交形限定で進められたため、ISO 規格との互換性を確保する方向での改正に対する要望の意見が強まった。しかしながら、非接触座標測定機に関する工業会は設置されるには至っておらず、測定機メーカーやユーザ相互の意見を代表する機関が存在しない。そのため産業技術総合研究所に原案作成委員会事務局が設置され、この規格の改正草案の審議を行うこととなった。設置した原案作成委員会の審議の途中で直交形非接触座標測定機を対象とした ISO 規格 ISO 10360-8:2013が制定され、この規格との整合性を確保する観点から JIS B7441を廃止し、JIS B7440-8「光学式距離センサ付座標測定機」として原案を作成することが原案作成委員会において決議された。この決議に基づいて JIS B7440-8原案の作成を完了した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】座標測定機、光学式距離センサ、非接触

【研究題目】試薬の FT-IR を用いた赤外吸収スペクトルの測定に関する研究

【研究代表者】衣笠 晋一（計測標準研究部門）

【研究担当者】衣笠 晋一、滝澤 祐子、浅井 こそえ、齋藤 剛（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

試薬 JIS の中で赤外吸収スペクトルは試薬の定性情報として掲載されている。JIS が改訂される試薬については、標準スペクトルとしてのスペクトルデータベース（SDBS）で採用されている測定プロトコルによって測定された赤外吸収スペクトルを統一的に掲載することで改訂 JIS の信頼性向上につながるという背景があった。

本研究では、改訂 JIS で規定される試薬の赤外吸収スペクトルを測定するプロトコルを検討・開発するとともに、スペクトルデータベース SDBS の充実を図り、さらに得られたスペクトルを JIS 規格内で利用し、SDBS の普及を図ることを目的とし実験を実施した。具体的には、JIS の改訂を迎える14の試薬について SDBS の測定条件下得られた IR スペクトルと JIS にあるスペクトルとの比較を行い測定条件の妥当性を検討した。得られたスペクトル及びピーク情報つきスペクトルをそれぞれビットマップ（BMP）形式及び pdf 形式とで作成し、最後にこれらのファイルを JIS 原案の資料として提供した。また、すべてではないが質量分析や NMR スペクトルの測定も行い、SDBS のデータとして追加した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】スペクトル、データベース、赤外吸収スペクトル、試薬 JIS

【研究題目】リアルタイム自己校正型ロータリーエンコーダ

【研究代表者】渡部 司（計測標準研究部門）

【研究担当者】渡部 司（常勤職員1名、他13名）

【研究内容】

工作機械や組み立てロボットの位置決め精度の高度化には、角度測定に広く用いられているロータリーエンコーダの高精度化が不可欠である。機器やロボットに組み込んだ後は不可能と思われたロータリーエンコーダの角度誤差をリアルタイムに評価し、さらにその誤差補正まで行う低価格で小型な次世代ロータリーエンコーダを研究し、角度制御の信頼性確保に貢献できる製品の研究開発を行う。これにより、位置決めに係る技術において達成すべき高度化目標の高精度化、小型化・軽量化、低コスト化のための技術向上と寿命管理技術の向上に応えることを目的とする。

自己校正機能付ロータリーエンコーダのリアルタイム角度誤差処理技術の実現のためにデータ処理部とエンコーダ本体部の開発を行った。データ処理部では、基板サイズが 50 mm×50 mm の小型リアルタイム校正用 FPGA ボードを開発した。エンコーダ本体部では、透過型と反射型のセンサヘッドを用いて直径φ86 mm～φ41.4 mm のサイズのスリット板（スケール）を用いて自己校正型ロータリーエンコーダを製作した。データ処理部とエンコーダ本体部を結合したリアルタイム自己校正型ロータリーエンコーダを実現し、約±1"の目標の精度を達成していることを確認した。当該事業の目標である角度誤差補正を行う低価格で小型なリアルタイム自己校正型ロータリーエンコーダを実現し、角度制御の信頼性確保に貢献できる製品の研究開発を達成した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】長さ計測、角度、位置決め精度、計測技術

【研究題目】TMB/REMCO 対応

【研究代表者】齋藤 剛（計測標準研究部門）

【研究担当者】齋藤 剛、千葉 光一（常勤職員2名）

【研究内容】

国際標準化機構の標準物質委員会（REMCO）国内審議委員会を2回開催、REMCO 本会議等への専門家派遣等を行った。国内審議委員会は REMCO 本会議前後にそれぞれ1回ずつ開催した。本会議前の国内審議委員会においては、REMCO 本会議の対処方針案の策定等を行った。オーストラリアで開催された REMCO 本会議には、WG コンビナーを派遣し ISO Guide 31改訂作業に貢献する一方で、国内審議委員会で議論した方針案の反映活動並びに、その他ガイド改訂方針等の調査を行った。審議中の標準物質に関わるガイド改正及び新規作成状況、並びに諸外国の対応状況の調査を行うことで、日本に優位なガイド作成の方針を反映できるように活動し

た。本会議後の国内審議委員会においては、本会議の報告等を行った。また、Asian Collaboration on Reference Materials (ACRM) 会議において、標準物質生産に関する日中間の取り組みに REMCO のガイドをどのように取り入れて行くのか、また、日本のみならずアジアでの標準物質ガイド作成について議論を行い、これらの議論を基にした対処案策定に役立てる土壌を築いた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】ISO、標準物質、標準物質生産、ガイド30シリーズ

【研究題目】標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発

【研究代表者】吉田 肇（計測標準研究部門）

【研究担当者】吉田 肇、新井 健太（常勤職員2名）

【研究内容】

高真空・超高真空を測定する電離真空計や分圧真空計は、これまで、適切な校正方法が無かったため、正しく校正することが難しかった。近年、産総研では、ステンレス製の多孔質焼結体からなる微小ガス流量導入素子「標準コンダクタンスエレメント (SCE)」(特願2009-197894)を開発した。SCE を用いることで実現する定量化された再現性の良い気体流量は、真空計を“その場”校正するための信頼性の高い基準と利用することができる。本研究では、SCE を用いて、ユーザ自らが、任意の気体種について、既知の流量を真空装置に導入することが可能で、かつ、操作に専門的な知識と習熟を必要としない基準微小ガス流量導入装置を開発することを目的としている。

今年度は、設計値通りのコンダクタンスを持つ多孔質体を製作の歩留まりを、30 %から70 %まで向上できた。SCE 単体で、年率3 %以下の分子流コンダクタンスの安定度を確認した。標準コンダクタンスエレメントを組込んだガス導入器の試作機を開発した。複数の研究者で、操作性の評価を行い、良好な結果を得た。流量の不確かさ評価を、国際基準に基づいた方法で行った。スピニンググロータ真空計を用いて、絶対値の信頼性5~10 %以下を実証した。昇温脱離分析のラウンドロビン試験を実施し、絶対値の信頼性10 %以下を実証した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】真空、計測、高真空、超高真空、分圧、ガス放出、リーク、校正

【研究題目】パルス通電加熱法を利用した熔融核燃料の熱物性測定システムの開発

【研究代表者】渡辺 博道（計測標準研究部門）

【研究内容】

核燃料の熔融挙動解析において、融点以上での比熱、全放射率、熔融のエンタルピーは重要な物性値である。

本研究では、パルス通電加熱法を利用して、熔融状態における核燃料の上記熱物性値を熱量法の原理により測定する方法の開発の一環として、非導電性の酸化物である核燃料を融点以上に急速加熱するシステムの設計・試作を行うことを目的とする。

上記の目的を達成するため、(1)棒状酸化物試料加熱セルの設計・試作、(2)試料チャンバー及び棒状試料用ホルダーの設計・試作、(3)タングステン試料セルの温度測定方法の検討を行い、下記の結果を得た。

厚さ0.15 mm のタングステン板を丸めて酸化物試料加熱セルの試作を行った。熔融酸化物試料の保持に必要な加圧雰囲気下で使用可能な試料チャンバーを試作した。外径3~5 mm、長さ50~100 mm の棒状試料用ホルダーを試作した。タングステン製の試料加熱セルに C 型熱電対を接続する2種類の方法を考案した。放射温度計による試料の直接的な真温度測定を行うために必要なタングステン曲面への垂直配向カーボン・ナノチューブの製膜を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】熱物性、タングステン、酸化物、カーボンナノチューブ

【研究題目】局部傾斜角度測定を利用した高精度かつ高ダイナミックレンジな形状測定法の開発

【研究代表者】尾藤 洋一（計測標準研究部門）

【研究担当者】近藤 余範（常勤職員1名）

【研究内容】

表面形状の高精度な測定法としては、干渉計測法が最も一般的である。干渉計による形状測定法は、2次元の形状分布を一度に得ることができ、分解能もナノメートルレベルが実現可能であるが、基本的に参照平面（もしくは球面）との差分測定であるため、測定の絶対精度は参照平面の精度によって制限され、ナノメートルレベルの絶対精度を実現することは容易ではない。そこで本研究では、ナノメートルレベルの絶対精度を達成するために、角度測定を利用した形状測定装置の開発に取り組んでいる。

これまでの局部傾斜角測定を利用した形状測定法においては、高精度なオートコリメータから出射される測定ビームを、ペンタミラーの機械的走査を介して、対象表面上で直接スキャンしていた。空間的な局所性は、対象表面の直前に置かれたピンホールによって担保されているが、光量等の問題から、ピンホール径は5mm 程度以上とする必要があった。また、機械的走査により、オートコリメータと対象表面との距離が変化してしまうため、角度測定の精度・特性が測定中に変化してしまうという問題点もあった。そこで本研究では、レーザ光（ビーム径約1 mm）を測定ビームに用いた Null instrument を導入した新たな形状測定システムを提案した。Null

instrument により、局所的な傾斜角変化は回転ステージの回転角変化に変換される。回転ステージの角度変化は、オートコリメータにより一定の距離で測定され、角度変化の積分により形状分布が算出される。実際の実験では、口径70 mm のガラスの表面形状を測定した。得られた形状の PV 値は約25 nm、その繰り返し性（10回）は PV 値で±0.6 nm 以下であり、1 mm 径の測定ビームにおいても極めて高い測定の再現性が確認できた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】形状計測、平面度、角度

【研究題目】個別化医療に向けた次世代医薬品創出基盤技術開発（国際基準に適合した次世代抗体医薬等の製造技術）

【研究代表者】藤本 俊幸（計測標準研究部門）

【研究担当者】藤本 俊幸、絹見 朋也、加藤 晴久、
稲垣 和三、藤井 紳一郎
（常勤職員5名）

【研究内容】

次世代抗体医薬等の製造技術における先進的品質評価技術の開発において、バイオ医薬品の会合凝集に伴う不均一性の解析評価技術を開発し、バイオ医薬品に付随する品質の不均一性を制御し、品質としてより優れた医薬品の提供に資する解析評価システムを構築する。バイオ医薬品の会合凝集に伴う不均一性評価において、第一に再現性の高い抗体分子凝集体量の定量評価を実現するための技術基盤を確立する。特に流れ流動場分離法を用いた高精度且つ再現性の高いサイズ分離を目指したデバイス流路構造の必須要件を検討する。第二に会合凝集体に含まれる物質を定量的に評価するため、質量分析による抗体試料中不純物評価技術の開発を行う。会合凝集体に夾雑している不純物タンパク質、低分子有機化合物、核酸を対象とする有機分子、および金属不純物に代表される無機分子について、質量分析を駆使した構造解析や定量を進めるための基盤技術を構築する。

流れ流動場分離法を用いた凝集体量の評価技術においては、凝集体等の高精度なサイズ分離を目指したデバイス流路構造設計を実施した。また、有限要素法に基づく流体力学的な流れ場の評価を実施し、流路設計要素の変動による流れ場の乱流発生などの影響評価を行い、最適なデバイス流路構造評価を実施した。結果、再現性の高いサイズ分離を達成する最適なデバイス流路構造について確定することができた。

抗体試料中不純物評価においては、サイズ分離される抗体試料における有機不純物、無機不純物について、質量分析を可能とするための評価技術開発を行った。タンパク質分析では、リコンビナントタンパク質をモデルとし、血清マトリックス中のタンパク質を特異的に評価可能なペプチド成分の質量分析計による測定を実現した。また核酸については、RNA 分子内りんを指標として誘

導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）での測定を実現した。無機不純物については、ICP-MS での高感度不純物評価を実現するために、グリッド式試料噴霧器のプロトタイプを作製し、大容量噴霧に適した気化室、加熱ヒーターの設計試作を行った。これらの評価技術の実施および試料導入系の試作によって、分析基盤を確立した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】抗体医薬、凝集体、サイズ分離、質量分析、不純物

【研究題目】室内環境中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の曝露評価のための基礎的研究

【研究代表者】大竹 貴光（計測標準研究部門）

【研究担当者】大竹 貴光（常勤職員1名）

【研究内容】

現代人は、一日のおよそ8割を室内で過ごすと言われていることから、室内環境はヒトの健康を考える上で重要である。そこで近年、建材などを発生源とする、室内中のホルムアルデヒドや揮発性有機化合物の分析が多く行われている。しかし農薬類のうち、特にピレスロイド系及び有機リン系農薬は、例えば家庭用殺虫剤、蚊取り線香、タンス用の防虫剤として室内で幅広く使用されていることから、先に述べたホルムアルデヒドなどと同様に調査の必要性が高いにもかかわらず、国内の一般家庭を対象とした調査はほとんど行われていない。さらに当該農薬の一部は、曝露することにより神経系に影響を引き起こす可能性が示唆されている。そこで本研究では、将来的に曝露評価を行う土台作りとして、室内におけるピレスロイド系及び有機リン系農薬分析を、一般家庭の空気及びハウスダストを対象に行い、濃度レベルをモニタリングすることを目的とした。

今年度は、昨年度確立した分析法を用い、一般家庭の室内中ピレスロイド系及び有機リン系農薬の分析をし、濃度レベルをモニタリングすることができた。また、室内中の農薬濃度に影響があると考えられる項目についてアンケート調査も行い、検出された農薬の発生源が殺虫剤であるということ推測した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】室内環境、ピレスロイド系農薬、有機リン系農薬

【研究題目】定量 NMR 用標準物質開発のための高精度純度評価法に関する研究

【研究代表者】山崎 太一（計測標準研究部門）

【研究担当者】山崎 太一（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では近年対象物質そのものの標準を必要としない分析法として注目を集める定量 NMR のための標準物質開発における純度評価法について検討した。定量 NMR では特定の標準物質を必要としないものの、定量

NMR の標準物質には純度値の他、溶解性や測定で得られる化学シフト値等の様々な要件を満たすことが有用な標準物質の条件となる。そこで本研究では始めに「定量 NMR のための内標準物質の選定」を実施し、選定した候補物質について「高精度純度評価法」を検討した。

現在、市販されているものを含めて定量 NMR のための標準物質として適切な化合物の選定を行い、いくつかの候補物質を見出した。本研究課題の期間においては中でも有用性の高いと考えられる¹H NMR, ¹⁹F NMR とともに利用が期待できる3,5-ビストリフルオロメチル安息香酸について、適応可能な測定法を検討し、高精度な値付けが可能か検討し、差数法、電量中和滴定法、凝固点降下法のすべてにおいて0.1 %を下回る測定精度で評価可能であることを確認した。また、今回用いた電量中和滴定法および凝固点降下法は不純物の物性によって定量値に影響を与えることが予想されたため、不純物を精確に評価することでより高精度な純度評価を行った。

さらに、検討した3,5-ビストリフルオロメチル安息香酸の認証標準物質開発も行い、2014年度内に頒布予定となっている。

定量 NMR では対象物質そのものの標準を必要としないものの、溶解性や化学シフトによって適用範囲が限られるため、今回の研究期間中で開発した1物質では不十分と考えられる。そこで、本研究課題内で候補となった他の化合物についても認証標準物質として開発することで、適用分析対象を拡大することが大きな課題である。また、定量 NMR 法自身がまた発展途上な分析法であるために測定法の標準化も大きな課題の一つと考えている。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕定量 NMR、純度評価、標準物質

〔研究題目〕地熱発電技術に関する委託研究「地熱貯留層評価・管理技術」

〔研究代表者〕阪口 圭一（再生可能エネルギー研究センター）

〔研究担当者〕阪口 圭一、浅沼 宏、高倉 伸一、杉原 光彦、相馬 宣和、水垣 桂子、松林 修（常勤職員6名、他1名）

〔研究内容〕

本研究開発は、地熱発電所の安定した運転に有効であると考えられ、海外で成功例のある涵養技術（Enhanced Geothermal Systems [EGS] 技術の一種）を国内の地熱発電所に導入するにあたって、実証試験および数値シミュレーションを通じて地熱貯留層への涵養の規模により温泉滞水層や地熱貯留層にどのような影響が及ぶかを明らかにし、地熱発電所への一般的な適用のガイドラインを示すことを目的とし、平成25年度から29年度までの5年間に福島県柳津西山地熱地域とその周辺を対象として涵養の実証を行い、最適化の手法の構築を目指すものである。平成25年度の研究開発として、

AMT 法（浅部用電磁探査法の1種）調査、重力調査、弾性波モニタリングを実施した。

AMT 法調査では、柳津西山地熱地域の3本の測線に沿った30測点での測定と2次元解析を実施し、深度1.5km 程度までの比抵抗断面を求めた。その結果、(1) 主要な地熱生産ゾーンである血の池沢断層と猿倉沢断層付近の標高約-500m 以深は比較的高比抵抗であり、高温のためスメクタイトが消失している、または熱水が少ないことを反映している可能性がある、(2) Line300測線に沿って実施した AMT 法の解析結果を以前の調査結果と比較すると、低比抵抗層の層厚が減少しており、最近10年の間に地熱貯留層内の熱水量が減衰したことを反映している可能性がある、等のことが判明した。

重力調査では柳津西山地熱発電所を中心とする直径5km 以内の60測点で重力測定および測量を行い、既存重力データを加えて2次元および3次元密度構造解析を実施した。残差重力異常の算出により、発電所周辺地域において顕著な低重力異常が認められた。初期モデルは、発電所周辺は変化が少ない構造として設定したが、インバージョン結果では特にモデルの L3、L4層の上面深度において、初期モデルには無い窪みの構造を示すような変化が現れた。

弾性波モニタリングにおいては、平成26年度以降の地熱貯留層への注水作業時に弾性波モニタリング（坑内および地表での観測）を速やかに実現できるように、坑井内および地表用 AE（アコースティックエミッション）センサおよびデジタルデータ記録転送装置からなる AE 観測システムの構築、AE データ自動解析の準備、ならびに AE データ・リモートアクセスシステムの整備を行った。

〔分野名〕地質、環境・エネルギー

〔キーワード〕地熱、地熱貯留層、EGS (Enhanced Geothermal System)、涵養技術、物理探査、AMT 法、重力調査、弾性波モニタリング

〔研究題目〕Federated Test-beds for Large-scale Infrastructure eXperiments (FELIX)

〔研究代表者〕工藤 知宏（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕工藤 知宏、竹房 あつ子、中田 秀基、高野 了成、広瀬 崇宏、谷村 勇輔（常勤職員6名）

〔研究内容〕

将来のインターネット基盤として、欧州の OFELIA (The European OpenFlow Experimental Facility) や日本の RISE (広域 SDN/OpenFlow テストベッド) など高性能新世代ネットワークファシリティーが現在世界中で運用されている。しかしながら、それらをスケラブルかつ効率的に組み合わせた連携フレームワークは定義されていない。そこで本研究では、利用者が日欧に

またがる新世代ネットワーク実験環境上のスライスを要求し、モニタリングし、管理することができるフレームワーク開発を目的とする。そのために、SDN (Software Defined Networking) のコントロールフレームワークや Open Grid Forum (OGF) の Network Services Interface (NSI) など新しいネットワーク技術を用いて、新しい連携フレームワーク基盤 FELIX を構築する。分散する異種の高性能新世代ネットワークファシリティーを、NSI で制御された JGN-X、GEANT などの高速ネットワークを介して連携可能にすることで、新しい SDN 型のサービスアーキテクチャを提供し、日欧の研究コミュニティが必要とする動的でシームレスな実験環境の構築を実現する。

3年計画の初年度にあたる平成25年度は、1) これまでの経験に基づきクラウドとネットワークの観点から連携フレームワークのユースケースを列挙し、技術要件を明確化した。また、全体のアーキテクチャならびに機能ブロックの基本設計を行った。2) 1) の基本設計をもとに、統合制御フレームワークの実装に向けた議論を開始した。また、日本側 SDN テストベッドである RISE 側とも実装に関する協議を開始した。3) 提案技術の広報普及活動をクラウドコミュニティに対して行うとともに、提案技術の標準化活動を OGF NSI ワーキンググループで実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウド、半導体ストレージ、並列分散計算、マップリデュース

【研究題目】複数データベースからのデータ取得のためのフレームワークの構築及びデータベースの国際連携

【研究代表者】田中 良夫 (情報技術研究部門)

【研究担当者】田中 良夫、小島 功、中村 章人、Lynden Steven、油井 誠、岩田 健司、中村 良介 (常勤職員7名)

【研究内容】

原子力規制庁では、平成25年度において、「文部科学省放射性物質の分布状況等調査データベース」も含め、福島県及び関係省庁の環境モニタリングの結果について統合的にとりまとめ、一元的に登録・管理できるように「東京電力福島第一原子力発電所事故による環境モニタリング等データベースの構築」事業を推進している。

本研究は、本事業のもと「データベースの利用促進を目的としたシステム及びツールの整備」の一環として、複数データベースからのデータ取得のためのフレームワークの構築を進めるものである。また、「東京電力福島第一原子力発電所事故による環境モニタリング等データベースの構築・運用」の一環として、データベースの国際連携を進めるものである。

本研究は平成25年度の単年度計画であり、①複数デー

タベースからのデータ取得のためのフレームワークの構築、②データベースの国際連携、について研究開発を進めた。①においては、東京電力福島第一原子力発電所事故による環境モニタリング等データベースと種々の地理空間情報データベースを、地理空間情報に関する国際標準化団体 Open Geospatial Consortium (OGC) の標準仕様に基づいて連携させ、放射性物質の分布状況の把握や今後の動態予測に重要なデータを取得するフレームワークを構築した。構築したフレームワークを活用し、各種データベースに格納されたデータを組み合わせて可視化するツールを検討し、原子力規制庁の承認の下、3種類整備した。複数データベースの連携において、取得したデータに対して任意の処理を高速に行う機能をフレームワークに組み込むとともに、データの解析手法や解析結果などのノウハウや知見を必要に応じて利用者間で共有する機能を実現した。また、ウェブ利用技術の国際標準化団体である World Wide Web Consortium (W3C) の標準仕様を用いたデータベース連携を実現し、OGC 標準規約と W3C 標準規約による複数の国際標準規約に基づくデータベース連携を実現した。②においては、異なるフォーマットを持つデータベースが互いに連携し、自動的に最新データを反映できる機能を作成した。フォーマットの違いを解釈・吸収するソフトウェアを開発することにより、異なるフォーマットを持つデータベースが互いに連携し、自動的に最新データを反映できる機能を作成した。また、OGC 標準規約と W3C 標準規約によるデータベースの国際連携利用を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】データベース、国際連携、放射性物質、環境モニタリング、地理空間情報

【研究題目】プロサポシンまたはサポシン B によるファブリー病に対する酵素増強薬の開発

【研究代表者】千葉 靖典 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】千葉 靖典、狩谷 絢香 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

遺伝性難病である幾つかのリソソーム病に対して、疾患責任酵素を遺伝子工学で産生し、その組み換え酵素を血管内に投与する酵素補充療法が導入された。しかし、酵素製剤の血中での不安定性、ターゲット臓器への取り込みの低さ、繰り返し投与によるアレルギー性有害副反応の発生や治療効果の減弱などが大きな問題となっている。

本プロジェクトでは、明治薬科大学の櫻庭均教授を代表研究者とし、分子設計により、従来の治療薬酵素よりも安定で、細胞内取り込みに優れ、アレルギー反応を起こし難い新規リソソーム病治療用酵素を開発する目的で研究を行なっている。

研究担当者らは分担課題において、リソソーム病の中

で最も発生頻度が高いファブリー病に対して、その疾患責任酵素である α -ガラクトシダーゼ (GLA) の活性化因子であるプロサポシンを CHO 細胞または酵母細胞において大量発現し、精製法を確立することを目的としている。今年度はサポシン B 遺伝子を導入した酵母細胞の培養液から計4mg のサポシン B を精製し、共同研究先に供与した。ファブリー病モデルマウスにサポシン B と改変型 NAGA を尾静脈から共投与した場合、改変型 NAGA 単独投与に比べて、肝臓、心臓、腎臓に蓄積した Gb3 の分解が促進されることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ファブリー病、プロサポシン、酵素補充療法

【研究題目】 拡散接合法による SiC 素子用高信頼性冷却（放熱）基板の開発

【研究代表者】 山口 浩（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 山口 浩、佐藤 弘、仲川 博（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

SiC パワー半導体素子が持つ優れた耐熱性能の活用は、ハイブリッドカー等への適用が期待されている。しかし、SiC パワー素子の耐熱性能の活用には、素子周辺で用いられる部品類も高温実装に対応する必要があり、耐高温性能の向上が求められている。その中でも、高温実装に対応したセラミック基板は、配線金属とセラミックの複合体であるため、耐高温性と信頼性を両立させる技術開発の重要性が増している。本検討では、窒化ケイ素 (SiN) セラミックと銅回路の接合体である Direct Bonded Copper 基板 (DBC 基板) を高温実装に適用した際におけるセラミックと銅回路の接合信頼性の解析・評価を実施している。具体的には、外部機関で開発された DBC 基板に対して、温度サイクル試験 (-40℃～+250℃の耐久性試験) や変形観測等による評価を実施し、当該基板における接合技術の得失を総合的に評価することで、開発技術の高信頼化や接合形成プロセスの改良などに寄与している。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 SiC、パワー半導体、高温実装、セラミック基板

【研究題目】 産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発

【研究代表者】 小谷内 範穂（知能システム研究部門）

【研究担当者】 小谷内 範穂（常勤職員1名）

【研究内容】

道路工事の自動化・情報化や屋外作業ロボットに必要な高精度位置検出センサは現在2周波 RTK-GPS 装置が用いられているが、高価格が普及の妨げになってい

る。そこで「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発」では1周波 RTK-GPS 装置、モーションセンサ、工事情報サーバーなどを使った低価格普及型センサシステムを開発することを目標としている。

産総研では、これまでの2周波 RTK-GPS の情報処理と屋外建設機械の自律化の研究の実績を活かして、「モーションセンサによる1周波 RTK-GPS 情報の補間アルゴリズムの開発」および「移動局モーションセンサの開発」の一部を担当している。

平成25年度は、平成23および24年度に開発した2周波 RTK-GPS 情報と IMU（慣性航法センサユニット）情報の補間アルゴリズムのプログラム改良を行った。過去2年間で開発した補間アルゴリズムは産業技術総合研究所つくば研究センター北サイトにある屋外実験場に設置した基準局の位置に基づいて、すべて関東地方が含まれる国土地理院平面直角座標系第 IX 系に変換することを前提にプログラムを組んできた。最終年度では、国土地理院が規定する I～XIX のどこでも使用できるように、座標系に関係する部分を構造化して、プログラムから独立したデータファイルから自由に変更できる構造に大改造を行った。これにより、基準局の設定もプログラムから独立したデータファイルから指定できるようにした。また、建設機械特有の衝撃的振動によるセンサへのスパイクノイズを除去するフィルターアルゴリズムを新たに追加し、良好な処理結果を確認した。これらの変更を3次元グラフィクスで確認できるシステムも開発した。

移動局モーションセンサの開発に関しては、補間アルゴリズム実行に必要なセンサに関して情報交換を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 情報化施工、屋外作業ロボット、GPS、姿勢センサ

【研究題目】 チタンアルミ合金切削加工技術の確立による境対応型先進 UAV 用ターボジェットジェネレーターの開発

【研究代表者】 岩田 拓也（知能システム研究部門）

【研究担当者】 岩田 拓也（常勤職員1名）

【研究内容】

平成25年度は、チタンアルミ合金の高精度高速切削加工技術の確立による「チタンアルミ合金製タービン」の開発や、製造したタービンを用いてコストダウンと高効率化を実現する「ターボジェットジェネレーター」の開発のために、チタンアルミ合金材料の切削加工条件を把握し、切削加工の際に利用するエンドミルの試作・評価を実施した。

また、高効率で軽量のチタンアルミ合金製タービンを設計するため、最適な形状や、その形状を実現する切削条件・工具・ツールパスを検討した。さらに、ターボジ

ェットジェネレーターの完成に向け、3次元 CAD による設計及び補機類等の部品製作、試作機の組立、接合試験等を実施した。

具体的には、チタンアルミ合金の高精度高速切削加工技術の開発において、チタンアルミ合金の材料特性を把握し、より厚い刃を有する切削工具の必要性を解明し、及び最適な刃数の特定し、主軸回転速度の高速化による工具の長寿命化を確認し、良好な加工結果を得た。チタンアルミ合金製タービンの試作の際、旋盤加工では、回転数、切込み量などの最適化により、ムシレが少なくチップのカケも無い条件を見つけることができ、マシニング加工についても、加工条件（回転数、送り速度、切込み量）の最適化により、ワレ、ヒビなど無く良好な状態で加工することができた。ターボジェットジェネレーターの開発では、オルタネーター（発電機）に模型飛行機用タービン及び減速機を連結させて実験を行い、125Vの発電に成功し、200W 程度の家電製品を難なく使用することができた。また、エンジン内部の燃焼状態を把握するため、燃焼の可視化技術を構築することができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無人航空機、飛行ロボット、ロボット用小型ジェットエンジン

【研究題目】隊列走行 HMI 技術に関する受容性調査

【研究代表者】加藤 晋（知能システム研究部門）

【研究担当者】加藤 晋、橋本 尚久
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

運輸部門のエネルギー・環境対策として、省エネルギー効果の高い ITS (Intelligent Transport Systems) 技術による「渋滞半減を目指すクルマネットワーク化社会システム」および「物流効率倍増を目指す自動制御輸送システム」の実現が期待されている。これに対し、昨年まで NEDO のエネルギー ITS 推進事業において、高度なエコドライブを可能とする自動運転と、空気抵抗を低減するために複数の貨物車両が接近して走行する隊列走行の技術開発を行い、車間距離4m、車速80km/h の大型トラック4台での隊列走行システムを実現した。今回のグリーン自動車技術調査研究事業（隊列走行技術に関する受容性調査）では、この隊列走行システムの社会導入に向けた受容性を調査し、社会実装への課題抽出を行うことなどを目的としている。この事業の中で産業技術総合研究所は、エネルギー ITS 推進事業での研究開発実績から、隊列走行システムにおける人と車両との接点であるヒューマンマシンインターフェース（以後、HMI）部分に対する受容性調査を担当した。HMI 部分は、手動と自動の制御の受け渡しとなる部分であり、また、機器の状態や周辺状態、さらには故障や不具合を知る重要な部分といえる。今回、隊列走行の HMI 技術に関しての受容性調査として、特に、情報や状態の認識の部分に

絞って、理解性や情報そのものの必要性などを知るためのアンケート調査を行うものとした。このような情報や状態の認識の部分の受容性は、個人差があるため評価は難しいが、主観的な評価を行うことで、ある程度の一般化と示唆を行うものとした。具体的には、大型トラックを用いた隊列走行システムにおけるドライバーへの情報提供などを行う HMI 装置について、アンケート調査を実施し、その整理と課題の抽出を行い、調査報告書にまとめた。なお、アンケート調査は、ITS 世界会議2013東京における試乗デモの参加者を主な対象とし、海外等の自動車関連の技術者などの意見の集約を試みている。そのため、車内の画面表示や音声、車外の電光表示に対する英語化の改修作業なども行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】自動運転、隊列走行、受容性、HMI
（ヒューマンマシンインターフェース）、
安全性・信頼性

【研究題目】人の能力を超える緊急事態対応ロボットに関する国際共同研究

【研究代表者】比留川 博久（知能システム研究部門）

【研究担当者】比留川 博久、横井 一仁、原田 研介、
吉田 英一、阪野 貴彦、山野辺 夏樹、
佐川 立昌、花井 亮、
Ixcel Ramirez-Alpizar
（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

本研究では、極限環境において人を超越する踏破性能や運動性能、作業精度を発揮する緊急事態対応人間型ロボット基盤技術の研究開発を、若手研究者の海外派遣による共同研究を通して推進する。

平成25年度は、海外研究者を含めた議論を通じ、現実的に即した緊急事態対応シナリオを検討しつつ、派遣先の協力を通じて重要な基盤技術として、極限環境に適用可能な移動技術、環境計測技術、知識表現技術を中心とした基盤技術の構築を目指す。また、統合的シナリオ実証に向けて、ソフトウェアと中心に成果を共有するための共通研究開発環境、遠隔操作インタフェースについても研究者間の合意を得ることを目標として設定した。

平成25年度の成果は以下の通りである。10月～12月にかけて事前のメール等での協議を行い、その後1～3月にかけて、若手研究者と担当研究者が連携先の海外研究機関を短期で訪問し、緊急事態対応シナリオを検討しつつ、ロボットが実際に必要な作業や動作を実行する際に必要となる基盤技術に関する共同研究内容の設定を進めた。3月より、1名の若手研究者の長期派遣（スイス連邦工科大学チューリッヒ校、ETHZ）を開始した。また、3月上旬にはフランス・モンペリエの LIRMM にて、連携先海外研究機関の担当研究者の参加も得てキックオフミーティングを行い、本プログラムの趣旨を改めて理解い

ただくとともに、今後の共同研究の方向性について、若手研究者に積極的に連携先研究機関の研究に関与させることで一致した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】知能ロボティクス、緊急事態対応、環境計測、作業計画、高信頼システム

【研究題目】キャビテーション清掃車への運転操作支援システム導入に関する研究

【研究代表者】加藤 晋（知能システム研究部門）

【研究担当者】加藤 晋、橋本 尚久
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

昨年度まで行われた NEDO エネルギーITS 推進事業（自動運転・隊列走行技術の研究開発）の研究成果を高速道路維持管理用車両（キャビテーション清掃車：トンネル照明灯具清掃車）に活用し、運転操作支援システムとして導入することを目指した研究開発を行った。これまで、トンネル照明灯具清掃車の運用は、40km/h 以下などの速度規制や車線規制等による交通流への悪影響が指摘されていた。これに対し、自動運転走行技術を活用し、車体前後に設置されたカメラが道路の白線を認識し、白線に沿って走るよう車両が自動でハンドル操作の補助を行う運転操作支援システムを開発した。産業技術総合研究所は、このシステムのうち、ドライバへの適切な情報提示や操作を実現するヒューマンマシンインターフェース（HMI）に関する研究開発を担当した。開発されたトンネル照明灯具清掃車は、既に試験用自動車として国土交通大臣の認定を受け、2013年12月から実際の高速道路上で試験走行し、走行データの収集・評価検証を行うこととなっている。運転操作支援システム搭載の維持管理車両は、日本で初めてである。この技術導入により、時速80km で走行しながら、安全で正確な照明設備の清掃が可能となり、交通規制時間の短縮が期待されている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】自動運転、運転操作支援システム、HMI（ヒューマンマシンインターフェース）、高速道路維持管理用車両、トンネル照明灯具清掃車、実導入

【研究題目】マイクロレンズアレイを用いた高精度視覚マーカによる測位技術の研究

【研究代表者】田中 秀幸（知能システム研究部門）

【研究担当者】田中 秀幸、角 保志、松本 吉央
（常勤職員3名）

【研究内容】

我々はマイクロレンズアレイを用いた新しい原理による視覚マーカ（AR マーカ）を開発し、従来の AR マーカでは不可能なレベルでの高精度な姿勢推定を実現した。本研究ではこの高精度視覚マーカを用いて生活支援ロボ

ットの自己位置推定や位置合わせを自動で行うシステムを構築する。その中で、本マーカの実用化に向けた課題の抽出および本マーカを活用した測位技術の確立を目指す。本研究の成果は主に下記2点である。(1) 姿勢の曖昧性（Pose ambiguity）の問題を解決する視覚マーカの開発。従来の平面型マーカでは解決困難だった「姿勢の曖昧性」の問題に対し、マーカの近くに設置した小突起を活用する手法、および既存のモアレパターンとは異なる特性をもったモアレパターンをマーカに追加する手法、の2つの手法を開発した。それぞれ新しいマーカを試作し、位置姿勢計測実験により姿勢の曖昧性の問題を解決できることを実証した。(2) モアレパターンを活用した移動ロボット用の高精度視覚マーカの開発。移動ロボットでは移動環境を2次元平面と仮定できることも多いため、姿勢については方位角方向のみ推定できればよい。このようなコンセプトで、1軸周りの角度に特化したマーカを開発した。このマーカはこれまで我々が開発した高精度マーカよりも製造が容易である。また、形状が細長いためマーカを貼付する場所の制約がより少ない。本マーカを用いて自律電動車椅子による狭隘スペースの通過タスクを実現し、その有用性を実証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】視覚マーカ、AR マーカ、測位、ロボット

【研究題目】ワイヤ投擲型プローブシステムの研究

【研究代表者】有隅 仁（知能システム研究部門）

【研究担当者】有隅 仁、大槻 真嗣、星野 健
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

月・惑星など極限環境下における地表面探査活動に用いられる無人機は車輪・クローラ型のローバーが主流である。一方、ローバーは地形・地質の影響を受けやすく、急斜面や砂地などで転倒やスタックを起こすため、月面を例に挙げると縦孔底やレゴリス丘などの未到達領域が多く存在する。そこで、我々は到達領域拡大のためにエンドエフェクタ（小型探査機を収納するカプセル）を投擲により移動させる方法を提案している。本研究の目的は、カプセルを目標点へ高速／高精度、かつ損傷なく搬送するための制御法・機構を明らかにすることである。

本年度では、ランチャー機構を用いて投擲したカプセルの着地時の衝撃を緩和する問題を取り上げた。まず、カプセルと共にカプセルとワイヤで繋がる補助錘を投擲し、ロボット本体でのワイヤ拘束及び錘によるワイヤ張力によってカプセルを双方向から同時に引っ張り合せて飛行中のカプセルを大幅に減速させる方法を提案した。また、その動作生成システムならびにワイヤ引っ張り時の衝撃力とカプセルの運動エネルギーを低減させるパネ・スライダ・拘束機構を開発した。さらに、実機を用いて多方向張力によるカプセル軌道制御の実験的検証を

行い、着地時の衝撃加速度を97.8%低減させる軟着地を実現した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 マニピュレーション、動力学、ワイヤ張力制御、衝撃緩和

〔研究題目〕 宇宙精細作業ロボットにおける高精度視覚マーカを用いた視覚認識システムの研究

〔研究代表者〕 田中 秀幸（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 田中 秀幸、角 保志、松本 吉央
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、我々が開発した高精度視覚マーカを宇宙航空研究開発機構（JAXA）が開発中の宇宙精細作業ロボットアームの自律作業に応用することを目標とし、宇宙環境対応型マーカの開発や検証実験を行った。本研究の成果は主に下記の2点である。(1) 宇宙軌道上環境への耐性のあるマーカの開発。宇宙精細ロボットアームは国際宇宙ステーション（ISS）での使用を想定しているが、ISS が周回する軌道上環境は、とくに強い紫外線（UV）と原子状酸素（AO）の影響によって素材の浸食・劣化や変性が発生し、マーカが本来の性能を発揮できなくなる可能性が高い。本研究では、まず現状のマーカを宇宙環境を模擬した強度の UV と AO に曝露する実験を行い、とくに AO によってレンズ表面がすぐに白濁し、使用不可能となることを明らかにした。これを防ぐ対策を検討し、マーカ全体をアルミニウムと透明ポリカーボネートでできたケースで覆い、その上から耐 UV、耐 AO のコーティング剤を塗布した宇宙環境対応型マーカを開発した。実験の結果、このマーカであれば UV と AO の影響でマーカの視認性や計測性能の劣化を防ぐことを実証した。(2) 認識性能向上と ID 認識を可能にするカラーマーカの開発。現状の高精度マーカ（ArrayMark）は単純な白黒パターンであり、速い周期で大きく変動する照明環境や、複雑な背景パターンの影響でマーカを誤検知する可能性がある。また、ID 認識機能が搭載されていないため、複数のマーカを用いた軌道上作業には適していない。そこで、画像処理によって識別しやすい色の組み合わせを抽出し、それら複数の色を用いたマーカを開発した。計測実験により、マーカとしての基本的な機能が実現できることを確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 視覚マーカ、AR マーカ、宇宙ロボット、国際宇宙ステーション、自律作業

〔研究題目〕 金属鉱床タイプ別 SIP 法電気探査法の実用化に関する研究

〔研究担当者〕 高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

〔研究内容〕

1. 研究の目的

IP 法は塊状硫化物鉱床や酸化鉄卓越型 Cu-Au 鉱床（IOCG）の探査で強力な探査ツールである。しかし、IP 異常域を狙った試錐で、銅をわずかにしか含まない黄鉄鉱帯や磁鉄鉱帯が補足されることがままあり、従来の IP 法よりも正確に鉱床タイプを特定できる手法の開発が求められている。SIP 法はその可能性を持つが、我が国では1970～1980年代に研究開発が行われたものの、当時の測定精度の低さ、データを解釈するための経験や知識の不足から、鉱床タイプを推測し、新規発見に至った事例はない。

近年のエレクトロニクス技術の発展により、最近では SIP 法電気探査の測定精度が著しく向上している。また、2010年から2012年に日本鉱業協会探査委員会が実施した研究など、岩石や鉱物の SIP を測定する例も増え、少しずつではあるが岩石の SIP データの蓄積も進んでいる。したがって、実際に SIP 法電気探査で取得されたデータから鉱床タイプを推測できるような研究環境が整いつつある。

そこで本研究では、代表的ないくつかの金属鉱物あるいは鉱石およびその母岩ごとに SIP データを取得し、その周波数特性を把握し、実際に SIP 法電気探査によって鉱床タイプを評価する技術を開発する。また、実際の現場において SIP 法電気探査を実施する際に問題となる電磁カップリングや電磁ノイズへの対策法を検討し、SIP 法電気探査の実用性の向上を図る。

2. 研究の内容

本研究は、1) 金属鉱物ごとの SIP データの測定と周波数特性の検討、2) SIP 法電気探査の精度向上のための実証実験の二つのサブテーマからなる。平成25年度から27年度までの3年間で実施される予定であり、初年度である平成25年度の研究テーマの概要は以下の通りである。

1) 金属鉱物ごとの SIP データの測定と周波数特性の検討

金属鉱物として、日本国内にあるいくつかの精錬所から、銅・鉛・亜鉛の精鉱を提供して頂いた。精鉱は7種類で、おの内訳は銅精鉱が2種類、鉛精鉱が1種類、亜鉛精鉱が3種類、バルク（混合物）が1種類である。これまでの黄鉄鉱や磁鉄鉱の金属鉱物粒子の SIP 計測では、直径1mm 程度のガラスビーズと混合させた人工試料を作成していたが、入手した精鉱は非常に細かいため、直径1mm のガラスビーズでは、重量の大きい精鉱が沈殿して均一に混合できない。そこで、今回は直径0.1mm のガラスビーズを用いることにした。測定の準備として、ガラスビーズと精鉱を超純水（18MΩ cm 以上）で洗浄した。そして、ガラスビーズ300g に対して1%、3%、5%、10%、15%、20%の重量の精鉱を混ぜ、間隙を

濃度が0.01mol/lのKCl水溶液で満たした人工試料を作成した。

人工試料のSIP測定では、長さ120mm、幅40mm、高さ40mmの亚克力製のサンプルホルダーを使用した。電流電極はホルダーの両端に付けたステンレス板であり、電位電極は銀-塩化銀電極である。今回の測定では、銀-塩化銀電極の間隔は40mmと固定した。複素比抵抗の測定には英国ソーラトロン社のインピーダンスアナライザ1260とガルバノ/ポテンショスタット1287を使用した。測定は1MHzから始め、0.01Hzまで行った。測定周波数間隔は1桁の周波数範囲を対数上で5等分なるように選んだ。

同じ試料で何度か計測を繰り返したが、ガラスビーズと精鉱を丁寧に混合させることで、再現性の高いデータが得られた。そのため、上記の計測で問題はないと考えられる。計測の結果、銅精鉱を混合させたサンプルでは、1kHz以上の周波数帯で、含有量が増えるにつれて高周波側で比抵抗が下がり、位相の異常が大きくなる現象が観察された。しかし、鉛精鉱や亜鉛精鉱を混合させたサンプルでは、比抵抗および位相にはほとんど周波数依存性が見られなかった。したがって、SIP法によって、銅鉱物の識別は可能であるが、鉛や亜鉛の識別は困難であると考えられる。

2) SIP法電気探査の精度向上のための実証実験

今年度は、IP法の文献調査を行った。金属鉱業事業団が1980年前後に実施したSIP法の報告書や学術誌に掲載された論文を検討し、過去の測定の問題点について整理した。その結果、これまでの測定装置の精度が悪く、また測定効率が低いので、限られた周波数の測定しか行われないこと、高周波数のデータ悪いことが多く、実用のSIP法探査への適用のためには、いくつかの技術開発が必要であることが再確認できた。

また、日鉄鉱業株式会社が埼玉県内のフィールドで実験した内容を吟味し、ケーブルの張り方の影響や電極の影響、取得データの表示や解析方法などについて検討した。

今後、これらの結果を再検討して、次年度以降のフィールド実験の計画を作成する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】調査技術、SIP法、鉱床タイプ、金属鉱物、複素比抵抗

【研究題目】地域資源を活用した再生可能エネルギーの生産・利用のためのプロジェクト 施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発

【研究代表者】内田 洋平（再生可能エネルギー研究セ

ンター）

【研究担当者】内田 洋平、吉岡 真弓、シュレスタ・ガウラブ（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

施設園芸における効率的熱利用技術のうち、熱エネルギーを施設園芸に効率的に提供できる技術を開発する。具体的には、地中熱を熱源として、ヒートポンプにより園芸施設の暖冷房が行なえる方法を開発する。低コスト化を図るため浅層地中を対象として、ループ方式、シート方式等の熱交換器を埋設し、寒冷地である北海道と温暖地である関東で、それぞれの採熱性能を解明する。また、地中熱を熱源として園芸施設のヒートポンプによる暖房運転および冷房運転を実施し、寒冷地および温暖地園芸施設での熱供給性能を明らかにする。これにより、従来の一般的な重油暖房機による暖房と比べたランニングコスト評価を行う。また、掘削深や熱交換方式と初期コストの関係を明らかにし、低コストで実用的な地中熱の園芸施設への提供方法を提示する。

平成25年度は、農研機構野茶研の敷地内にて土壌試料をサンプリングし、ボーリングコア試料観察から得られた調査対象地の地質層序を整理した。また、深度別の熱伝導率を計測し、熱伝導率及び熱容量を明らかにした。土質によって熱伝導率及び熱容量に違いがみられ、粘性土では熱伝導率が小さく（0.763～1.063W/m・K）、熱容量が大きい（3.253～3.896J/K）。その一方で砂質土では熱伝導率が大きく（1.345～1.630W/m・K）、熱容量が小さい（1.936～2.940J/K）傾向がみられた。その他、含水率や飽和透水係数等、土壌調査結果を整理した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】地中熱、農業利用、ループ式、シート方式、ヒートポンプ

【研究題目】新規取得試料の微生物学的分析

【研究代表者】坂田 将（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】吉岡 秀佳、片山 泰樹、坂田 将、棚橋 学（常勤職員4名）

【研究内容】

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）の研究の一部として、東部南海トラフ海底堆積物中の微生物のメタン生成・酸化活性と群集構造を調べることで、微生物のメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、東部南海トラフにおける海洋産出試験事前掘削において採取されたMH濃集帯コア堆積物試料について、アーキア群集構造解析を行った。その結果、メタン生成菌に帰属する配列の中では、水素資化性に帰属する配列が優占し、炭酸還元経路が主要であった¹⁴C-トレーサーを用いた培養実験結果と調和的であった。また、堆積物コア試料中のハイドレートの有無によって微生物群集構造が有意に異なることが明らかとなり、過去のハ

イドレート分解による水質の変化が微生物叢に影響したと考えられた。

[分野名] 地質

[キーワード] 海洋ガスハイドレート、微生物、メタン生成菌、メタン生成活性、遺伝子解析

[研究題目] Exp. 337下北沖深部掘削試料の全元素、物理特性、微生物集積の多次元マッピング

[研究代表者] 森田 澄人 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 森田 澄人 (常勤職員1名)

[研究内容]

下北半島沖の三陸沖堆積盆で実施された IODP Expedition 337に物性測定担当として乗船し、乗船後受託研究として1) コア・カッティングス物性解析および2) 有機堆積物分析を行った。

1) コア・カッティングス物性解析

Exp. 337ではライザーシステムによる掘削が適用された。そのため、スポットコアリングでコアが採取できない区間については、カッティングスを利用した物性測定による地層評価が重要である。船上における堆積物の MAD (Moisture and Density) 分析では、通常の堆積物コアから切り出した試料測定に加え、カッティングスを用いた測定を実施した。カッティングスについては篩い分けをした上で、粒径に応じて4種に分類して測定した。結果として、同じ掘削区間のカッティングス試料はコアから取った試料に比して間隙率が明らかに高く、粒径の小さいものほどより間隙率が高くなる傾向が伺えた。これは粒径の小さい粒子体ほど粒子間に保持される振り子リング水が多くなり、見掛け間隙率を高くする効果を持つためと考えられる。

そこで本研究では、間隙率がほぼ無視できる人工的な球形粒子群として、ガラスビーズおよび生産過程の剛球 (ベアリングボール) を用い、船上と同じ要領で MAD 分析を実施して、見掛け間隙率の変化を評価した。その結果、ガラスビーズおよび剛球ともに、見掛け間隙率は船上結果と同様に粒径が小さい試料ほど高くなる結果が得られた。ただし、船上で測定したコア試料とカッティングスとの差に比べ若干高めの値を示している。特に異なる粒径粒子で構成した混合試料で、全体のトレンドより高い値を示した。見掛け間隙率の測定値変化には、他にも粒子形状、粒径の淘汰度、粒子の濡れ性、粒子種などによる影響が予想されるが、本研究により粒径の変化による効果が非常に大きく、おおよそ船上結果に照らし合わせられることが分かった。

2) 有機堆積物分析

Exp. 337が実施された三陸沖堆積盆は、基礎試錐の産出試験成功や、浅い SMI (硫酸塩-メタン境界) が示されるなど、広く油ガスのポテンシャルが示

されている。Exp. 337では中新統以深の石炭層をコアリングして有機堆積物の熟成が期待されるが、ちきゅう船上で実施されたビトリナイト反射率測定では低い熟成度が示されていた。本研究は、ロックエバル熱分解法を適用することで堆積物中の有機堆積物の熟成度を明らかにし、さらに TOC (総有機炭素量) 測定により堆積物が持つ炭化水素生成ポテンシャルを評価した。

結果として、ロックエバル熱分解法は坑井全体を通して低い熟成度結果を示した。これは船上のビトリナイト反射率測定をサポートするものである。Tmax が最高で431°C (前期中新統-漸進統) であり、全てが未熟性と評価できる。すべての試料が TypeIIIに分類されることから、試料に含まれる有機堆積物は陸上植物起源のガス生成型が主体と評価できる。

[分野名] 地質

[キーワード] IODP、Exp. 337、三陸沖堆積盆、物性測定、MAD 分析、見掛け間隙率、カッティングス、有機堆積物、熟成度、ロックエバル

[研究題目] 海底地すべりメカニズム解明のための三陸沖科学掘削に向けた海域データ整備

[研究代表者] 森田 澄人 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 森田 澄人、鈴木 祐一郎、後藤 秀作、中嶋 健、吉岡 秀佳、中村 祐貴 (地圏資源環境研究部門)、宮田 雄一郎、川村 喜一郎 (山口大学)、氏家 恒太郎 (筑波大学)、山田 泰広 (京都大学)、金松 敏也 (海洋研究開発機構)、芦 寿一郎 (東京大学)、Michael Strasser (スイス連邦工科大学)、Jan Sverre Laberg (トロムソ大学) (常勤職員5名、他9名)

[研究内容]

本研究は、海底地すべりメカニズムの解明を目指し、将来の IODP 科学掘削を見据えた基盤整備として実施するものであり、調査海域の情報収集と科学掘削サイトの選定、コミュニティ形成などを目的として実施した。研究対象は、下北半島沖の三陸沖堆積盆を中心とした海域であり、本年度研究の主な項目は、1) 既存地震探査データの解析、2) 堆積盆評価、3) シンポジウムの開催、4) 陸上地質巡検の実施、および5) 国際学会参加および成果公表で構成される。

1) 既存地震探査データの解析

基礎物理探査「三陸沖3D」を中心に、下北半島沖三陸沖堆積盆を中心とした既存の3D および2D の震探データを用いた。海底地すべり層の認定、分布と規模、内部構造などの地質構造解析や、アトリビュート解析による地すべり層評価を行った。また、これらの

結果を受けて科学掘削サイト候補地の選定作業を進めた。今年度は坑井内観測を目的に浅層部における海底地すべり層の分布解明も試みたが、既存2D データでは解像度が低く不鮮明のため、地すべり層の詳細な解析は困難であった。

2) 堆積盆評価

2012年に下北半島沖で実施された IODP Exp. 337の坑井およびコア・データとビトリナイト反射率測定の結果に基づき、ベースン・モデリングによる堆積盆の炭化水素ポテンシャル評価を行った。しかし一貫した低いビトリナイト反射率のため、信頼あるモデリング結果を得るに至らなかった。褐炭が採取されているものの、掘り止め深度（海底下2450m：後期漸進統）においても、ビトリナイト反射率およびロックエバル熱分解法ではほとんど熟成が進行していない。

3) シンポジウムの開催

日本堆積学会山口大会において、シンポジウム「海底地すべり：その発生する環境と今後の課題」を開催した。のべ16名による9講演があり、総合討論では、すべり面、地すべり体、時空間分布、地震との関係など、各講演の焦点や議論の内容について意見を交わし、問題点を洗い出すと同時に、将来の科学掘削の重要性を確認した。

4) 陸上地質巡検の実施

宮崎県の日南層群を訪ね、下北半島沖の海底地すべり層に類似した流体循環や地層変形を観察する巡検を実施した。2泊3日で、12の大学および研究機関から計22名の参加があった。海底地すべりや脱水構造に関わる地層変形やすべり面形成、また流体移動について議論を深め、海底地盤の不安定化要因と海底地すべりメカニズムのより良い理解を進めるとともに、全体イメージの共有を図った。また、相互の情報交換とコミュニティの拡大につながる機会にできた。

5) 国際学会参加および成果公表

本受託研究に関連して論文を1編公表した。また、国際学会および国際会議での発表を4件、国内での学会発表を7件（一部は申請のみで発表は H26年度）を行った。

【分野名】地質

【キーワード】海底地すべり、三陸沖堆積盆、三次元地震探査、IODP 科学掘削

【研究題目】低結晶質粘土鉱物・非晶質物質におけるCs吸着特性脱着挙動の検討

【研究代表者】鈴木 正哉（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】鈴木 正哉（常勤職員1名）

【研究内容】

福島原発事故による除染作業が進められているが、今後の課題として剥ぎ取った土壤等の減容化が大きな問題となっている。本研究では、表層土壌におけるアモルフ

ァス系吸着剤（アロフェン・イモゴライトなど）のCs吸脱着機構についての検討を行い、その吸脱着機構を基に減容化の開発に向けた検討を行うことを目的としている。本研究の実施に当たっては、原子力開発研究機構と物質材料研究機構を中心とし、複数の研究機関による連携体制をとっている。

今年度は、福島県浪江町の花崗岩の風化土壌と天然品および合成品の低結晶質粘土鉱物・非晶質物質を用いて、塩化セシウムを用いた吸着試験および、吸着後に純水を用いた脱離試験を行った。

花崗岩風化土壌を用いた吸脱着試験では、0.01ppmの塩化セシウム濃度にて83～93%の吸着率を示していたが、塩化セシウム濃度が高くなるにつれ、Cs吸着率は減少していくものの、塩化セシウム濃度が1000ppmでも、14～24%の吸着率を示しており、天然の土壌においても相当量のCsを吸着することが可能であることが明らかとなった。また各塩化セシウム濃度における分配係数は塩化セシウム濃度が高くなるにつれ、減少していく傾向が確認された。そして吸着試験後に純水を添加して行った脱離試験の結果では、ほとんどCsは脱離しないことが明らかとなった。

次に非晶質物質におけるCs吸脱着試験を行ったところ、天然アロフェンは90%程度の吸着率であったが、合成品および天然ゼオライトにおいては、いずれも98%以上の吸着率を示していた。そして純水における脱離試験においては、天然アロフェンが5%程度の脱離率を示したが、合成品および天然ゼオライトは2%以下の脱離率を示す結果となった。

以上の結果から、非晶質物質においてもCsを相当量吸着し、純水では溶け出さないほどの吸着力を有していることが明らかとなった。

【分野名】地質

【キーワード】非晶質物質、吸脱着、放射性セシウム

【研究題目】熱水性粘土鉱床における希土類資源ポテンシャルの評価

【研究代表者】実松 健造（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】実松 健造、昆 慶明（常勤職員2名）

【研究内容】

本試験研究の目的は、火成岩が熱水変質する過程での希土類（レアアース）の地球化学的挙動、及び粘土（主にカオリン）が希土類資源としてのポテンシャルを持つかどうかを調べることである。

重希土類のほとんどが中国南部のイオン吸着鉱と呼ばれる風化花崗岩から採掘されており、希土類はこの鉱石中のカオリンに吸着されて存在していると考えられる。そこで、熱水性カオリン鉱床のカオリンに十分な量の希土類が吸着していれば、副産物として回収可能であるかもしれないと考えた。

前年度に化学組成分析を行った鹿児島県入来鉱山の61

個の粘土試料について、XRD 分析を行った。カオリナイト、ディッカイト、モンモリロナイト、クストバライト、石英、アナテース、APS (aluminum phosphate sulfate) 鉱物グループ (crandallite グループや alunite グループ)、または黄鉄鉱が確認された。イオン交換性希土類濃度が低い理由として、熱水によって希土類が溶脱しただけでなく、希土類が crandallite グループの鉱物中に含まれているからと考えられる。

また、ミャンマー南部のカオリンと花崗岩・熱水花崗岩の全岩化学分析を行った。マグマ性の希土類含有鉱物が自生熱水変質作用により熱水性希土類含有鉱物に置換される過程がイオン吸着鉱物の形成に重要であることが分かった。

【分野名】地質

【キーワード】希土類 (レアアース)、イオン吸着鉱物、資源、カオリン、熱水変質、入来鉱山

【研究題目】平成25年度わが国周辺のサンゴ種の成長への水温と海洋酸性化の影響委託業務

【研究代表者】鈴木 淳 (地質情報研究部門)

【研究担当者】鈴木 淳、中島 礼、佐藤 瑞穂 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

温帯性サンゴの骨格成長速度の温度および海水のアラレ石飽和度への依存性を検討するために、長期飼育が容易と判断されたスギノキミドリイシを対象に、サンゴの成長期である夏期を想定した25℃と27℃の2段階の水温について、6段階の二酸化炭素分圧に調整された掛け流し海水による飼育実験を実施した。スギノキミドリイシは、本州南岸に分布する北限域サンゴのなかで、地球温暖化に伴う水温上昇により、顕著な分布域の北方への拡大を示す「北上種」に区分される枝状のサンゴ種である。また、産地による比較のために、同種に比定されるインドネシア産のサンゴについても同様の実験を行った。サンゴ骨格の成長速度は、水中重量法により評価した。これは、床下秤量が可能な電子天秤にサンゴ片をつらし、海水中で重量を測定する方法である。サンゴの組織や粘液、付着藻類は概ね海水と密度が等しいが、サンゴ骨格 (アラレ石) は密度が2.94と大きいため、非侵襲・非破壊的で、サンゴの成長経過を見るのに適している。骨格成長量に関する統計解析は一元配置分散分析によった。25℃では、スギノキミドリイシは、高二酸化炭素分圧 (低アラレ石飽和度) 区で成長の低下傾向がみられたが、統計的な有意性は認められなかった。ただし、この傾向は、高二酸化炭素分圧区で統計的に有意な成長の低下が認められたインドネシア産のサンゴと比較して軽微であった。27℃でも、同様の傾向が認められた。これは、主要な温帯性サンゴ種の中に、熱帯性のサンゴよりも海洋酸性化への感受性がやや低いものがあることを示唆する結果である。なお、本業務は (独) 国立環境研究所と

(公財) 海洋生物環境研究所と共同研究した。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、海洋酸性化、骨格、pH、ストレス

【研究題目】火山噴火ハザード評価手法の開発

【研究代表者】石塚 吉浩 (地質情報研究部門)

【研究担当者】山元 孝広、石塚 吉浩、古川 竜太、下司 信夫、七山 太 (常勤職員5名)

【研究内容】

火山噴火に関する外部ハザード評価手法を開発するため、火山噴火ハザード評価手法の概念を構築した。また、ナトリウム冷却高速炉の崩壊熱除去機能への影響を調べるため、平成24年度に収集した火山噴火記録を対象とした降灰シミュレーションを実施した。さらに、火山灰採取装置を導入・活用し、降下火山灰の粒度を分析した。

最先端の国際学会に参加し、火山噴煙と火山灰堆積過程を扱う研究などの情報を収集し、本研究に役立つ知見を整理した。また、火山噴火ハザード評価手法の概念として、火山灰降下履歴調査から得られた対象火山灰の分布を、降灰シミュレーションで再現計算することにより、降下火山灰をもたらした噴煙柱のパラメータ (噴煙柱高度、噴出総量、噴出物の粒度組成等) を逆解析で決める手法を構築した。平成24年度の調査により最大規模の降灰量をもたらしたと考えられる約5万年前に噴火した大山倉吉テフラを対象として、Tephra2を用いて400ケースの降灰シミュレーションを実施した。その結果、最適再現ケースを抽出して、噴煙柱高度及びマグマ噴出量を推定でき、従来知見は過小評価していることが明らかとなった。さらに火山灰採取装置を導入し、噴火中の桜島火山周辺で降下火山灰を直接採取し、延べ280の降灰量データを取得した。細粒度分析装置を用いて降下火山灰の粒度を分析し、粒径ごとに到達距離が異なる様子を把握できた。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、火山灰、ハザード評価

【研究題目】Exp.336による大西洋中央海嶺 North Pond 下の海洋リソスフェアにおける流体循環の解明

【研究代表者】針金 由美子 (地質情報研究部門)

【研究担当者】針金 由美子 (常勤職員1名)

【研究内容】

IODP Expedition 336による大西洋中央海嶺 North Pond の掘削コア試料における岩石学的・地球化学的・構造地質学的解析を行うことで、不均質な海洋リソスフェアにおける岩石の特徴と、そこでのメルト生成過程を明らかにする。さらに不均質な海洋リソスフェアに生じる熱水変成および熱水変質過程を詳細に検証し、North Pond 下の海洋リソスフェアにおける流体循環の解明を

目的として研究を行ってきた。平成25年度では平成24年度に行った微細構造の分類、鉱物組み合わせの記載および主要鉱物化学組成分析について得られた結果を解析し、データをまとめた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋リソスフェア、かんらん岩、はんれい岩、流体循環、North Pond、IODP、大西洋中央海嶺

〔研究題目〕Exp. 339地中海流出に支配されたカディス湾ドリフト堆積体の成立と時空変化の解明

〔研究代表者〕西田 尚央（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕西田 尚央（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の主な目的は、ポルトガルスペイン沖大西洋で実施された統合国際深海掘削計画（IODP）第339次航海で掘削・回収したコアの解析から、主に地中海流水起源の底層流に支配されたコンターライト堆積システムの実態について明らかにすることである。特に、泥質コンターライトの粘土ファブリックに注目し、新たな堆積相モデルの構築を目指すものである。

25年度は、前年度までにエタノールおよび t-ブチルアルコールによる置換が完了した試料について、凍結乾燥処理をしたうえで走査型電子顕微鏡を用いて微細組織を観察した。その結果、半遠洋性泥には、石灰質ナノプランクトンの卓越あるいは比較的淘汰の良いシルト粒子のランダム配列が認められた。一方、泥質コンターライトでは、淘汰の悪いシルト粒子がランダムに配列することがしばしば認められた。また一部には、板状のシルト粒子が層理面とほぼ平行に配列することが認められた。泥質コンターライトのこれらの特徴は、初生的には流れのもとで堆積し、その後生物擾乱の影響を受けたことを示すと解釈される。

また、微細組織の特徴を理解するうえで重要な情報の1つとなる粒度特性について、レーザー回折式粒度分析装置を使用して分析を行った。その結果、中位径は7.9–25.2 μm で、微細組織観察の対象である試料は主に細粒シルトで構成されることが明らかとなった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕コンターライト、粘土ファブリック、統合国際深海掘削計画（IODP）

〔研究題目〕海底の地震性堆積物を用いた地震発生間隔の研究

〔研究代表者〕池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕池原 研、荒井 晃作、佐藤 智之、天野 敦子、田村 亨、宇佐見 和子（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

東北地方太平洋沖の海域において海底堆積物を採取し、2011年東北地方太平洋沖地震による海底の変動に伴って形成された堆積層の特徴を把握し、海底堆積物コア中の斜面崩壊堆積物の認定とその堆積年代の決定から、2011年以前の地震発生履歴の検討を行うことが本研究の目的である。この目的のため、海洋研究開発機構の「なつしま」による NT13-19航海に乗船し、三陸沖海溝陸側斜面域で海底堆積物試料を採取した。海底堆積物コア中に多数の地震性と考えられるタービダイトを認定し、挟在する火山灰層の同定結果から調査海域北部の宮古沖では平均約340年、南部の仙台～福島沖では平均約160年のタービダイトの堆積間隔を得た。これらの間隔は三陸沖日本海溝沿いの地震の発生間隔を示している可能性がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底堆積物、地震性堆積物、2011年東北地方太平洋沖地震、タービダイト、日本海溝、古地震

〔研究題目〕南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト

〔研究代表者〕金田 義行（海洋研究開発機構）

〔研究担当者〕池原 研、荒井 晃作、板木 拓也、岩井 雅夫（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、南海トラフ沿いを中心に関東から琉球諸島の海域において、海底堆積物中に残された地震発生の記録から過去の巨大地震・津波の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は海洋研究開発機構の「かいよう」による KY13-12航海を実施し、四国室戸沖で海底堆積物を採取した。得られた堆積物試料の年代測定を実施し、室戸トラフ西部におけるタービダイトの堆積様式と堆積頻度の概要を明らかにした。結果として、南海地震の発生間隔にほぼ一致するタービダイトの堆積間隔が得られ、室戸トラフ堆積物が過去の地震発生履歴の解明に使える可能性を示した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底堆積物、地震、津波、タービダイト、室戸トラフ

〔研究題目〕平成25年度国際共同研究事業 多国間国際研究協力事業（DELTA: Catalyzing action towards sustainability of deltaic systems with an integrated modeling framework for risk assessment）

〔研究代表者〕齋藤 文紀（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 文紀、田中 明子、田村 亨、金井 豊、上原 克人（九州大学）、堀 和明（名古屋大学）（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

河川から運ばれた土砂によって河口域に形成されるデルタ（三角洲）は、地形的に低平であること、生物生産が高く、豊かな生物多様性を示し、多くの水路網やダイナミックに変化する海岸線によって特徴付けられる。デルタは、居住としての場に加えて多くの国々において農業や工業の中心となっており、国内総生産の多くを占めることから戦略的にも重要な地帯となっている。しかしながら現在世界の多くのデルタで地球環境の変化や人間活動の影響に応答して、デルタは自然機能が劣化し、脆弱性が増大する傾向にあり、今後更に状況が悪化することが懸念されている。本来デルタは、自然の機能によって自然災害などに対して復元力をもち応答してきたが、近年急速に増大する人間活動によって、脆弱な環境へと変化してきている。将来に向けて持続的なデルタの利活用、デルタとの共生を行うためにはどうすれば良いか。世界のデルタの脆弱性を評価し、デルタの復元力を活用したデルタの管理と意思決定を支援するツールの開発が緊急に必要とされている。本研究の目的は、以上のようなデルタにおける沿岸環境変化を背景に、個々のデルタに関して特徴的な機能や決定的な要因の更なる理解と、脆弱性を定量的に評価するための地域レベルで活用できる多様なモデリング構成を構築することにある。国際プロジェクトである本研究の中で日本チームは、メコン河デルタを主対象に、フランスチームと共同で地球科学的・自然地理学的な手法によりデルタの特性や自然機能を明らかにすること、モデル構築に必要な基礎データの確定や取得方法の確立を目的とする。平成25年度は、研究の初年度であることから既存資料の収集・文献の購入と整理を行うとともに、12月にサンフランシスコで開催された米国地球物理学連合大会に合わせて実施されたプロジェクトの全体会合に参加するとともに、同大会においてメコンデルタや黄河デルタで行ってきた研究成果を発表した。また日本においてフランスチームとベトナムチームの今後の研究計画の詳細について検討を行うとともに、ドイツやイギリスチームとも研究協議を行った。

【分野名】地質

【キーワード】持続的成長、メコンデルタ、人間活動、デルタ

【研究題目】平成25年度火山活動の可能性評価基準及び火山モニタリング評価基準整備

【研究代表者】山元 孝広（地質情報研究部門）

【研究担当者】山元 孝広、及川 輝樹、石塚 治、古川 竜太、石塚 吉浩、田村 亨、田中 明子、宮城 磯治、工藤 崇、芥藤 元治、星住 英夫、宮縁 育夫（常勤職員11名、他1名）

【研究内容】

本調査は、火山活動の可能性評価のため、火山活動とその休止期間の関係を火山の特性や地形・地質調査等の

最新の知見に基づく火山活動に起因する事象調査から、火山活動の可能性をより定量的に評価するための基準を作成すること、及び代表的なカルデラの地球物理学的・地球化学的観測データと現象を調査し、火山モニタリングを評価するための基準を作成することを目的とした以下の調査研究を実施した。

1) 山活動履歴の情報整備

噴出量-時間階段図のパターン情報整備のために、平成25年度は25の活火山やカルデラ火山について文献から過去数十万年間のマグマ噴出量の時間変化に関する情報を抽出し、階段図を作成し、DB化した。DBでは各噴火のマグマ量や噴火年代の元データも表示し、その信頼性の検討が可能なものとした。

大規模な噴火を繰り返す火山や終息傾向にある指標策定に重要な火山については、階段図の高精度化に必要な地質調査と年代測定を実施し、噴火イベント・噴出量・噴火年代を認定し直した。今年度は、日光火山群、蔵王火山、利島火山、十勝火山を対象に、地質調査や蛍光X線分析装置による全岩主要化学組成分析によるマグマ組成変化の検討、噴出物の年代測定（放射性炭素年代、K-Ar年代測定）、噴出物の物性測定のための予察的な室内実験や分析を実施した。

2) 大規模噴火の事例調査

十和田・鬼界・阿蘇カルデラをモデル事例とした大規模噴火準備過程の詳細化に着手すると共に、次年度以降の研究計画に反映できるようボーリング掘削調査のサイト適地の選定を行った。具体的にはカルデラ近傍に分布する先カルデラ期～カルデラ形成期噴出物を対象に地質調査を実施することによりそれらの層位を明らかにするとともに、マグマ組成変化の検討や噴出物の年代測定のための予察的な室内実験や分析を実施した。また、噴出物の岩石学的検討を行うことにより、大規模カルデラ噴火へと至るマグマ供給系の発達過程、特にマグマの温度・圧力環境を解明し、マグマ供給系の進化と噴火活動様式の変遷の関係について検討を行った。

【分野名】地質

【キーワード】火山活動履歴、大規模噴火、カルデラ

【研究題目】グローバルリモートセンシング利用資源解析強化事業に係る再委託（その2）

【研究代表者】山本 浩万（地質情報研究部門）

【研究担当者】山本 浩万、浦井 稔、土田 聡（常勤職員3名）

【研究内容】

本事業では、レアメタル資源の代替供給地の早急な確保・安定供給確保に資することを目的に、リモートセンシングによる全球解析のためのプラットフォームの作成、全地球を調査対象としたレアメタルの賦存が期待される地域における集中的な衛星画像の解析、グローバル・リ

モートセンシング利用資源解析に係るシステム構築及びポテンシャルのあるレアメタル資源賦存有望地域の抽出・情報提供を行うものである。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、当部門では鉱物探査に役立つグローバルな ASTER データセット開発および地質インデックスマップを担っている。本年度は最終年度であり、ASTER データセット開発においては、ASTER VNIR データを用いて、北米地域・ヨーロッパ北部およびアジア北部・グリーンランド、ニュージーランドなどの ASTER 天然色マップを作成し、昨年度までの成果と合わせて全球の ASTER グローバルデータセット（独自技術による対象物認識がしやすい天然色画像のモザイクマップ）を完成させ、Open Geospatial Consortium (OGC) が定める標準的な Web サービス (WMS) で配信できるよう加工した。地質インデックスマップとしては ASTER TIR データを用いて、石英指標 (QI)、炭酸塩鉱物指標 (CI)、苦鉄質指標 (MI) を北米について作成し、昨年度までの成果と合わせて全球の地質インデックスマップを完成した。さらに、その一部の地域について既存の地質図と比較し、鉱物探査への有効性を評価した。

【分野名】地質

【キーワード】リモートセンシング、衛星利用技術、衛星利用技術、地質インデックス、ASTER、希少金属、石英指標、炭酸塩鉱物指標、苦鉄質指標、鉱物資源データベース

【研究題目】生態系ネットワークの再生によるアサリ資源回復・生態系修復技術の開発

【研究代表者】高橋 暁（地質情報研究部門）

【研究担当者】高橋 暁（常勤職員1名）

【研究内容】

瀬戸内海において漁獲量が激減しているアサリの資源回復を目的に、その原因究明のため、アサリ生態系ネットワークの分断箇所を特定するため、広島湾と松永湾を対象海域に、浮遊幼生分布調査や流況調査の結果と、アサリ浮遊幼生の移流・拡散モデル実験結果を合わせた流動解析を行う。

今年度は、移流・拡散数値実験モデルの礎となる潮流モデルを広島湾について作成し、同湾の潮流・潮汐現象を精度良く再現することに成功した。

【分野名】地質

【キーワード】アサリ、浮遊幼生、生態系ネットワーク、移流・拡散モデル実験

【研究題目】色層序学：色の定量的評価（分光測色）にもとづく泥岩の対比

Colour stratigraphy:

Mudstone classification based on

spectrophotometry

【研究代表者】辻野 匠（地質情報研究部門）

【研究担当者】辻野 匠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では色層序学を構築するにあたって重要な、泥岩の再現性のよい測色方法の開発のために新潟地域及び房総半島で野外調査と現場における分光測色を実施した。

新潟県胎内地域の中新統（七谷階）の珪藻質泥岩相について経時的色変化を測定した。常温（23～28℃）のもとで22時間37分継続したところ、 a^* と b^* はそれぞれ0.5と11程度で上下し系統的な変化を示さない。一方で、 L^* は上下しつつも45から49までゆるやかに上昇した（明るくなる）。第三紀泥岩においては明度はともかくとして1日程度では色彩・彩度は変化しないことがわかった。しかし、いずれの指数も測定によるばらつきが大きく（最大の ΔL は4、 Δa は1、 Δb は2）、安定した測定方法の開発が求められる。ただし、この値は人間が区別できる限界としての色差である0.2よりも大であるが、実際は2程度の色差でも区別が困難であることが菌など彩度の低い物体色の認知に関する研究でわかっており、肉眼の弁別能力にほぼ匹敵する測定結果とも言える。また、新潟地域・房総地域のいくつかの岩石で同一部位を繰り返し測色したところ、 L^* は同一部位であっても変動が大きく、 a^* 、 b^* はあまり変動しないことがわかった。これから明るさは測定誤差が大きくなりやすい指数といえる。一般には L^* は含水率の影響を受けやすいことを加味すると L^* の測定・評価は慎重にする必要がある。

【分野名】地質

【キーワード】第三紀泥岩、分光測色、色層序学

【研究題目】製鋼スラグと浚渫土により造成した干潟・藻場生態系内の物質フローと生態系の評価

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之、谷本 照巳、高橋 暁、村尾 厚子（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

干潟・藻場（アマモ場）造成土壌を、自然砂から製鋼スラグと浚渫土との混合土壌で代替した場合の生態系の特徴及び優位性を明らかにするため、2012年11月に開始したアマモ生育実験を継続した。製鋼スラグには脱リンスラグ、対照材としてケイ砂を使用し、水島港内で採取した浚渫土を混合材とした。スラグと浚渫土およびケイ砂と浚渫土の混合比は、浚渫土乾燥重量比で92:8、85:15、70:30、25:75で、浚渫土単独土壌も設置した。実験土壌を内寸90×110cm、深さ67cmの角形水槽にそれぞれ厚さ18cmで敷き詰め、葉長40cmに切り揃えたアマモを各水槽に80本移植し、天然海水を掛け流した。実験水槽におけるアマモの株数と葉長、間隙水のpH、

栄養塩濃度等を1年間モニタリングした。また、実験開始約1年後にあたる2013年10月に実験土壌を直径11cmの筒で深さ10cmまで採取し、底生生物の分析を行った。

葉長は、ケイ砂92%とスラグ70%以上の混合土壌でアマモ繁茂期にあたる2013年6月において70~100cmと僅かな増加であった。一方、スラグ25%とケイ砂85%以下の混合土壌および浚渫土単独土壌のアマモは更に成長を続け、特にスラグ25%土壌では6月に葉長約160cmまで成長した。アマモ株数はケイ砂92%とスラグ85%以上の土壌では最大約120本であった。一方、ケイ砂70%と25%、スラグ25%土壌および浚渫土単独土壌では2013年5月に170~190本まで増加した。実験開始時に浚渫土混合比の高い土壌で高かった間隙水中の溶存態無機窒素濃度(深さ6cmで最高約800 μ M)は、2013年6月には全ての土壌で急激に減少し(深さ6cmで最高約100 μ M)、アマモの生育に取り込まれたと推察された。底生生物の種類数・個体数は、スラグ混合土壌とケイ砂混合土壌との間でほぼ同程度であった。

今回の実験で脱リンスラグが人工アマモ場土壌として適用可能と推察された。

【分野名】地質

【キーワード】製鋼スラグ、アマモ場、浚渫土、産業副産物、物質循環

【研究題目】マイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器を用いた透水係数変化の計測および内部破壊構造プロセスの観察

【研究代表者】高橋 学 (地質情報研究部門)

【研究担当者】高橋 学 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標:

中国側から提供を受けた岩石供試体を用いて、マイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器にて透水試験を実施し、原位置の圧力下における岩石内部構造変化と透水性変化に関するデータ取得および解析を実施することを目標とする。

研究計画:

岩石の破壊プロセスの進展に伴う構造変化と透水挙動との関連を解明するためマイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器を用いたデータ取得および解析を実施する。
年度進捗状況:

中国側から提供を受けた岩石供試体を直径10mm高さ20mmに成形し、独自開発したマイクロフォーカス X 線 CT 用圧力容器内にて拘束圧25MPaまでの載荷実験を行い、この間の空隙構造変化を調べるために CT 画像取得を実施した。その後、載荷中の空隙構造の3次元幾何学情報を取得するため、構造解析ソフトによる解析作業を実施した。別途透水試験を実施した同じ供試岩石の透水係数異方性と CT 画像から得られた空隙の幾何学情報との関連性に関して考察した。その結果、空隙の連結

性に関する幾何学情報のうち、空隙数と number of connecting path の情報が透水係数異方性の説明に整合することが示された。

【分野名】地質

【キーワード】マイクロフォーカス X 線 CT、透水係数、岩石内部構造、3次元空隙構造

【研究題目】三軸圧縮応力下における破断面近傍のベレア砂岩の空隙情報解析に関する研究

【研究代表者】高橋 学 (地質情報研究部門)

【研究担当者】高橋 学 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標:

ベレア砂岩の透水異方性は前年度実験的にかつ定量的に解明しており、空隙の3次元幾何学情報に基づく解析と考察を主な研究内容とする。破断面出現に至る空隙の3次元幾何学情報を解析し、透水異方性との関連に関して考察することを目標とする。

研究計画:

三軸圧縮応力下におけるベレア砂岩の変形・力学・透水特性を実験的に解明し、破断面出現時における空隙の3次元幾何学特性との関連に関する研究を行う。

年度進捗状況:

直径10mm高さ20mmの供試体の三軸試験ではあるが、構造解析としては3mmボクセルが現実的なサイズであり、破断面とこの解析領域との関連において、解析結果は大きく異なることが予想される。したがって、最終破断面と解析領域との相対的な位置関係に着目しながら、空隙の3次元幾何学情報の取り扱いを実施する必要がある。画像解析において最も重要な空隙率の値を説得力のあるあるいは物理的に取得できるような客観性に耐えうるデータの提示を現在検討中である。なお、この受託研究は H26年度に跨り実施中である。

【分野名】地質

【キーワード】マイクロフォーカス X 線 CT、破断面、空隙率、岩石内部構造、3次元空隙構造

【研究題目】中海浚渫窪地の埋め戻し時の高精度音響モニタリングに関する研究

【研究代表者】齋藤 文紀 (地質情報研究部門)

【研究担当者】齋藤 文紀、西村 清和
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、NPO 法人自然再生センターが中海(島根県、鳥取県)で実施している干拓などの開発事業でできた浚渫窪地の石炭灰造粒物の覆砂による環境修復実証事業において、湖底及び湖底下の状況を把握するため、高分解能海底音響プロファイリング装置(SBP)及び海底表層音響画像探査装置(SSS)をベースにした音響モニタリングシステムを構築し、窪地の埋め戻し時の音響

モニタリングの手法の確立を図ることを目的とする。当初は平成24～25年度の2年間であったが、モニタリングを継続するため26年度まで延長された。本研究は、以下の項目から構成される。

- (1) SBP により、湖底のヘドロの分布および覆砂の状況の事前把握と埋め戻し後の変化を精査する。
- (2) SSS により、湖底面の底質および覆砂の状況の事前把握と埋め戻し後の変化について精査する。
- (3) SBP、SSS、高精度測位装置、音響データ処理ソフト等を組み合わせ、高精度な窪地の音響モニタリングシステムを構築する。

平成25年度は、中海の細井沖及び錦海沖窪地において、主に SBP を用いて湖底状況を調査した。細井沖 SBP 調査では、後処理で、50m グリッドの測線プロファイルを組み合わせて、立体図を作成した。覆砂前後2枚の立体図は、窪地の形状や覆砂した石炭灰造粒物（Hi ビーズ）の層厚を理解するのに役立った。また、音響モニタリングシステムにおいて、船のナビゲーション用外部ディスプレイに、最新の HDMI 映像出力を使用するなど、システムの高精度化を図った。

【分野名】地質

【キーワード】音響モニタリング、浚渫窪地、埋め戻し、中海

【研究題目】瀬戸内海潮流データベース作成における潮流分布データの作成

【研究代表者】山崎 宗広（地質情報研究部門）

【研究担当者】山崎 宗広（常勤職員1名）

【研究内容】

瀬戸内海における潮流発電適地の選定や発電量の評価のために、瀬戸内海大型水理模型の実験データを解析して潮流分布データの作成を行った。潮流分布データを作成した海域は、大阪湾、播磨灘、備讃瀬戸、燧灘、安芸灘、広島湾、伊予灘、周防灘、別府湾の9海域であり、平均潮である M₂ 潮汐の浮標追跡実験のデータを活用した。水理模型上に浮かべた浮標の動きより各浮標の位置情報（経度、緯度）と潮流（大きさ、角度）を求め、地理情報システムにより1時間毎の1潮汐周期間における潮流分布データとして整理した。潮流分布データの作成により瀬戸内海の各海峡部における最大流速値、潮流エネルギー賦存量等が明らかとなった。

【分野名】地質

【キーワード】瀬戸内海、潮流、水理実験、地理情報システム

【研究題目】共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性獲得機構の解明

【研究代表者】菊池 義智（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】菊池 義智、堀 知行、佐藤 由也、伊藤 英臣、竹下 和貴、

Navarro Ronald、加藤 菜月、
会田 学（常勤職員3名、他5名）

【研究内容】

多くの昆虫の体内には共生細菌が生息し、宿主に対して重要な生物機能を果たしている。最近我々は、作物害虫であるカメムシ類が環境土壌中のフェニトロチオン分解細菌を体内に共生させ、これによってフェニトロチオン抵抗性になるという現象を発見した（フェニトロチオンは有機リン系の農薬）。この発見は、「農薬抵抗性の形質は昆虫自身の遺伝子によって決められている」というこれまでの常識を覆す発見であり、現行の化学農薬を用いた害虫管理においては全く考慮されていない盲点といえる。本研究では、野外調査と遺伝子発現の網羅的解析・操作実験を有機的に組み合わせ解析することで、共生細菌によるカメムシ類の農薬抵抗性の獲得機構および分子基盤を総合的に明らかにすることを目的とする。2年目にあたる本年度は以下の4項目を達成目標に設定し研究を行った：①野外農耕地におけるフェニトロチオン分解細菌の感染動態を解明する；②共生関連遺伝子を特定する；③フェニトロチオン分解細菌のフェニトロチオン分解遺伝子を同定する；④ホソヘリカメムシ体内におけるフェニトロチオン分解過程を解明する。これら研究目標に即して研究を計画通り実施し、概ね本年度の研究目標を達成する事ができた。①の研究項目においては、土壌への農薬散布によって農薬分解性の *Burkholderia* 属細菌が増殖しカメムシ類に感染する事が詳細に明らかとなった。②の研究項目に関しては、*Burkholderia* 属細菌の鞭毛運動性がカメムシへの感染において重要な役割を果たすことを解明するとともに、緑色蛍光タンパク質（GFP）発現変異株を用いることでその感染過程の可視化に成功した。③の研究項目については農薬分解細菌のゲノム解読とトランスクリプトーム解析を行い、農薬分解遺伝子候補を特定した。また④の研究項目については、農薬の一部が農薬分解細菌を介して宿主に同化されるが、非常に低レベルであることが示唆された。来年度以降も、共生関連遺伝子の同定や農薬抵抗性化メカニズムの理解をさらに進め、本現象の総合的理解を目指す。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】応用動物、昆虫、微生物、環境微生物、農薬抵抗性

【研究題目】CPP3の低温下における生殖細胞保護メカニズムの解明と高純度大量生産法の確立

【研究代表者】津田 栄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】津田 栄、西宮 佳志
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

北海道沿岸などの寒冷海域に生息する魚類が発現する不凍タンパク質の中には非常に強い細胞保護機能を有す

る種類があり、それらは細胞保護ペプチド（Cell-Preservation Peptide, CPP）と呼ばれている。CPPは3つのタイプ（CPP1～3）に分類される。これまでの研究により、CPP3は細胞膜と相互作用することが示唆されているが、その詳細なメカニズムや保護性能の限界は明らかになっていない。本研究では、特に CPP3がウシ黒毛和種受精卵に対して発揮する保護効果を明らかにする。CPP3を大量生産するための遺伝子組み換え技術を開発しこれが細胞毒性を有さないことを確認する。ウシ黒毛和種の7日齢胚（受精卵）を+4℃の CPP3細胞保存液の中に浸漬し、同受精卵が発生を止めたまま何日間生存できるかを解析する。

CPP3を発現するバクターの最適コドンへの置換や重複コピー領域の導入、高密度培養法の採用などにより、1サイクルの実験で約1グラムの CPP3を作製する技術の開発を行った。この試料を用いて蛍光ラベル法の最適化や牛受精卵チルド保存技術の検討をさまざまに行った。特に、培地中の炭素ならびに窒素源として13C グルコースと15N 塩化アンモニウムを各々含む最少培地を用いて13C/15N ラベル化 CPP3を作製し、同試料の水溶液中での3次元分子構造を多次元核磁気共鳴（NMR）実験に基づいて明らかにした。蛍光標識した CPP3の牛初期胚細胞膜への結合様式を蛍光顕微鏡により観察した結果、CPP3の膜結合能力は4℃下では弱い30℃に加熱することで強くなることが判明した。この結果を基に加熱処理を含むチルド保存技術を検討し、CPP3を用いることで、最終的に牛初期胚を10日間非凍結保存することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質、大量生産、細胞、膜保護、構造解析、NMR、X線

【研究題目】 めっき液中添加剤の劣化に起因するめっき液性能劣化診断用計測器の開発

【研究代表者】 藤巻 真（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 藤巻 真、島 隆之、桑原 正史、
芦葉 裕樹、栗津 浩一
（常勤職員5名）

【研究内容】

めっき液は、液の基本組成に添加剤を加え、要求性能に合わせて使用される。基本組成と添加剤の濃度バランスは、めっき処理過程にて徐々に崩れていくため、品質管理が欠かせない。しかしながら、添加剤に関しては、効果的な管理方法は確立されておらず、現在でも仕上り外観の目視比較などが行われている。本開発では、導波モードセンサで添加剤の効果を直接的に計測することで、添加剤の劣化を迅速かつ正確に判定できる自動計測器を開発する。

本開発では、計測器に用いる検出用センサチップ表面に透明電極を形成し、めっき液から金属析出を行えるよ

うにする技術の開発を行う。安定な透明電極の形成に目的をつけることができた。防汚コーティング技術の開発では、防汚コーティング無しでも金属が十分に除去可能であり、チップの再生ができることが分かったことから、システム構築において防汚コーティングは必須ではないと判断した。添加剤の状態の良/不良判定技術の開発では、銅めっきにおいて、添加剤を入れていない新規浴、添加剤を適量混合した調合浴、老化した浴の3状態を見分けることに成功した。定量評価するソフトウェアの開発では、メッキ液の解析用ソフト作成を行った。

計測器の試作と評価では、軽量化の為に金型を作製し筐体を樹脂化した。電圧印加系の開発では、ポテンシオンスタットよりガルバナスタットの方が、安定した測定が可能であることが分かったため、ガルバナスタットを導入した。

インライン型計測器の試作と評価では、ハンディ型をベースに、送液系のポンプやめっき液を保持するテフロン製の液セルを実装し、インライン型計測器を試作した。各種配管等設置テストは完了し、自動間欠連続測定を実施するための制御系を試作完了した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 センサ、金属析出、導波モード、銅めっき、TSV

【研究題目】 ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発

【研究代表者】 吉田 康一（健康工学研究部門）

【研究担当者】 片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平、
阿部 佳織、伊藤 民武、
Biju. Vasudevan、平野 研、
脇田 慎一（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

目標：

当部門では、馬場教授が分担するサブテーマの内、がん原発巣より超早期に血液中に分離する循環がん細胞（CTC）の分離・分析技術開発、および急性腎障害マーカーで尿中に放出される極微量タンパク質、ミッドカインを高感度で検出・同定する技術開発を分担する。

血中循環がん細胞（Circulating Tumor Cell, CTC）の診断デバイス開発を目指し、直径105 μm 、深さ50 μm のマイクロチャンバーを20,944個アレイ状に形成したポリスチレン製細胞チップでの CTC 検出を進めた。肺がん患者血液を用いて、EpCAM 及びサイトケラチン二重染色による CTC 検出と、マイクロキャピラリーによるマイクロチャンバーからの標的細胞の分離・遺伝子解析を行った。9人の患者全血から CTC の存在が認められ、そのうち2人の患者では既存診断法であるセルサーチシステムでは CTC は0個と診断されたが、細胞チップでは EpCAM 陰性・サイトケラチン陽性の19個及び12個のがん細胞が確認された。セルサーチシステムでは、

EpCAM 発現に依存した一次スクリーニングを行っており、EpCAM 発現量の少ないがん細胞を見逃す問題がある。細胞チップでは、EpCAM やサイトケラチンの同時多重染色が可能で、EpCAM 発現に関係なく正確に CTC 検出が可能なが示された。さらに、マイクロキャピラリーで CTC 回収後、RT-PCR によりサイトケラチン mRNA 発現を確認しており、CTC 遺伝子発現解析系への応用性の高さを認めた。

CTC 識別やバイオマーカー計測には高感度な計測法が必要となる。分子識別能力が高く単一分子感度を有する表面増強ラマン散乱 (SERS) はその有力な候補となる。高感度計測応用へ向けて基礎的検討を以下3点行った。①SERS スペクトルとともに常に観測され計測の障害となっている背景光の起源の検討を行った。その結果、背景光が分子の電子励起状態からのプラズモン共鳴による超高速脱励起発光であることを明らかにした②SERS 基板の問題点の一つである硫化等による銀ナノ粒子表面の劣化の解決を試みた。具体的にはガルバニック反応を用い合金基板上に銀ナノ粒子凝集体を素早く作成し硫化前に SERS 計測に用いることで感度劣化の問題を解決した。③銀ナノ粒子のプラズモン共鳴弾性光散乱を利用し白色光暗視野照明下で銀ナノ粒子が吸着した単一の DNA 分子を簡便に可視化できることを実証した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】循環がん細胞、急性腎障害、がん転移、細胞チップ、表面増強ラマン散乱

【研究題目】電子回路基板の多品種変量生産を実現する常圧過熱水蒸気を用いた高熱効率・均一リフロー装置の開発

【研究代表者】菖蒲 一久
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】菖蒲 一久、田原 竜夫
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

携帯電話に代表される多品種・変量生産の電子機器の回路基板製造では、はんだ印刷・部品実装・リフローの各装置などで構成された製造ラインが稼働しているが、特にリフロー装置に対して、①歩留まりの向上、②生産品切り替えによる加熱条件設定変更時間の短縮、③省エネ・省スペース、④低コスト化、⑤環境対応(フラックス処理)の5つの要望が強い。これに対し、本研究では、高温の過熱水蒸気を加熱媒体とする高熱効率均一加熱リフロー装置を開発・実用化することで、これらの要望に応えることを目指している。

従来の窒素ガス等と異なり、過熱水蒸気はそれ自体が赤外線を輻射するため、対流伝熱とあわせて高い伝熱効率が期待されるが、定量的には未だ不明な点が多く、装置設計のために必要な基礎データも不足している。また、水蒸気は非酸化雰囲気であるが、はんだ付け雰囲気とし

て深く検討されたことは無いため、その特性はほとんど不明と言って良い。このような点を明らかにすることが本研究の目的である。

本年度は過熱水蒸気による実際の加熱実験によって、強制対流伝熱と輻射伝熱の定量化を行った。いずれも理論的に推定される伝熱特性と矛盾無いものであった。また、はんだ付け断面の予備調査を行い、過熱水蒸気が特に問題をもたらさないことを確認した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】半導体製造、リフロー装置、過熱水蒸気、熱工学、はんだ付け

【研究題目】高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法の OECD テストガイドライン化「免疫毒性試験バリデーション」

【研究代表者】中島 芳浩 (健康工学研究部門)

【研究担当者】中島 芳浩 (常勤職員1名)

【研究内容】

本事業は、化学物質のリスク評価・管理の効率的な実施のため、遺伝子導入、幹細胞分化誘導、遺伝子発現等の技術を培養細胞に活用して開発された高機能で簡易な有害性評価手法、特に免疫毒性予測試験法を OECD テストガイドラインにするために必要な知見を整備することを目的とする。

本試験においては、免疫毒性マーカー遺伝子である IL-8のプロモーターの転写活性を橙色発光ルシフェラーゼで、また内部標準用遺伝子である GAPDH 遺伝子プロモーターの活性を赤色発光ルシフェラーゼで検出するため、各々を連結したカセットを THP-1細胞のゲノムに挿入した免疫毒性評価用多色発光細胞 (THP-G8細胞) を用いた。本年度実施した PhaseIIc バリデーション試験では、コード化された被試験物質について、指定のプロトコールに従い実験を2~4反復行い、各被試験物質に対する免疫毒性の有無について評価した。被験物質の陽性あるいは陰性の判定は、プロトコールに規定された被験物質処理による IL-8および GAPDH の転写活性化あるいは転写抑制化の比から算出されるクライテリアにより判定した。その結果、PhaseIIc バリデーション試験においては5被験物質のうち、2物質を陽性、3物質を陰性と判定した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】化学物質毒性評価、発光細胞、免疫毒性、ルシフェラーゼ、THP-1細胞

【研究題目】ソリューションプラズマ法を用いる新規且つ低コストな貴金属製造技術の開発

【研究代表者】松田 直樹
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究の目的はソリューションプラズマ（SP）法を用い過酸化水素水溶液中で金（Au）電極から構造を制御した Au ナノ粒子（AuNP）を合成し、適度に濃縮し濃度調整した AuNP 分散水溶液を用い金属、ガラス、高分子等の表面に AuNP ナノ薄膜を形成し、分光分析用チップ、電気接点材料等への応用を目指し物性、機能評価を行うことである。

AuNP分散水溶液の濃度は0.01[w/w%]を目標に調製した。数十回同様の調製を繰り返し、典型的には例えば3L程度のAuNP分散水溶液を穏やかに加熱し50～60℃程度で120～240時間程度保つことにより、100～500倍程度の濃縮が可能で、分散剤を含まない1～5[w/w%]程度のAuNP分散水溶液を調整できた。そのまま4週間程度は沈殿や凝集を生成せずにそのままの状態が存在することが確認できた。この1～5[w/w%]程度のAuNP分散水溶液を、化学修飾法、塗布法、及び泳動電着法を用い、それぞれAuNP単層膜、50～500 nm程度のAu薄膜、及び平均膜厚10～50 nm程度のAuナノ薄膜を作成した。特に塗布法では1～5[w/w%]程度のAuNP分散水溶液の20ないし40μLをマイクロピペットにより高分子やガラス基板上に滴下し、その後室温で自発的に乾燥させて薄膜形成したため膜厚は均一ではなく中心部と周辺部ではかなりの差があることが、目視による観察でも確認できた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕Au ナノ粒子、ソリューションプラズマ、Au 薄膜

〔研究題目〕ホスト分子による希少金属オンサイト分離のためのマイクロリアクターシステムの構築

〔研究代表者〕宮崎 真佐也

（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕宮崎 真佐也（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

レアメタル資源の確保は極めて重要であり小型家電などの廃棄物からのリサイクルによる資源確保が望まれるが、含まれる元素は多種にわたりその含有量は微量である。効率的にレアメタルを分離する技術の確立が望まれているが、微量含まれる多種元素の個別分離は容易ではない。テーラーメイド型抽出試薬は分離機能には優れるが、経済性が悪く大量に扱えない、抽出速度が遅い、などの欠点がある。本研究では欠点を改善し、テーラーメイド型抽出試薬であるカリックスアレーン誘導体を有効利用するために、微量処理可能であり迅速な抽出が利点となるマイクロリアクターを用いたシステムを構築し、廃棄物回収地オンサイトでのレアメタルの個別分離を目的とする。

H23年度は、初年度のマイクロ流路内での並行2相流を用いた抽出試験結果から、界面積の増大により抽出効

率が向上することが判明した。そこで、さらに抽出効率を向上させるため、流路内に微小液滴を連続生成させ、抽出に用いることとした。液滴形成には Flow-focusing 型チップと T-junction 型の両者を作製し、比較したが、Flow-focusing 型チップの方が操作性に優れることからこちらを用いることとした。また、従来のシリコンーガラス接合では界面の物性が微妙に異なるためか液滴形成後に安定した流れが出来なかったため、ガラスーガラス製のチップも作製した。シリコンの場合と同様にガラスを切削加工し流路を形成し、これにガラス基板を加圧溶着してチップを作製した。作製したガラスーガラスチップは安定した液滴の連続形成が可能だった。

次に、得られたデバイスを用いて、単元素回収試験を行った。まず、シリコンーガラスの液滴形成チップを用いてケトン型 p-t-オクチルカリックス[4]アレーン誘導体による銀イオンの抽出挙動を解析した。比較のため、前年度使用した並行2相流型マイクロリアクターで同様の試験を行った。その結果、同じマイクロリアクターといえども抽出速度が並行2相流リアクターでの抽出よりも劇的に改善され、15秒で76%の抽出率が4秒で90%以上の抽出率に達した。このことから、並行2相流よりも液滴形成マイクロリアクターを用いる利点がある事が明確となった。しかしながら、並行2相流と異なり、シリコンーガラス製連続液滴形成デバイスでは連続流通中に流れの乱れが生じたため、材質を合わせたガラスーガラス製マイクロリアクターに置き換えて試験したが、同様の結果が得られた。

次に、連続液滴形成型マイクロリアクターを用いて、抽出した銀イオンの逆抽出を試験的に行った。逆抽出の系としてケトン型 p-t-オクチルカリックス[4]アレーン誘導体を用いてバッチ式反応槽で3日間抽出を行い、並行に達した有機相を用いた。逆抽出剤としてチオシアン酸イオンを用い、逆抽出を試みたところ、バッチ式ではあまり進まなかった逆抽出が数分で10%以上進行した。このことから、今回開発した連続液滴形成型マイクロリアクターは逆抽出にも有効であろう事が示された。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕希少金属、オンサイト分離、マイクロ化学プロセス

〔研究題目〕同時複数組成蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化

〔研究代表者〕松田 直樹（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕松田 直樹（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

2015年に全国で100カ所の水素ステーション設置計画が推進されている。ところが、現在の水素ステーション等での水素検知器は、サイズやコスト等の問題から多点

に配置して水素漏れ箇所を特定するのは困難である。本開発では同時に複数組成の蒸着膜を作製できる新しい蒸着装置を試作し、高度な蒸着技術により水素検知薄膜の性能・信頼性・生産性の向上を図り、安全・小型・低コストの水素検知センサ及びシステムの開発を行う。従来水素検知器（接触燃焼式センサ）は電気を使用する検知原理のため、一般高圧ガス保安規則により、防爆構造とすることが不可欠である。このため大型でコストも高く、水素ステーションやプラント等で多点に配置することは困難であり、漏れを感知すると水素・電源の供給が全て遮断され、漏れ箇所の特定やシステムの復旧に多大な時間を要する。

開発する新技術は、光での検知のため火種になることはなく（防爆構造不要）、配管等に近接して設置し水素の漏れ箇所を特定する事が可能である。また、制御システムにより更に効率的な管理が可能となり、安全・小型・低コストな水素検知システムが実現する。

平成25年度は、九州計測器㈱と協力し、光導波路チップ、光源、受光素子、光ファイバとセンサ材料を組み合わせ、基本特性の測定を行い、導波路チップの材質、形状、光導入方法（光ファイバ/光学素子）を、装置や成膜方法と併せて確定した

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】水素ガス検知、スラブ光導波路分光法、Mg-Ni 合金ナノ薄膜

【研究題目】平成25年度石油製品需給適正化調査等委託費「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

【研究代表者】中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】中島 芳浩、室富 和俊、安部 博子、安永 菜由、丹羽 一樹、岩城 知子、大西 尚子（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究開発では、ラットを用いる28日反復投与毒性試験において、化学物質により毒性が発現する可能性が高い肝毒性、腎毒性、神経毒性のそれぞれの毒性に関し、簡便で高精度な *in vitro* 試験系の開発を目的とする。その開発手段として、肝毒性および腎毒性では、人工染色体ベクターや多色発光技術といった我が国で開発された先端技術を導入、毒性の主要バイオマーカーを用いたレポータージーンアッセイを開発する。

本年度は、臓器特異的毒性評価細胞群の開発、およびハイスループット試験システム構築に向け、複数種の発光レポーターをマルチインテグレースマウス人工染色体（MI-MAC）ベクターに導入したモデル株化細胞（A9細胞）を樹立し、MI-MAC ベクターのレポーターベクターとしての基本性能およびハイスループットアッセイ系の測定精度を検証した。その結果、緑色および赤色発

光レポーターの MI-MAC ベクターへの挿入により、クローン間のバラツキの極めて小さい均一な細胞集団が、従来の樹立方法と比較し簡便且つ短時間で樹立できることを明らかにした。さらに長期間の継代培養による経時的な発現（発光）の消失および薬剤添加による転写活性化の変化は起きず、長期間安定に発現（発光）と細胞応答が維持されることも明らかにした。また96ウェルマルチプレートを用いたハイスループットアッセイを実施したところ、各ウェルから発する発光は高い精度で測定可能な発光値を示すこと、また細胞刺激に応じた転写活性化を正確に検出できることが確認された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ルシフェラーゼ、発光細胞、レポーターアッセイ、人工染色体ベクター、化学物質毒性評価、

【研究題目】Ti(C,N)-Ni 系サーメットの高靱性化に関する研究開発

【研究代表者】細川 裕之

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】細川 裕之、松本 章宏

（常勤職員2名）

【研究内容】

Ti (C, N) - Ni 系サーメット（以下、サーメットと称す）は、金型材料として必要な高い耐摩耗性、高い化学安定性を有しており、レアメタル問題を有する超硬合金（WC-Co）に代わる金型材料として期待されている。しかしながら、サーメットは破壊靱性が低いため、金型材料として使用されていない。高い靱性を有するサーメットを作製することができれば、超硬合金に替わるレアメタル問題を解決し、かつ長寿命な金型の提供が期待できる。そこで、本課題では、高靱性を有するサーメットの研究開発を行っている。本年度は、サーメットの代表的な組成である Ti (C, N) -Mo₂C-Ni サーメットに NbC を添加することで、組織、機械的特性（強度、硬度）にどのような影響が起こるかを調査し、機械的特性の優れる NbC 量の決定、その組織的原因を明らかにした。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】硬質材料、破壊靱性、組織

【研究題目】航空機中空複雑形状鋳物用、砂型差圧鋳造技術の開発

【研究代表者】多田 周二

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】多田 周二、尾村 直紀

（常勤職員2名）

【研究内容】

少量の水を添加した砂を造型し、これを凍結させることによって強度を付与した凍結鋳型は、鋳造時に受ける

溶湯の熱で氷が溶けるため、鑄造後の崩壊性に優れるという利点をもつ。本研究では、この特長を生かすべく、製品鑄造後の中子の除去作業にかかる作業負荷の軽減を目的として、複雑な中空形状を有するギヤボックスなど航空機用アルミニウム合金鑄物を対象とした差圧鑄造プロセスに凍結鑄型および凍結中子を適用するための技術開発を行った。

平成25年度は、凍結鑄型で150×300mmのL字型の凍結中子を用いてアルミニウム合金の鑄造が可能かどうかを調べるために、まず中子なしの中実状態で鑄造試験を行った。その結果、凍結鑄型がこの大きさのアルミニウム合金鑄物にも対応できることが確認できた。この結果を受け、母型へ組み込めるよう幅木をもたせたL字型凍結中子およびこの中子に対応できる母型について凍結鑄型を造型した。中子および母型とも凍結までは順調に進んだが、型枠から鑄型を外す段階で問題が発生した。今回の鑄型は、母型および中子とも4辺が拘束される形状となっているため、抜型時に曲げモーメントが生じやすい。加えて、型枠の加工性を考慮し、断面形状を四角としたことも抜型不良の大きな要因であると考えられる。そこで、4辺を同時に外す抜型方法ならびに離型剤の適用についてさらなる検討を行った。シリコン系の離型剤を母型に塗布して凍結鑄型の造型を行ったところ、抜型性が向上し不良品の割合は大幅に減少した。また、中子についても、スペーサを介した押し出しができるよう型枠形状を改良した。これにより、曲げモーメントを与えずに抜型できるものと期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 鑄造、アルミニウム合金、凍結鑄型、中子

【研究題目】 同時複数組成蒸着膜製造技術による安全・小型・低コスト水素検知センサおよびシステムの製品化

【研究代表者】 吉村 和記

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 吉村 和記 (常勤職員1名)

【研究内容】

2015年に全国で100カ所の水素ステーション設置計画が推進されている。ところが、現在の水素ステーション等での水素検知器は、サイズやコスト等の問題から多点に配置して水素漏れ箇所を特定するのは困難である。本開発では同時に複数組成の蒸着膜を作製できる新しい蒸着装置を試作し、高度な蒸着技術により水素検知薄膜の性能・信頼性・生産性の向上を図り、安全・小型・低コストの水素検知センサ及びシステムの開発を行うことを目的としている。

従来の水素検知器(接触燃焼式センサ)は電気を使用する検知原理のため、一般高圧ガス保安規則により、防爆構造とすることが不可欠である。このため大型でコス

トも高く、水素ステーションやプラント等で多点に配置することは困難であり、漏れを感知すると水素・電源の供給が全て遮断され、漏れ箇所の特定制やシステムの復旧に多大な時間を要する。

開発する新技術は、光での検知のため火種になることはなく(防爆構造不要)、配管等に近接して設置し水素の漏れ箇所を特定する事が可能である。また、制御システムにより更に効率的な管理が可能となり、安全・小型・低コストな水素検知システムが実現する。

特に今回開発する、マルチチャンネル型水素検知センサは、水素検知薄膜の改良と保護膜によって、実環境で長期間利用可能な耐久性を得る。それと同時に感度向上を図る。さらに、1基板上に応答特性の異なる水素検知薄膜(3列構造:基準、低濃度用、高濃度用)を設けることで、測定範囲の拡張やフェールセーフ機能による信頼性の向上が期待され、これまでにないセンサデバイスを用いた水素検知システムを構築するものである。今年度は、昨年度作製を行った蒸着装置を用いてサンプル作製を行い、どのような特性を持ったサンプルが、どの程度の再現性を持って作製できるかの検証を行った。

また、産総研においては、調光ミラー薄膜の組成や膜の構造が、水素の検知特性にどのような影響を与えるのかを詳細に調べた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 水素センサー、調光ミラー、スパッタリング

【研究題目】 非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金鑄造薄板による革新的電極素材の開発

【研究代表者】 千野 靖正

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 千野 靖正、湯浅 元仁

(常勤職員2名)

【研究内容】

難燃性マグネシウム合金を一次空気電池の電極素材に用いることで、電池の自己放電特性や発火リスクが大幅に改善されることが知られている。なお、これらは試作や実験的な評価に基づくものであり、合金組成におけるCaを中心とする主要添加元素や不純物元素が及ぼす影響は解明されていない。同様に、組織、析出物、集合組織が自己放電特性に及ぼす影響は解明されていない。以上を受けて、本研究では、合金組成と組織が難燃性マグネシウム合金の自己放電特性に与える影響を評価し、同時に、難燃性マグネシウム合金を負極として利用した際の電極表面での反応状態を観察・分析することにより、難燃性マグネシウム合金の自己放電特性に及ぼす合金組成と組織の影響を解明することを目指す。

平成25年度は、異なる組織を有する汎用難燃性マグネシウム合金素材を対象として、放電試験および自己放電

試験前後の組織・表面状態を評価した。また、放電特性および自己放電特性と比較することにより、放電特性や自己放電特性に及ぼす母相組織や表面状態の影響を抽出した。なお、上記の研究成果は、平成25年度サポイン事業「非常用電源としてのマグネシウム空気電池を実現する難燃性マグネシウム合金鑄造薄板による革新的電極素材の開発」の成果（実施中）である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 難燃性マグネシウム合金、電池、合金設計、組織

【研究題目】 EAS 諸国における再生可能エネルギーの持続的な活用

【研究代表者】 工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】 工藤 祐揮、匂坂 正幸
（常勤職員2名）

【研究内容】

エネルギーは経済の推進力であるが、東アジアサミット（EAS）諸国は再生可能エネルギーのポテンシャルが高いにもかかわらず、現状ではエネルギーのほとんどを輸入化石燃料に依存している。再生可能エネルギーは輸入化石燃料依存度の低下だけでなく、農村部での近代的エネルギーへのアクセス拡大に利用することにより、環境や社会経済的状況の改善にも期待が寄せられている。しかし再生可能エネルギー資源には地域偏在性があり、農村部での資源利用可能性やエネルギーニーズを考慮した利用を図らないと、持続可能な形態で将来にわたって利用されない可能性が懸念される。本研究では、EAS 諸国における再生可能エネルギーの持続的な活用のあり方を、EAS 加盟7カ国・10人のメンバーから構成される研究チームで検討している。

平成25-26年は、EAS 諸国におけるエネルギー需給、再生可能エネルギー利用状況および、再生可能エネルギー普及支援策について取りまとめた。また各国の農村地域における小規模再生可能エネルギー事業（小水力、太陽光、風力、バイオマス、バイオガス）の中から特徴的なものを対象とした調査を行い、事業や対象地域の人口規模、社会経済的状況、事業実施により地域が得た便益などについて把握した。これらに基づき、再生可能エネルギーの持続可能な活用の要件を、トリプルボトムラインの観点（環境・経済・社会の3側面）から抽出する。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 再生可能エネルギー、東アジア、近代的エネルギーへのアクセス、持続可能性、トリプルボトムライン

【研究題目】 インビボ評価（病理学的解析）

【研究代表者】 池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 池原 譲、山岸 正裕、榎田 創、山口 高志、池原 早苗

（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究課題は、NEDO の実施する「がん超早期診断・治療機器の総合研究開発、超早期高精度診断システムの開発」における課題「がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」について、京都大学からの委託として実施している。そしてその研究開発の目標は、PETを中心とする画像診断機器の特性を最大限活用できる診断治療システムの構築である。

研究開発では、がんの発生や病態、その進展のメカニズムに基づいて分子プローブが開発設計されるため、インビボ解析を担当する産総研は、PET を中心とした画像診断機器の特性を最大限活用し、早期の治療戦略構築および実施を推進することが可能であるかどうかの視点から、分子プローブの評価を実施している。

【目標】

開発目標は、標的とするがん種に応じて効率的な確定診断を下しうる分子プローブカクテルを完成し、マルチモダリティイメージングを可能とする画像診断機器と組み合わせることで、診断と治療との効果的・促進的な一体化を実現する事である。これにより、治療効果の向上、必要な治療法の絞込みを実現し、医療経済的にも最適な状況を実現することを目標にしている。

【年度進捗状況】

産総研は、膵臓癌を主たる対象疾患として、プローブの有効性を評価検討できる動物モデルの作出と有効性評価、そして PET 検査で標的とする候補分子の探索を進めている。これまでに、有望な候補プローブの開発が進み、その有効性評価を進めているところである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 疾患モデル動物、膵臓癌、PET 検査

【研究題目】 インフルエンザの撲滅に向けて：インフルエンザウイルスの増殖阻害抗体を用いた創薬研究

【研究代表者】 福西 快文（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 福西 快文（常勤職員1名）

【研究内容】

インフルエンザウイルスの増殖において重要な、核酸の複製を行うポリメラーゼ PA-PB1複合体は、インフルエンザの株によってアミノ酸変異が少なく、もし、これに対して薬剤が開発できれば、インフルエンザの型に依存しない薬剤抵抗性の低い有効な薬剤となる可能性がある。PA-PB1の立体構造は、横浜市立大学・朴三用教授によって構造が解析されている。我々は既に、PA-PB1に結合し、これを阻害する低分子化合物を複数見出し、アステラス製薬にライセンスし、また、理化学研究所との共同研究を行っている。しかし、この低分子化合物は水に対して溶けにくく、細胞毒性も高い。その後、類似

化合物で世界で数件、報告されているが、いずれも我々と同じ作用点、類似分子構造を持ち、同様の欠点を抱えている。そこで、新たな作用点をもつ新規薬剤を開発することにした。

同研究室において、PA-PB1を失活させる抗体の作成が行われた。しかし、人体において、PA-PB1は、細胞の中に存在し、一方、抗体は細胞の中には入らない。この抗体とPA-PB1の結合界面に結合する低分子化合物を作成することができれば、新たな作用点を持つ低分子化合物を開発することができる。我々はPA-PB1の構造の決定できていないループ領域を計算機モデリングで再構築し、これと抗体の複合体モデルを多数、作成し、水中でのシミュレーションによってもっともらしい複合体構造を作成した。ただし、複数の結合界面が予測されたため、低分子が開発コストが膨大であることを考え、このいくつかあるうちのどの界面が、真実の界面なのかを実験的に検証することを提案した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 インフルエンザ、PA-PB1阻害剤、低分子医薬、抗体、複合体予測

【研究題目】 海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・測定技術の開発

【研究代表者】 今西 規（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 今西 規、村上 勝彦、齋藤 禎一（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

養殖を含む沿岸漁業は、我が国の海面漁業生産量の45%を占め、多様な魚介類を食卓に提供する重要な役割を担っている。しかし、近年沿岸漁場では、赤潮、貝毒、魚病などの環境由来の漁業被害が頻発し、その甚大な経済的被害から沿岸漁業の安定化、水産物の安定供給の根幹に関わる問題となっている。このような状況に対応するため、農林水産技術会議委託プロジェクト「海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・測定技術の開発」では、次世代シーケンシングによって得られるメタゲノムを利用し、沿岸海域の海水中における微生物遺伝子の変動をモニタリングしている。そして赤潮発生と連動する微生物遺伝子を明らかにし、これを予測マーカーとした、赤潮発生の新規予測技術の開発を目指している。

当プロジェクトにおいて産総研は、日本沿岸海域の海水より取得したメタゲノムを格納したメタゲノムデータベースの構築および維持管理を担当している。2014年4月現在、データベースには50（うち赤潮海域9）の海水メタゲノムが登録されており、海洋メタゲノムのデータベースとして世界屈指の規模となっている。

また産総研はデータベース上のメタゲノムデータセットについて赤潮発生海域と非発生海域の間で比較解析を実施し、赤潮メタゲノムにおいて高頻度で検出される微

生物遺伝子を、赤潮発生の指標となる赤潮マーカー配列として探索している。データベース上の全メタゲノムを供試した大規模な比較解析により、赤潮発生海域のメタゲノムにおいて統計的に有意に検出頻度の高い微生物遺伝子約70,000配列を同定した。これらの検出頻度の高かった配列群のほとんどは *Rhodobacterales* 目所属細菌と推定されており、この分類群の増加と赤潮発生には何らかの関連があると考えられた。今後、これらの配列群から特に感度の高い配列を赤潮予測マーカー候補として選抜し、海水DNAを用いた実際の赤潮の発生予測試験に提供する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 メタゲノム

【研究題目】 難病治療用の組換え酵素及び化学合成糖タンパク質製剤の開発戦略と新規有効性評価システムの構築

【研究代表者】 広川 貴次（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】 広川 貴次（常勤職員1名）

【研究内容】

リソソーム病は、生体分子の分解代謝に関わるリソソーム酵素及びその補助因子をコードする遺伝子変異が原因で、本来分解されるべき基質の患者組織内での過剰蓄積と多様な全身症状を発症する遺伝性代謝異常症である。その発生頻度は1~10万人に1人程度と低く、いわゆる希少疾患に属するが、40種あまり報告されており、厚生労働省では特定疾患の難病に指定されている。近年、正常な酵素遺伝子を恒常発現する哺乳類培養細胞株が産生する組換えヒトリソソーム酵素製剤を、定期継続的に患者の静脈内に投与する酵素補充療法（Enzyme replacement therapy, ERT）が、主として末梢症状を呈する6種の疾患に対して臨床応用（実用化）されている。このERTでは、リソソーム酵素に特異的に付加される末端マンノース6-リン酸（M6P）残基含有糖鎖と、患者の標的組織細胞表面に存在するM6Pレセプター（M6PR）との結合を介した細胞内取り込みとリソソームへの輸送が共通の治療原理となっており、従来治療薬が無いリソソーム病に対しても拡張応用されることが望まれている。しかし、現行のERTには、1) 哺乳類培養細胞株を基材として用いる組換えヒト酵素の大量生産が困難で、薬価の高騰とヒト感染性病原体の混入の危険性、2) 血液脳関門の存在により、静脈内投与された組換え酵素は脳実質内に到達できず、中枢神経症状に対する治療効果はほとんどないこと、3) 生来、当該酵素を発現していない患者に異物としての酵素を繰り返し投与すると、アレルギーや中和抗体の産生などの副作用が現れ、治療用酵素の有効性を減弱させるなどの問題点がある。これらの問題点を克服すべく、本研究では、 β -Hexosaminidase (Hex) A ($\alpha\beta$ ヘテロ二量体) を構成

する α -及び β -各サブユニットをコードする HEXA 及び HEXB 遺伝子、また HexA の補助因子である GM2 ガングリオシド (GM2) 活性化タンパクをコードする GM2A の遺伝子変異が原因で、各々脳内 GM2 の過剰蓄積と中枢神経症状を伴う Tay-Sachs 病、Sandhoff 病及び GM2 gangliosidosis AB variant を対象とし、従来、根本治療薬が全くないこれらの疾患に対する新規のバイオ医薬品を開発する目的で研究を推進している。

H25年度の成果として、Hex 及び GM2A の X 線結晶構造情報に基づく「カモフラージュエンザイム」及び高機能型タンパクの分子デザインを実施し、実験グループにより、評価を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酵素補充療法、バイオ医薬品、組換え酵素、化学合成糖タンパク質製剤

【研究題目】 クラウド型児童虐待データベース蓄積・虐待診断支援システムの開発とその導入におけるバリア分析に基づいた活用促進プログラムの作成

【研究代表者】 山中 龍宏 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】 西田 佳史、北村 光司 (常勤職員2名)

【研究内容】

近年、乳幼児の虐待が社会問題になっている。虐待問題では、早期発見できなかったことが問題となるが、現場では虐待かを判断するための指標や判断を支援するツールがなく、難しい問題を押し付けられているのが現状である。本研究では、虐待早期発見の支援を目的として、事故による傷害と虐待による傷害のデータを活用して、虐待と事故とを科学的に見分ける鑑別支援サービスを、現場で特別な計算機を準備することなく簡単に利用できるように、クラウド型サービスとして提供する仕組みを構築することを目的としている。また、開発システムを児童相談所や病院といった現場での試用を行い、導入・活用方法の検討も行う。

平成25年度は、システムの仕様の検討を行い、プロトタイプの開発を行った。また、サーバー上でのシステムの動作検証を行った。並行して、クラウド型ではない、ローカルで動作するシステムを病院で試用し、システムの改善を行った。また、その際に、導入や活用における問題点・難しさについて聞き取り調査を行い、開発システムを広めていく上での阻害要因を調査した。

平成26年度は、クラウド型のシステムを病院や児童相談所などの現場で利用してもらい、検証を行う。また、導入や活用における阻害要因を解消するための導入促進プログラムの作成を行う。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 小児虐待、早期発見支援システム、傷害

データ

【研究題目】 水熱処理とゼオライト触媒反応による高品質バイオ燃料製造プロセスの研究開発—省エネルギー・高効率水熱反応技術の開発

【研究代表者】 井上 誠一 (バイオマスリファイナリー研究センター)

【研究担当者】 井上 誠一、福田 和義、新 優子 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

この研究開発では、エネルギー源の多様化と化石燃料への依存度の低減に向けて、再生可能な資源としてのバイオマスから、水熱処理および触媒反応を利用し、バイオ燃料を製造するための技術開発を目的としている。プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構から鹿児島大学に委託されている。BRRC はそこからの再委託で研究を実施しており、製糖工場から排出されるバイオマス (バガス、廃糖蜜) に水熱処理を施し、含酸素化合物を製造する過程における、水熱処理技術の省エネルギー・高効率化を目指している。今年度は、バガスを原料として後段の触媒反応で用いる含酸素化合物を得るための水熱処理の低温化及び固液比 (水/バイオマス比) の低減化を検討した。

水熱処理に酸を添加することで、含酸素化合物収量が増加した。180~200℃処理の条件で、酸未添加の条件と同等以上の含酸素化合物収量が得られ、従来240℃処理で行っていた最適水熱処理条件を酸添加により低温化できることを明らかにした。さらに通常では、固:液 (バイオマス:水) =1:10で行われる水熱処理を同様の酸添加処理により固:液=1:7の条件でも同等量の含酸素化合物が得られることを見出した。処理温度の低温化および固液比の低減が可能になり、水熱処理の省エネルギー化が達成できた。

また、鹿児島大学と共同でバガスからの液体燃料までの一貫製造試験を行い、上記の最適水熱処理条件で得られた含酸素化合物を用いて液体燃料の製造が可能なることを確認した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バガス、廃糖蜜、水熱処理、含酸素化合物、バイオ燃料

【研究題目】 グリーンプラスチックの超臨界二酸化炭素による連続発泡成形技術の開発

【研究代表者】 中山 敦好 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中山 敦好、川崎 典起、大嶋 真紀、伊田 小百合 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

超臨界二酸化炭素を利用した押し出し発泡成形により、セル径のそろった微細発泡ポリ乳酸を作成する技術の開

発を行う。実用化のためには、a) 発泡時の表面形状の制御と b) 100℃以上の耐熱性の付与が必要であり、そのための添加剤配合系について検討する。本年度は、a) に関しては、添加剤の効果により、発泡成形時の分子量低下の抑制効果が確認されるとともに、高倍率発泡時の表面安定性が向上した。一次発泡シートから食品トレイなどの二次成形品が良好な形状で得られた。また、b) に関してはリアクティブプロセッシング技術を活用した発泡グレード化との組み合わせの中で、発泡成形法での最適化を行い、加重たわみ温度100℃以上の耐熱性の実現を検討した。実用的な成形プロセスとするためには、一次発泡時にすみやかに結晶化させるのではなく、得られた発泡シートを次ステップとして真空成形し製品化するがその段階で結晶化させるよう結晶化速度を調整する必要があるため、モデル条件として120℃でのヒートセットを想定し、3分で耐熱性付与させることに成功した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ポリ乳酸、発泡材料、超臨界二酸化炭素、核剤、アロイ、生体材料

【研究 題目】 重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植に関する研究

【研究代表者】 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】 弓場 俊輔、大串 始、勝部 好裕、
笹尾 真理、高村 佳奈恵
（常勤職員1名、他4名）

【研究 内容】

低フォスファターゼ症は、組織非特異型アルカリフォスファターゼ（TNSALP）の遺伝子変異による重度先天性骨代謝疾患で、このうち、最も重症である周産期型に対して骨髄移植併用同種（他家）間葉系幹細胞（Mesenchymal Stem Cell；MSC）移植による治療技術を確立しようとしている。

島根大学医学部附属病院と共同で本疾患患者に対する他家間葉系幹細胞 MSC 移植を行う。当所では細胞製造施設（セルプロセッシングセンター；CPC）を厳密な品質管理の下に運用して移植用 MSC を製造する。

今年度は昨年に引き続き、第2症例について、気管軟化症、すなわち安定した呼吸状態の改善を目的に、11月に1回のみ追加移植（23年度の初回から数えて9回目、前回は昨年度2月）を実施した。その結果、移植後1か月前後より同症状は明らかに改善、その後殆ど消失した。

このようにこれまで経験した2症例の臨床研究の結果、すなわち全身の骨再生や呼吸機能改善、さらに延命効果をもたらしたことから、本疾患に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植は、有望な治療法であることが明らかとなった。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 再生医療、間葉系幹細胞、骨形成

【研究 題目】 世界市場を開拓する Sake・大吟醸生産システムの革新

【研究代表者】 上垣 浩一（健康工学研究部門）

【研究担当者】 上垣 浩一、中村 努
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内容】

本研究開発の目的は従来、杜氏の勘と経験に依存する小規模製造のため供給が追い付かない「高品質大吟醸酒」の製造規模の拡大と山廃仕込みを利用した「高級熟成ワインに対抗できる新規酒飲料」の新規醸造プロセスを開発する事にある。そこで酒飲料の品質管理の決め手となるアミノ酸、有機酸、エステルを簡便、且つ迅速に定量する事の出来る分析技術の開発を行う。そして本分析技術を利用して醗酵生産工程を高度するために1）大吟醸酒生産のスケールアップ可能な標準製造工程（SOP）の開発、2）乳酸発酵（山廃仕込み）を利用した新規純米大吟醸を製造可能な SOP の開発、等を行い、高度な発酵工業製品である大吟醸酒の生産性向上、乳酸発酵醸造法の高品質化を行う。

この目的達成のため、複数の研究機関や企業、大学が本研究開発に参加し共同で研究開発を行った。本開発には大吟醸の発酵過程において、味の決め手となる有機酸を簡便に測定する手法が必須である。そこで研究代表者らは酵素を用いた有機酸検出に関して各種分析法と酵素法の比較や検討を行い、その有用性の確認を行った。更に新規の酵素法の開発に有用な酵素を新たに取得するためデータベース調査を行い候補遺伝子の探索を行った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 大吟醸、山廃、酵素、有機酸

【研究 題目】 スポーツ用義足は有利か不利か？—走行中の関節スティフネス評価による検証—

【研究代表者】 保原 浩明（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】 保原 浩明（常勤職員1名）

【研究 内容】

近年になって主流となっているカーボン繊維製のスポーツ用義足の登場は、障害者の積極的なスポーツ参加を促進させた一方、「義足の装着によって不当なアドバンテージを得ているのではないか？」という疑いの目を生じさせた。そこで本研究の目的は下肢関節におけるバネ機能の評価指標として広く用いられている Joint stiffness を評価することによって、スポーツ用義足の有利／不利に関する論争への視座を得ることであった。8名の片脚小腿切断者に、屋内に設置した一周100mの走路でランニング動作を行わせた。走速度は2.5m/s、3.0m/s、3.5m/sの三段階に設定した。Torsional Spring Model に基づき、関節モーメントを関節角度変化量で除して関節バネ特性（Joint stiffness）を足関節および膝関節肢から算出し、義足側と非切断側で比較した。そ

の結果、いずれの走速度でも義足側の足・膝関節ステイフネスは非切断側と同等かそれ以下の値を示した。これらの結果は、カーボン繊維製のスポーツ用義足が国際陸連の懸念する「技術的措置による競技力向上」に繋がる可能性は低いことを示唆している。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】スポーツ、義足、パラリンピック

【研究題目】人間の意図理解と行動予測のための一人称ビジョンセンシングの研究

【研究代表者】山崎 俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山崎 俊太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、カメラとディスプレイを備えたヘッドマウント型デバイス（一人称ビジョンセンサ）を用いて、日常生活空間における人間の行動計測技術を開発した。研究プラットフォームとしてヘッドマウント型 Android デバイス Smart Glass M100を用いて、(a)前方カメラを用いた行動解析、(b)ヘッドマウントディスプレイを用いた解析結果の出力、および(c)イヤホンを用いた音声による行動介入、の実現に取り組んだ。

平成25年度は、このうち(a)の行動解析に焦点を絞り、時系列画像を用いた3次元復元によってデバイス利用者の頭部姿勢を推定する技術を研究した。ヘッドマウント型デバイスで撮影した画像は、動きボケや露光の過不足による外乱を受ける問題がある。提案法では、計測画像の SIFT 特徴量を利用して全画像間の対応点を推定することで、利用しないフレームの自動検出と、撮影時刻の離れた画像間の対応点問題を解決した。計算量の多い3次元復元計算を効率よく実行するために、NVIDIA 社の GPU とクラスタ計算機を用いた。幾何復元には Structure from Motion 法を用い、VisualSFM ライブラリを用いて実装した。

屋内環境と屋外環境で計測実験を行い、開発したシステムの実用性を評価した。屋内環境では、障害物が多く無線や外部カメラによる測位は困難だが、提案法を用いることで安定して位置推定ができることを確認した。屋外環境では、GPS と提案法による測位結果を比較し、高い建造物の周辺において、提案法の方が空撮地図と矛盾のない結果を得られることを示した。

本技術を用いることで、人間の頭部姿勢を正確に計測することが可能になり、各時刻において人間に見える物、見えていない物を推定できるようになった。ビジョンセンサの弱点として、位置推定精度が照明条件に強く依存するため、GPS や Wifi などの他の測位技術による補完が必要である。また計算の実時間化と推定結果の提示とフィードバックが今後の研究課題として残った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】一人称ビジョンセンシング、自己位置同

定

【研究題目】成育医療研究開発事業「子どもの事故予防に関する総合的研究」

【研究代表者】西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】西田 佳史、山中 龍宏、北村 光司（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、東京消防庁の救急搬送データを用いて事故メカニズムの頻度分析を行い、この分析に基づいて、1歳から2歳に多発する転倒による刺傷を取り上げ、棒状製品による刺傷事故のリスク評価技術が開発することとした。刺傷のメカニズム解明を行うシミュレーションシステムと落下衝撃試験機を開発し、有効性を検証するために、刺傷事故の例題として歯ブラシによる刺傷事故を取り上げ、解析を行った。

産業技術総合研究所で開発した落下試験機を用いた刺傷事故のリスク評価の検討を行った。歯ブラシによる事故の最頻年齢である1歳児が、口にくわえたまま転倒した際に受ける力の推定を行った。落下試験機を用いた実験により、最大500[N]が発生した。実験で使用した歯ブラシの先端の面積は32mm²であるため、先端部分に15.6[MPa]の圧力がかかったことが推定された。また、新たに開発した有限要素モデルを用いたシミュレーションによる解析からも、10[MPa]の応力が内部で発生することが確認された。実験結果から、静止立位状態から転倒し、頭部重量が作用しただけでも、皮膚貫通の可能性があるという知見が得られた。

また、これまで成育医療研究センターで蓄積してきた傷害データベースを分析し、発生する頻度の高さ、傷害の重症度、最近の傾向の変化、保護者の知識などを考慮し、意識変容の対象とすべき傷害状況や製品を整理した。

これまでに成育医療研究センターで収集した事故データ（2006年11月～2011年8月、N=15,159）を用いて、年齢別に傷害の頻度、場所、製品の種類などを分析する。また、イラストレータと協力することで、分かりやすく事故統計データを可視化し、取りまとめた。具体的には、1歳～9歳まで、各年齢の事故データを以下の観点から整理した。

1. 傷害メカニズム（転倒・転落、衝突、誤飲、挟まれなど）
2. 傷害部位の頻度を示す身体地図統計
3. 事故発生場所（居間、寝室、階段、食堂、台所、公園、道路、店舗、公共施設など）
4. 傷害の起因となった製品の上位10位（階段、椅子、テーブル、自転車、遊具、ドア、玩具、ベッド、など）。
5. 製品事故の頻度と月齢の関係

今回の分析によって、年齢によって変化する事故誘発

製品の具体的なリストが明確になった。また、従来、製品の事故発生頻度と月齢の関係を示した図は存在していたが、発生頻度の分布が明らかになった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】傷害サーベイランス、子どもの傷害予防、事故統計、子どもの身体寸法、デザイン支援ツール

【研究題目】ABC 次世代バイオマス液体燃料製造システム技術の開発—スラリー層反応による触媒寿命、ガス組成影響、生成物条件の検討及びコンパクト液化装置、熱回収の研究開発

【研究代表者】平田 悟史（バイオマスリファイナリー研究センター）

【研究担当者】平田 悟史、宮澤 朋久、志村 勝也、横山 英幸（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究ではバイオマスと石炭の共ガス化を可能とするタール改質塔を備えた循環流動層ガス化炉の開発と、耐タール・耐硫黄性能を持つ炭化水素合成触媒の開発によって、次世代バイオマス液体燃料製造システムを開発することを目標としている。プロジェクトは新エネルギー・産業技術総合開発機構から石炭エネルギーセンターと岐阜大学に委託されており、BRRC は岐阜大学からの再委託で触媒に関する研究を実施した。具体的にはBRRC に設置したスラリー層反応装置を使って、岐阜大学が開発した触媒の原料ガスの組成の影響、触媒の性状による生成物組成への影響、触媒寿命を調べ、この結果に基づき、熱回収の効率化のための検討を実施した。

岐阜大学から提供された2種類の Fischer-Tropsch 合成触媒および BRRC が独自に開発した触媒を用いて、触媒性能の評価及び原料ガス中の硫黄の触媒に対する影響を検討した。その結果、硫化水素を添加しない条件では、各触媒ともに反応開始後168時間程度の定常活性が確認された。一方、硫化水素を1~4ppm 添加した場合は、岐阜大学の触媒は反応開始直後から急速な活性の低下が確認され、硫化水素の添加による顕著な活性劣化が認められた。BRRC の触媒を用いた場合も急速な活性の劣化が見られたが、CO 転換率が初期活性の半分以下になるまでに要する時間が岐阜大触媒では10時間程度であったのに対して、24時間程度と活性劣化速度を抑制出来ることが確認された。

また、熱回収の効率化の検討の結果、トータルのエネルギー効率向上には反応熱の回収よりもオフガスの利用方法がより重要であることが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】Fischer-Tropsch 合成、触媒、リアクター

【研究題目】足入れの良い健康革靴プロジェクト

【研究代表者】持丸 正明（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】持丸 正明、森田 孝男、小林 吉之、河内 まき子、元田 真吾（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

高付加価値の日本製革靴について「Made in Japan 革靴」ブランドを確立し、新興アジア圏で「履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴」としての認知を得るために、科学的根拠に立脚し、パフォーマンスの高い革靴を開発するための基盤設計技術を研究する。美しさや機能性、コスト性を考慮できる自由度を許容しつつも、履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴のための靴型設計ガイドラインを、科学的根拠に基づいて策定することを最終目標とする。

平成25年度事業では、平成23-24年度に実施した靴型設計要件の多人数・長時間実験による検証と、足サイズと形状の関係を靴型設計に反映するためのデータ整理を行った。具体的には、(1)修正靴型に基づく試作靴を店舗を模擬した実験環境で100名以上の試履試験、(2)同試作靴で10名の被験者について1.5km の長時間歩行試験、(3)足のサイズと形状の関係（アロメトリー）の定式化研究を実施した。この結果、修正なしの基本靴型に加え、2種類の修正靴型を追加することで、満足度が大幅に向上することが確認できた。また、長時間の試履によって、修正靴型に基づく試作靴を選択する者が増えることが確認できた。アーチ部、踵部の修正は、婦人靴と紳士靴で結果が異なっており、ヒールの高い婦人靴ではアーチ部と踵部を修正することで接触面積が増え、靴内での足の前すべりが押さえられることが確認できた。これらの靴型の設計方法と効果を靴型設計ガイドラインとして取りまとめるとともに、この靴型設計ガイドラインを中核として革靴製造、販売までの一貫したプロセス全体の品質管理ガイドラインについて業界団体と議論を進めた。これらの成果に基づいて、基本靴型と2種類の修正靴型に基づく婦人靴を、2014年3月期に都内百貨店で試験販売するとともに、委託元の所有する銀座ショールームでの展示体験を行った。販売は好調で、特に2種類の修正靴型に基づく婦人靴の売れ行きがよいことがわかった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、人間工学、バイオメカニクス

【研究題目】東アジアにおけるバイオ燃料の指標およびバイオマス利活用の影響評価に関する研究

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

〔研究担当者〕 後藤 新一、小熊 光晴、葭村 雄二
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

平成19年度に ERIA (東アジア・アセアン経済研究センター) Energy Project の一つとしてワーキンググループ“Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia”を立ち上げ、良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指した各国の標準化支援と基準調和活動を行っている。平成25年度も事業のワーキンググループ運営を継続した。最新のヨーロッパ規格と調和すべく、EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard: 2008 (EEBS: 2008) の改訂と、これらの情報を更新したディーゼル燃料流通バンドブックの改訂作業を実施した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 東アジア、アセアン、ERIA、バイオディーゼル燃料、BDF、FAME、脂肪酸メチルエステル、酸価安定性、ハンドブック

〔研究題目〕 統合水素エネルギー利用システムの性能向上に資する水素貯蔵材料、及び貯蔵方法に関する基礎的研究

〔研究代表者〕 中納 暁洋 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 中納 暁洋、伊藤 博、前田 哲彦、宗像 鉄雄、鈴木 かほり
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

統合水素エネルギー利用システムの性能向上を目指した水素貯蔵材料、及び貯蔵方法に関する基礎的研究について初年度は産総研で開発している水素吸蔵合金タンクに対し、実用に即した数値解析コード開発を試みた。合金タンク内部の2重螺旋コイル型熱交換器の構造が複雑であることから直接的な数値解析には多大の困難を伴う。そこで実際のタンクを大幅に簡素化し、2重螺旋コイル銅管を真直ぐ引き伸ばした模擬タンクを考え、合金層、タンク外筒、断熱材部それぞれの総体積を一致させるよう厚みを定めた2次元解析モデルを考案した。なお、合金層に関しては螺旋構造の銅管と合金との位置関係が複雑で単純化できないことから、合金層の熱伝導率は幾何学的形状補正を行わずこれをフィッティングパラメータとして取扱い、循環水の出口温度を実験結果と一致させるよう熱伝導率を定め、その熱伝導率を採用した時の合金タンク内部圧力の計算結果が実験結果と一致するか否かの確認を行った。水素吸蔵・放出個別実験の結果に対し循環水出口温度を一致させるよう合金層の熱伝導率を定め計算を行った結果、タンク内部圧力の計算結果もそれぞれの実験値と良く一致した。次に、水素吸蔵・放出を連続的に行った実験に対し数値解析を試みた結果、合金層の熱伝導率を0.34から0.48 W/m・K の範囲で与えることで実験結果を良く再現できることが分かった。採

用した熱伝導率は、LaNi₅合金の熱伝導率と同オーダーであり、半経験的手法ではあるが開発した合金タンクに対し実用レベルでの熱利用解析に耐えうる簡易数値モデルを提案することができた。なお、貯蔵材料の研究は主に共同研究相手が担当している。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素システム、水素吸蔵合金タンク、水素貯蔵材料

〔研究題目〕 超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築 (二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出)

〔研究代表者〕 山崎 聡 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 山崎 聡、西澤 伸一、大橋 弘通、大串 秀世、竹内 大輔、牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、中島 昭、宮崎 剛英、宮本 良之、松本 翼、工藤 唯義、桑原 大輔、水落 憲和、徳田 規夫、鈴木 真理子、小泉 聡、波多野 睦子、岩崎 孝之、都築 康平、佐藤 一樹、齊藤 丈靖
(常勤職員9名、他14名)

〔研究内容〕

二酸化炭素排出抑制に大きな効果を持つ大幅な省エネルギーが実現できるパワーデバイスの候補として、ダイヤモンドの得意な物性である高密度ドーピング薄膜が示す低抵抗ホッピング伝導を利用した新概念の超低損失パワーデバイスを取り上げる。この超低損失パワーデバイス実現に必要なダイヤモンド特有の物性の物理的理解、その物性を利用した新しいデバイス物理の構築、材料プロセス・デバイス作製プロセスの問題点の抽出とその解決策を総合的に行い、超低損失パワーデバイスを提案・試作し、ダイヤモンドによる次世代パワーデバイスの基礎を構築する。

得られた新構造デバイスである、 p^+i-n^+ ダイオードやショットキーpn ダイオードの詳細についての研究を進めた。ダイヤモンドパワーデバイスの大きな課題の一つとして n 型ダイヤモンドと金属との接触抵抗が大きな点が挙げられる。グラファイトを利用することによりこれまでの接触抵抗を一桁以上改善することに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 パワーデバイス、ダイヤモンド、電子デバイス

〔研究題目〕 SOFC 高機能化のためのイオン-電子流れ解析技術の開発 (エネルギー高効率利用のための相界面化学)

〔研究代表者〕 山地 克彦 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 西 美奈、岸本 治夫、堀田 照久、王 芳芳 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 電極では、酸素分子の固体電極表面での吸着・解離→イオン化→拡散→燃料酸化という一連の反応がおこる。この反応の最適化には、多孔質電極／緻密電解質／多孔質燃料極界面での反応機構解明が重要である。酸素（あるいは酸化物イオン）の流れ・動きをマイクロレベルで視覚化することができれば、SOFC 高性能電極の設計、高機能界面の設計に有益な情報を与える。本研究では、安定同位体酸素 (^{18}O) を利用し、異種機能材料界面でおこる酸素イオン化と拡散をマイクロレベルで視覚化する技術を開発する。また、この観測結果に基づき、高機能・高性能電極／電解質界面の設計指針を提案する。

本年度は、空気極に関しては、結晶方位の異なる YSZ 単結晶基板上に製膜した GDC 膜を用い、酸素交換能に与える GDC 膜の結晶方位等の影響について評価を進めた。また、燃料極に関しては、種々の酸化物基板上に Ni を製膜したモデル燃料極を用い、炭素析出に基板材料が与える影響について評価を進めた。また、チーム内での連携として、共通サンプルの作成や、他機関で作成したセルなどについて、酸素同位体交換と二次イオン質量分析計 (SIMS) を用いた解析を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性

【研究題目】 プロトン応答性錯体触媒に基づく二酸化炭素の高効率水素化触媒の開発と人工光合成への展開

【研究代表者】 姫田 雄一郎

(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 姫田 雄一郎、三石 雄悟、王 万輝

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、(1)「水素の貯蔵を指向した高効率な二酸化炭素の水素化触媒の開発」と(2)「多機能型錯体触媒を目指したプロトン応答性触媒の設計指針の構築」を目的とする。具体的には、温和な反応条件で二酸化炭素を還元できるエネルギー効率の高い触媒を開発し、二酸化炭素をエネルギー貯蔵物質として利用するための基盤技術の確立を目指す。また、提案者が開発した独創的触媒設計概念である「プロトン応答性」触媒の反応機構の解明および「多機能型触媒」の開発を行うことにより、新しい触媒技術への貢献を目的とする。

本年度は、 CO_2 水素化反応およびギ酸の脱水素化反応の高性能・高機能な触媒開発に向けて、触媒を、活性化部位、中心金属、機能化部位の3つのカテゴリーに分け、それぞれを対象にした設計・合成・評価を行った。活性化部位の改良では、ピピリジン環上の水酸基の位置による触媒活性化効果を詳細に検討し、オルト位の水酸基か

ら生じたオキシアニオンのペンダントベース効果により、二酸化炭素の水素化反応およびギ酸の脱水素化反応が著しく加速することを見出した。このペンダントベース効果は、同位体効果および密度汎関数法 (DFT) 計算により、実験的、理論的に説明した。また、新たな触媒配位子を探索した結果、アゾール系配位子がピピリジン系配位子に比べて、高い触媒性能を発現することが分かった。中心金属の変更では、非プラチナ系コバルトを中心金属に用いたプロトン応答性触媒が、有機添加物を含まない水中で二酸化炭素の水素化反応によりギ酸を生成することを、世界で初めて報告した。機能化部位の変更では、多官能・多置換シクロペンタジエニル配位子を有するロジウム錯体の新規合成法を開発した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 炭素固定、水素貯蔵

【研究題目】 センサデバイス性能向上及びプロセス基盤技術

【研究代表者】 牧野 俊晴 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 牧野 俊晴、品田 賢宏、都倉 康弘、初貝 安弘、白石 賢二、竹内 大輔、小倉 政彦、加藤 宙光、山崎 聡
(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

ダイヤモンド中の窒素-空孔複合体 (NV センタ) は、固体では唯一、室温で単一スピンを操作・検出でき、さらに磁気共鳴の光検出が可能である。本プロジェクトでは、このダイヤモンド NV センタの性質を利用して、常温で SQUID に匹敵する感度を有し、かつ高空間分解能でイメージングが可能な磁気センサシステムの創製を目標とする。本年度は、電子スピンを有する NV センタを高密度で安定形成するための微細デバイスの検討に着手した。磁気センサとして動作する NV センタは、電子スピンを有している電子がチャージされた NV $^-$ である。これを実現するため、横型の n-i-n 接合のバンドエンジニアリングを利用する微細デバイス構造を提案した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 磁気センサ、ダイヤモンド、NV センタ

【研究題目】 超高耐圧高効率小型真空パワースイッチの作製と評価

【研究代表者】 竹内 大輔 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 竹内 大輔、小泉 聡、八井 崇、山崎 聡、大橋 弘通、西澤 伸一、大串 秀世、牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、中島 昭、宮本 良之
(常勤職員8名、他4名)

【研究内容】

本研究では、ダイヤモンド半導体の特長を利用した真空を用いた高耐圧パワースイッチを作製し、動作実証に世界で初めて成功した。これは、真空管で固体素子同様のパワースイッチングが可能であることを世界で初めて実証したことを意味している。実験結果から、理論的に従来の10分の1の大きさで、100kV 以上で99.9%の効率が得られる大電力変換装置が可能になる。将来、日本近海の洋上風力エネルギー導入や日本列島間での効率的な送電などを行う際に、この技術を利用することで、新しいエネルギー戦略に貢献することが期待できる。

本年度は、耐圧10kV において効率73%のパワースイッチとしての動作実証をもとに、耐圧100kV 級の実証実験用の装置を立ち上げた。ダイオード形電子源としては、昨年度の実証実験で用いた基板より抵抗率が2桁小さい高濃度ボロンドープ低抵抗基板を用い、ダイオードとしての直列抵抗を小さくし、1A 級の動作を可能とした。結果として、電子放出電流は0.5mA を超えた。また、パルス動作で1ms の電子放出電流パルスを確認し、高速なスイッチングの可能性を示した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 パワーデバイス、ダイヤモンド、負性電子親和力、真空パワースイッチ

【研究題目】 高温超伝導固定子巻線技術の研究開発

【研究代表者】 古瀬 充穂（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 古瀬 充穂（常勤職員1名）

【研究内容】

中・大型電気自動車や鉄道用の高効率・高トルク密度超電導モータの実現を目指し、大電流密度高温超電導コイル技術の開発を行っている。

実現しようとしているモータは、京都大学を中心としたグループが開発した「高温超電導誘導同期回転機」（従来のかご形誘導モータのかご形巻線を高温超電導線材で構成したもの）をベースとし、さらに固定子巻線も超電導化した全超電導モータである。高温超電導誘導同期回転機は、同期・非同期トルクの両立、それによる制御性能向上、同期運転による高効率化といった、従来機では実現できない特性を持つ。そのため十分なトルク密度を持つモータが実現できれば、電気自動車等の一層の高効率化、始動・加速特性の大幅な向上が期待できる。

固定子巻線の超電導化には、レーストラック形状巻線技術の確立、鉄心中での大電流容量化、低交流損失化などの技術課題がある。

昨年度は大電流容量化に向けた2並列導体によるレーストラックコイル巻線技術を確立したが、導体を転位してインダクタンスを均等にするため、中間部に半田接続部が存在した。接続部の抵抗はそのまま損失につながる。そこでコイルエンド部において無接続で導体を転位する方式を考案し、基礎的検討を行った。今後は鉄心中での大電流容量化のための技術開発を行う予定である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 超電導回転機、電気自動車、誘導同期回転機、高温超電導コイル

【研究題目】 リグニン由来溶液の詳細構造解析と反応経路の解明

【研究代表者】 鷹觜 利公（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 鷹觜 利公、佐藤 信也、麓 恵里、近藤 輝男、中川美幸、丸山 一江（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は C-C、エーテル、エステル結合を介して芳香環が組み込まれており、場合によっては芳香環が縮合している。そのため、従来資源化する技術がないために減容・焼却されてきた。本研究では芳香環同士を結び付ける多様な結合と置換基について、所望の結合のみ分解することで、それらを構成する基本構造である単環芳香族を単離・製造するプロセス開発に結びつく要素技術を開発するものである。

リグニンなど劣質な未利用難処理炭素資源は巨大分子であるため、実用化の際には実施者が提案する2段階プロセスで単環芳香族を生成する。まず低分子化（分解）を行い、次いで酸化鉄を中心とした触媒による接触分解を行うことで単環芳香族を生成する。

本研究では、上記プロセスにおけるリグニン可溶化機構の解明と可溶化液の詳細分析および分子モデル構築を行った。

リグニン可溶化反応で水相に溶解した分解物の回収のために、先ず水系 GPC で水溶解物の分子量分布を測定した。その結果、水相の分解物の大部分は分子量1,000～10,000の高分子量物質であった。この成分から水分を蒸発させて回収して分析した結果、未燃分を多く含む炭素の乏しい物質であることが明らかとなった。

低分子化リグニンの¹³C-NMR 測定では、DEPT 法と QUAT 法による測定を行い、3級および4級炭素の定量、および個別のスペクトルの解析により、酸素と結合した芳香族炭素およびその炭素に隣接する3級、4級炭素の数とその位置を推定するに至った。これらの方法を用いて、スギから抽出した天然リグニンを含む21試料の構造解析を実施し、反応物の芳香環を中心とした骨格モデルを構築した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リグニン、可溶化、構造解析

【研究題目】 アンモニア内燃機関の技術開発

【研究代表者】 壹岐 典彦（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 壹岐 典彦、倉田 修、松沼 孝幸、井上 貴博、鈴木 雅人、辻村 拓、古谷 博秀（常勤職員7名）

【研究内容】

クリーンで、かつ量的なポテンシャルも備えている再生可能エネルギーを大規模に利用するためには、一旦エネルギーキャリアに変換し、これを消費地まで運搬して最適の形でエネルギーに戻すようなシステムの構築が必要となる。アンモニアは、肥料原料や汎用化学品原料として大量に使用されている。沸点が -3°C であり、水素と比較して容易に液化され、その体積当たりの水素貯蔵量は約18wt%と水素吸蔵合金 (<5wt%) や高圧水素に比してはるかに高密度である特徴がある。さらに液体水素、有機ハイドライドに比しても水素貯蔵量は大きい。また製造・輸送・貯蔵まで一貫した技術が十分に整備されており、次世代の低炭素社会を担うエネルギーキャリアとしての可能性を十分に秘めている。エネルギー消費地における水素への変換、燃料電池デバイス、燃焼などアンモニアの利用技術が確立されることにより、アンモニアをエネルギーキャリアとする社会が構築される。その中でアンモニアを燃料とした内燃機関の燃焼技術の開発を担当している。これらにおいて、克服すべき技術課題の詳細は以下のとおりである。

(1) 排出ガス低 NO_x 化技術の開発

(2) 燃焼強化技術の開発

ガスタービンやレシプロエンジンなどの実用燃焼器においてこれらの技術課題を解決するために、燃焼器の改良を進め、新燃焼コンセプトの実現可能性を検証する。平成25年度は50kW 級ガスタービンをを用いたモデル燃焼試験を実施するため、必要となるマイクロガスタービン及び各種実験装置の構成、仕様を決め導入した。マイクロガスタービン本体は灯油を燃料として50kW の発電が可能であること確認した。アンモニア燃焼を行うため、灯油とガスの2系統の燃料を取り扱える試作燃焼装置を導入した。試作燃焼装置をマイクロガスタービンに取り付けた状態で、灯油を用いて50kW の発電が可能であること、ガス供給系が正常に作動することを確認した。モデル燃焼試験の実施場所を福島再生可能エネルギー研究所として、設置場所の検討、設計を進めた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エネルギーキャリア、アンモニア直接燃焼、内燃機関、ガスタービン、実証試験、燃焼モデル

【研究題目】 高性能・高機能なギ酸脱水素化触媒の開発

【研究代表者】 姫田 雄一郎
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 姫田 雄一郎、松岡 浩一、眞中 雄一
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、水中 100°C 以下の温かな条件下、高性能・高エネルギー効率で、ギ酸から一酸化炭素を含まない“高圧・高品質水素”の連続供給を可能とする技術開

発を目標とする。具体的には、実用に適した温度領域で、低環境負荷型かつ高性能なギ酸分解触媒の開発と、ギ酸から発生する高圧ガスを利用した簡便な水素の濃縮・精製プロセスの構築を行うことにより、他の化学系液体燃料からでは得られない優れた特性を持つ水素供給システムの開発を行う。

本年度は、高効率・高耐久性錯体触媒の触媒設計指針の獲得のための研究を行った。まず、触媒の高効率化および高耐久化の2つの観点からそれぞれ触媒探索を進めた。高効率触媒開発に向けて、新しい骨格の触媒配位子を見出すことできた。また、高耐久性触媒の開発に向けては、一つの方向性を見出すことができた。また、次年度以降の円滑な研究遂行のための研究環境の整備を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 炭素固定、水素発生

【研究題目】 PEFC 性能向上のためのマイクロポーラス層 (MPL) 付ガス拡散層 (GDL) および流路構造の最適化

【研究代表者】 宗像 鉄雄 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 宗像 鉄雄、伊藤 博、染矢 聡、
中納 暁洋、前田 哲彦、坂田 藍美
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の性能向上に資するため、ガス拡散層 (GDL) 撥水性分布及びマイクロポーラス層 (MPL) 素材構造の影響評価と燐光分子センサによるガス流動の可視化手法開発に関する研究を行った。

GDL 撥水性分布及び MPL 素材構造の影響評価では、GDL 基体材料として通常用いられる市販のカーボンペーパーを用い、撥水材 (PTFE) の添加方法に関する検討を行った。具体的には、PTFE 添加時の乾燥工程に着目し、乾燥時の雰囲気圧力と PTFE 分布状態との関連性を調べた。その結果、真空下で乾燥させたカーボンペーパーでは、大気乾燥した場合と比較して、PTFE 分布は厚み方向により一様になり、厚み方向の多孔度分布も均一化する効果があることがわかった。また、セル性能試験の結果、PTFE 均一分布を有するカーボンペーパーでは、燃料電池セルのカソード GDL として排水性能も向上させることを確認した。

燐光分子センサによるガス流動の可視化手法開発では、まず、燐光分子の光学特性調査を行い、分子センサの発光特性を詳細に調査し、温度、酸素濃度に対する感度を明らかにした。ここでは金属錯体の中でも特にポルフィリン錯体に着目し、温度依存性、酸素濃度依存性を評価した。その結果、4種類の錯体の発光強度が酸素濃度に依存することがわかった。また、これらと同じ波長で励起可能であり、かつ、酸素濃度に応答しない蛍光分子を

確認した。酸素濃度に応答しない分子と、応答するポルフィリン錯体とを組み合わせた複合センサ膜を作成し、励起強度の不安定性やセンサ分子濃度に依存することなく酸素濃度の定量計測を実現可能な複合センサを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】燃料電池、ガス拡散層、流路構造

【研究題目】マイルドな熱分解とガス化を組み合わせた化学基幹物質製造プロセスの開発及び低品位炭の水熱抽出・改質技術の開発

【研究代表者】鈴木 善三（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】鈴木 善三、松岡 浩一、倉本 浩司、細貝 聡、川端 康正、鷹觜 利公、Atul Sharma、森本 正人、Qingxin Zheng（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

本研究では、石炭のガス化過程における多環芳香物などのタールの低減、ならびに水熱抽出・改質技術に関する基盤技術開発を行った。タールの低減に関しては、熱分解炉と燃焼炉である気泡流動層が連結した循環流動層を設計し、石炭チャーとタールの接触によるタールの改質効果（タールと石炭チャーの相互作用）を連続装置にて定量的に検討した。まず、循環流動層における各炉から排出されるガス、タール等を精密に分析することにより、ほぼ良好な炭素に関する物質収支を得ることを検証した。ついで、石炭チャーとタールの相互作用を強化するために、熱分解炉内での石炭チャーの濃度を増加させ、これにともなうガス、タールを定量した。熱分解温度を700℃以上とすることで、チャー濃度の向上によるガス収率（主にCO、H₂）の向上が見られた。これは、熱分解由来のタールが、チャー上に析出し、ついで熱分解由来の水分により改質されているためと推察される。さらに、軽質タール（4環以下の多環芳香族類）に関しては、チャー濃度の向上にともなって、タールが減少し、一方、重質タールも大幅に減少することを明らかにした。これは、触媒を利用せずとも、タール低減が可能であることを示唆する。

タール低減に加えて、低品位炭をガス化燃料とオイル燃料に高効率転換することを目的とした研究も実施した。ここでは、350℃程度の穏和な条件の熱水を用いて低品位炭を抽出し、タール（抽出物）と高品位なガス化燃料（抽出残渣、改質炭）を製造する。また、タールを同様の水熱条件で高品位なオイル燃料へ改質するための触媒を開発する。本年度は、前段の水熱抽出で得られる抽出物の詳細分析を実施し、触媒に求められる性能を明らかにした。結果として、提案法によって350℃以下という穏和な条件で35%ものタール状成分を回収できることがわかった。また、抽出物の詳細構造解析を実施し、分子量800以下、芳香環構造は1～2環でカルボニルやカルボ

キシル基が存在することを明らかにした。抽出物を高温高圧水中でオイルに転換するための触媒には、脱酸素反応を促進する性能が求められることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】石炭、ガス化、タール分解、改質、亜臨界水

【研究題目】革新的なダイヤモンド熱電子発電技術の開発

【研究代表者】竹内 大輔（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】竹内 大輔、山崎 聡、牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、祖父江 進、奥野 英一、木村 裕治、片岡 光浩（常勤職員5名、他4名）

【研究内容】

本研究では、産総研の負性電子親和力の評価技術とN型ダイヤモンド薄膜の合成技術をシーズ候補とし、熱電子発電技術の顕在化に必要な要素技術を開発する。課題は、内部抵抗が高い（10Ω・cm²）、1.7eV以下の仕事関数が望ましい、電極間の温度差が安定しない等である。本研究開発では、内部抵抗1Ω・cm²以下、仕事関数1.7eV以下、実装条件の抽出、を行う。

本年度は、①ダイヤモンド膜の内部抵抗の低減、および②ダイヤモンド表面の実効的な仕事関数の低減、を目指した。①については、(1) 10²⁰cm⁻³オーダーの高濃度リンドープCVDダイヤモンド薄膜の合成に成功し、目標の1Ωcm²以下に対して0.2Ωcm²まで低減できた。

(2) 上記膜にデンソーで高濃度窒素ドーパ CVDダイヤモンド薄膜を積層し、熱電子放出特性から、仕事関数の目標値1.7eVに対し、1.7eVを得た。(3) 作製した高濃度リンドープ単結晶CVDダイヤモンド薄膜のTPYS測定とAFM・KFM測定を行い、表面で強い上向きバンドベンディングが生じることを確認した。

以上の結果を踏まえて、ハイリスク挑戦ステージへの申請を行い、研究の継続が決定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パワーデバイス、ダイヤモンド、負性電子親和力、真空パワースイッチ

【研究題目】車載に向けたダイヤモンド薄膜を使った熱電子発電素子の開発

【研究代表者】加藤 宙光（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】加藤 宙光、山崎 聡、竹内 大輔、牧野 俊晴、小倉 政彦（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

グリーンイノベーション領域において、エネルギーの利用効率を高めることは重要な技術の一つである。エネルギーの利用効率を上げる手段のひとつに排熱を再利用することが挙げられる。自動車排熱（エンジン排熱な

ど) やコジェネレーションシステムのような比較的少量の熱量を効率良く利用するためには、更に高効率、かつ「熱いところに置くだけで自然に発電する」熱電変換デバイスが必要である。今後予測されている内燃機関を用いた自動車の増加による排熱および CO₂ 排出問題に対応するためにも自動車排熱回収による省燃費技術の開発は世界的急務である。

本提案の「熱電子発電」では、ダイヤモンド半導体のみが有する負性電子親和力を活用することで高効率に熱電子を取り出す。この熱電子が発電のドライブフォースとなるため、温度差を利用する素子とは異なり、特段の冷却機構を必要としない簡便な発電システムが可能となる。

これまでに手始めとしてダイヤモンド単膜を用い熱電子発電が可能であることを確認した。その効率は0.1%以下と低いが、提案者らがシーズ顕在化ステージにおいて開発した複合膜を用いれば、実効的な仕事関数を大幅に小さくできる。実効的な仕事関数に対し出力は指数関数的に上昇するので、効率は100倍以上となる。ハイブリット車や小型車の仕様となる出力性能1W/cm²以上を現実化できると期待している

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電子発電、負性電子親和力、排熱利用、仕事関数、ダイヤモンド

【研究題目】半導体ダイヤモンドの開発

【研究代表者】加藤 宙光 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】加藤 宙光 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

そのグリーンイノベーションの一つとして、幅広い分野において使用されているパワーエレクトロニクスが期待されている。現在、パワーデバイス半導体材料は Si が用いられている。しかし、Si パワーデバイスによる更なる低消費電力化は物性的に限界と言われており、更なる省エネ効果の向上のためには、新規材料を用いた革新的パワーデバイスの開発が必要である。その候補材料として、SiC、GaN、そしてダイヤモンドが挙げられる。各半導体材料の物性値と電力素子としての性能を示す Baliga 指数、そして10年間の省エネ効果として原油換算効果量に関して、ダイヤモンドの物性はその他の半導体材料よりも圧倒的に優れており、最も省エネ効果が期待できる究極のパワーデバイス半導体材料と言える。

ダイヤモンドパワーデバイスは将来のエネルギー問題の解決に資すると期待され、また、ダイヤモンドは半導体パワーデバイスだけではなく、深紫外線発光/受光デバイスや、バイオ/ケミカルセンサー、量子デバイス、そして放射線検出器等への応用も期待される。

しかし、現在、デバイスグレードの半導体ダイヤモンドは市販されていない。それは、半導体ダイヤモンドに関する研究者人口の増加を妨げるネックとなっている。

更に、Si や GaAs、SiC 等の半導体産業の歴史を見ても明らかのように、半導体ウェハ開発は極めて重要である。従って、本研究では、イノベーションの核となる半導体ダイヤモンドの製造技術を開発することを目的とする。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】半導体、ダイヤモンド、ウェハ、パワーデバイス、省エネルギー

【研究題目】次世代型無煙薪ストーブのための除煙ユニットの開発

【研究代表者】鈴木 善三 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】鈴木 善三 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、薪ストーブの購入者・利用者が増加傾向にあるが、起動時や薪追加時の煙が近隣トラブルを引き起こすことから、都市部での普及が進まない状況にある。そこで本研究では、既存設備の煙突部分に据え付ける「誘導加熱型触媒燃焼器」(以下除煙ユニットと称する)を開発してこれらの問題を解決し、薪ストーブによりバイオマス利用を促進することを目的とする。

今年度はまず、共同研究先において薪ストーブ3種類の各種測定を実施した。その結果、下記のことが明らかになった。(1) 定格燃焼時の排ガス流量は、約1500NL/min であり、変動幅は約±400NL/min であった。これから、煙突内では2~3m/s の排ガス流速になっている。(2) 乾燥した薪(水分20%以下)を使用した場合、着火後の排ガス温度は400~500℃となるが、薪投入時には数分間、100~200℃程度温度が低下する。(3) 定格燃焼時の薪ストーブの典型的な排ガス性状は、O₂ = 15%、CO₂ = 5%で空気過剰の状態での燃焼が進行している。(4) 定格燃焼時の薪ストーブからは、常時5000ppm 程度のCO が排出されており、工業燃焼装置に比べ非常に高い値である。

以上の測定結果を考慮して、触媒燃焼評価装置(除煙ユニット評価装置)の基本設計条件を次のように定めた。

(1) 温度、250~400℃、(2) 触媒層ガス流速、2~3m/s、(3) 模擬ガス組成 O₂ : 15%、CO : 5000ppm。この設計基準に従って、模擬排ガスの予熱、誘導加熱方式の触媒燃焼装置、排ガスの採取部、排ガスの排気部、からなる評価装置を設計製作した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、薪ストーブ、触媒燃焼

【研究題目】単結晶性 LiMn₂O₄ ナノワイヤーの簡易な合成法による高性能 Li イオン電池正極材料開発

【研究代表者】細野 英司 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】細野 英司 (常勤職員1名)

【研究内容】

持続的発展可能な社会の実現、環境・エネルギー問題

の解決へ向けて、二酸化炭素ガス排出量に大きな影響を持つ自動車のエネルギー源をガソリンや軽油から電気エネルギーに転換していくことが重要であり、そのためには高性能二次電池の開発が必須となっている。高出力型および大容量 Li イオン電池用正極材料として理想的なナノ構造である単結晶一次元構造体である単結晶 LiMn_2O_4 ナノワイヤーを大量に合成する手法を確立することを目的として研究を行った。Li イオン電池材料として有望な LiMn_2O_4 について、高い結晶性を有するナノ材料の作製を低コストにて行うためには、前駆体となるマンガン化合物のナノワイヤーをいかに簡易に作製可能であるかが重要な点であり、耐圧容器を必要としない合成法の確立を目指しての研究を行った。

100°C未満の温度にて MnOOH ナノワイヤーを合成し、これを用いて LiMn_2O_4 を作製した。一次元構造体であるナノロッドを確認することができたが、微粒子の存在も確認された。合成された LiMn_2O_4 を用いて Li イオン電池を作製し、充放電を行い電気化学的評価を行った。容量の特性評価と共に、出力の特性評価についても行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】Li イオン電池、正極材料、単結晶、ナノ構造制御

【研究題目】高活性・抗菌性・化学的安定性を有する可視光応答型酸化タングステン光触媒の実用化

【研究代表者】小西 由也（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】小西 由也（常勤職員1名）

【研究内容】

紫外光がほとんどない室内でも使用することができる可視光応答型酸化タングステン光触媒は、酸化銅などの助触媒により環境浄化用途などにおける実用化が期待されている。しかしアルカリ性環境下で溶解するという問題点があるためにアルカリ性の洗剤などが多用されるキッチンやバスルームの内装建材として用いることは困難であった。一方、以前に実施された NEDO による「循環社会構築型光触媒産業創成プロジェクト」ではビスマスなどの金属元素を添加することで光触媒活性を保ったまま耐アルカリ性を向上させることに成功している。本研究では、この知見に基づき抗菌性・セルフクリーニング性能への金属元素添加の影響の解明、それに応じた新たな添加元素の探索、および添加量・添加方法（添加条件）の最適化等を行って、室内建材用の抗菌性・セルフクリーニング機能を持つ可視光応答型酸化タングステン光触媒材料を開発することを目標とした。

平成25年度は、ビスマスを添加した酸化タングステンの抗菌性・抗かび性・セルフクリーニング性（親水性）について調べた。水溶液中でビスマスを常温吸着した酸化タングステン薄膜について、JIS に規定される抗菌性

試験（黄色ブドウ球菌）及び抗かび性試験（クロウジカビ・アオカビ）を評価機関で実施しところ、無添加の場合より活性値の増加が見られた。ビスマスの常温吸着は抗菌活性・抗かび活性を向上させる作用があることが分かった。また加熱を伴う含浸法でビスマスを添加した酸化タングステン薄膜は20～30時間程度の可視光照射で水接触角が5°程度まで低下すること分かった。ビスマスを添加しても超親水化することが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】可視光応答型光触媒、酸化タングステン、耐アルカリ性、抗菌性、抗かび性

【研究題目】次世代鉄道システムを創る超伝導技術イノベーション

【研究代表者】淵野 修一郎

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】淵野 修一郎、古瀬 充徳

（常勤職員2名）

【研究内容】

超伝導ケーブルの現状調査を行い、超伝導ケーブルの課題、特に長距離冷却システム構築のための検討課題を抽出した。

その結果、HTS 超伝導ケーブルの利点と課題が以下の通りとなった。

HTS 超伝導ケーブルが保有する大電流を低損失でコンパクトに送電できるという特徴から、以下のような利点が考えられる。

- ・低損失送配電による CO_2 排出の削減（50%以上削減）
- ・コンパクト化による地下スペースの有効利用（総合的経済性の獲得）
- ・既存ケーブル更新時の増容量リプレース（既設インフラストラクチャーの利用）
- ・低電圧大電流送電による変電所簡素化・省略化
- ・非可燃物（液体窒素）適用による防災面メリット
- ・シールド構造による漏洩磁場なし（EMI フリー）
- ・銅ケーブルに比べ約1/4軽くなることからくる省資源効果

以上のような利点を享受できるような状態になるためには、まだ現状技術では不十分で、実用化のためには、大電流化、端末の小型化、断熱管の高性能化、短絡電流の影響等の課題解決が求められており、特に冷却システムに関しては、高効率化、低コスト化・高性能化、小型化、運転特性が課題として挙げられている。

また、近年欧米で主流となってきている対向流冷却方式に関しては、電気絶縁層の熱伝導率が重要なパラメータとなっており、正確な熱伝導率の測定が必要であるとともに、温度上昇を抑えるためには、電気絶縁層の厚みの増加、熱負荷の抑制が重要となる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超伝導送電ケーブル、対向流冷却、電気

絶縁材料

〔研究題目〕金属-空気電池における正極および電解質の開発

〔研究代表者〕周 豪慎（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕周 豪慎、松田 弘文、劉 銀珠、北浦 弘和、岡垣 淳、朝倉 大輔、Liao Kaiming、Zhang Chaofeng（常勤職員6名、他2名）

〔研究内容〕

導電性がある金属と金属酸化物を空気極の酸化還元 ORR と OER 反応を調べていた。更にリチウム酸素電池を構築して、放・充電特性を調べていた。一部の実験結果からみると Li_2CO_3 が生成され、充電過電圧が高く ($>4.2\text{V vs Li/Li}^+$) になると、サイクル特性が不安定になることを示唆している。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕触媒、空気極、リチウム空気電池

〔研究題目〕光触媒の光物理的性質、二酸化炭素還元光触媒反応の初期課程の解明

〔研究代表者〕小池 和英（環境管理技術研究部門・未規制物質研究グループ）

〔研究内容〕

本研究では、太陽光をエネルギー源、水を還元剤とした CO_2 の資源化技術の中核となる光触媒の開発を目指す。具体的には、(1) Z スキーム型金属錯体-半導体複合系光触媒、(2) メタノール生成可能な CO_2 多電子還元光触媒、(3) 稀少性の少ない金属を中核とする CO_2 光還元触媒を開発する。

本年度は、項目(1)の光触媒システムの還元側の構成要素である多核金属錯体について、光励起直後の還元消光過程による1電子還元体の生成過程について、溶媒の与える影響を高速分光測定により明らかにする目的で、研究を行った。

これまで研究では、電子供与体には、NAD のモデル分子である 1-Benzyl-1,4-dihydrinicotinamide (BNAH) または 1,3-Dimethyl-2-phenyl-2,3-dihydro-1H-benzo[d]imidazole (BIH)、溶媒にはジメチルホルムアミドを用いて高効率を得ている。しかしながら水を電子源として利用する系を構築するには、溶媒としても水を利用できることが必要となる。これまで水中の還元消光は効率が低く、その要因は明らかになっていなかった。高速分光法を利用して、この過程で生成する中間状態 ($^3\text{MLCT}$ 励起状態、1電子還元状態) の濃度変化を観測することにより、水中での1電子還元体生成効率が低い原因が、(1) 消光剤による消光効率自体が低い、(2) 電子移動直後に生成する双性イオン対から個々に溶媒とされたイオンラジカルを生成する収率が低い (溶媒ケージ内での再結合しやすい) の2点であるこ

とを証明し、高効率の触媒開発には、より高性能の消光剤分子の探索と双性イオン対の解離を促進する分子設計が重要であることが明らかになった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕人工光合成、 CO_2 、金属錯体、触媒

〔研究題目〕赤外熱画像装置オンサイト校正器の開発

〔研究代表者〕清水 祐公子（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕清水 祐公子、石井 順太郎（常勤職員2名）

〔研究内容〕

熱画像センサの高性能・低価格化を背景に熱画像装置の利用が拡大している。その結果、ものづくり現場の非接触温度モニターとして、従来の単素子型の赤外放射温度計に代えて、熱画像装置を定量的な温度分布モニターとする計測ニーズが拡大し、その熱画像データの信頼性確保が強く要求されている。

本研究では、測定現場において信頼性の高い定量的な熱画像データの取得のためのオンサイト校正器に必要な、高放射率小型黒体空洞技術を確認することを目標とした。その黒体空洞は、小型でありながら放射率が限りなく1に近く、可視から遠赤外領域において波長依存性を持たないことが必須であり、この課題を、カーボンナノチューブを空洞壁面の一部に適用することで解決した。用いたカーボンナノチューブは紫外から遠赤外の広い波長範囲で放射率が0.98程度の高放射率を保持している。これを気体循環式黒体炉の底面に設置したところ、空洞長を従来技術の半分以下としても、実効放射率は熱画像装置の波長帯10 μm 付近で0.997となり、目標値以上の放射率を有する小型空洞技術が確立された。波長依存性による不確かさは従来技術の10分の1である0.1°Cにまで大幅に改善することができた。また、市販黒体炉に同様の技術を適用したところ、同じく放射率の著しい改善がみられた。市販の空洞でも、本技術を活用すれば、校正用機器として使用可能であることも示した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕熱画像装置、熱、センサー、カーボンナノチューブ、黒体空洞、リモートセンシング

〔研究題目〕サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立および PUF デバイスの実装・評価とセキュリティシステムへの応用

〔研究代表者〕堀 洋平（セキュアシステム研究部門）

〔研究担当者〕堀 洋平、片下 敏宏、坂根 広史、飯島 賢吾、佐々木 明彦（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究課題では、サイドチャネル攻撃の安全性評価環境の構築や攻撃手法の研究、および半導体の物理特性を

利用した偽造防止技術 PUF (Physically Unclonable Function) の研究開発を行った。

サイドチャネル攻撃は、IC カード等に搭載されている暗号回路の消費電力や漏えい電磁波を解析して内部データを盗み出す攻撃であり、産業界における大きな脅威の1つとなっている。サイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドライン策定が急がれているが、各研究機関が独自の環境で実験を進めていたため、実験結果の追試や検証が難しく標準化の妨げとなっていた。そこで我々は、セキュリティ LSI の耐タンパ性能を評価する指針を提示するとともに、上記の様々な物理解析攻撃実験用の LSI ボードを開発し、評価試験環境を構築してきた。本年度は、IC カード上の暗号モジュールの耐タンパ性評価環境である IC カード型 FPGA ボード MiMICC (Mineature Measurement Integrated Circuit Card) を開発した。MiMICC は国内の企業に技術移転され事業化に至り、国内外の研究者が利用可能となっている。これにより、国内外の研究機関でのサイドチャネル研究の促進に貢献した。

PUF は、LSI の製造過程において偶然に生じるデバイスの物理的なばらつきを固有の ID や認証データとして利用するものである。LSI チップのばらつきを複製することはできないため、PUF は複製が極めて困難な ID を生成することができる。PUF は半導体製品の偽造防止のみならず、RFID 化して製品に添付することで、医薬品やブランド品等の様々な模倣品を検出・防止することができる。本年度は、従来の Fuzzy Extractor よりも小型・高速な暗号鍵生成を可能にする方式を開発した。また、この方式と上記 MiMICC に実装された PUF を組み合わせ、模倣品を検出・防止する認証システムのプロトタイプを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サイドチャネル攻撃、標準評価プラットフォーム、PUF、偽造防止

【研究題目】電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発

【研究代表者】川村 信一

(セキュアシステム研究部門)

【研究担当者】川村 信一、片下 敏宏、堀 洋平

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

様々な情報機器に用いられている暗号のソフトウェアやハードウェアに対し、その動作中に発生する電磁波や、消費電力波形に漏洩している情報を解析することで、内部データを盗み出す「サイドチャネル攻撃」の脅威が現実のものとなっている。これに対し、漏洩する情報を評価し、サイドチャネル攻撃への安全性を検証するプラットフォームの開発が本研究の目的である。

本研究の主な成果は、(1)スマートカードと暗号回路

に対応した評価ボードの開発、(2)FPGA の電磁界解析向けのボードの開発、(3)電源およびインタフェースの雑音特性の改善、(4)拡張性の高い波形取得ソフトウェアの開発、(5)これらの成果を統合したサイドチャネル攻撃評価環境の開発、である。

本研究は、科学技術振興機構の研究費に基づき、研究代表者 本間尚文准教授(東北大学)の下で実施し、平成25年度末に終了した。平成26年2月には、日仏のプロジェクト関係者が一堂に会し、最終報告会を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】暗号モジュール、サイドチャネル攻撃、標準評価プラットフォーム、測定ソフトウェア、電力測定、電磁波測定

【研究題目】テスト技法 FOT の支援ツール開発、技法の拡充、及び実証実験による実用化研究

【研究代表者】北村 崇師

(セキュアシステム研究部門)

【研究担当者】シリル アルト、北村 崇師、大岩 寛

(常勤職員3名)

【研究内容】

FOT 技法とは、モデルベースの組み合わせテスト技術である。拡張論理木を基にしたテスト設計言語を用いてテスト対象システムのテストモデルを記述し、そのテストモデルよりテストケースを機械的に生成することができる。テストモデルの記述に拡張論理木を基にしたテスト設計言語を用いることで、開発者のテストモデルの作成を支援することができる点が FOT の特徴である。

平成25年度では、まず FOT 技法の拡張論理木を基にしたテスト設計言語の拡張を行った。既存のテスト設計言語は、基本的な論理木 (And-Or 木) の上に mutex と requires の二種類の制約から構成されていた。この言語を Tmr と呼ぶ。一方で、mutex と requires は命題論理式の部分集合である。命題論理式は一定の表現力を持つ論理言語である。また、既存のテスト設計言語である PICT や ACTS は、(FOT のように木構造による階層化はできないが、) 制約に命題論理式を用いることができる。こうした理由から、私たちは FOT の既存のテスト設計言語 Tmr をその制約に任意の命題論理式を記述可能なように拡張した言語 Tprop を提案した。そして、Tprop が Tmr より表現力が高いことを証明し、さらに、Tprop に対する機械的なテストケース生成法(テストケース生成アルゴリズム)を開発した。

また、キャッツ株式会社と共同で FOT 技法の GUI (Graphical User Interface) 開発を開始した。産総研が開発する FOT ツールは、CLI (Command Line Interface) である。つまり、ターミナルやコマンドプロンプトなどに、キーボードで文字列や数字を入力することで命令を直接打ち込んで操作する方式である。平成

25年度では、FOT ツールと GUI の最も基本部分の連結部分の設計を行った。これにより GUI を用いてテスト設計を行い、テストケースの生成を内部で動作する FOT ツールで行う、といった GUI の基本部分の設計が完成した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ソフトウェア検証、ソフトウェアテスト

〔研究題目〕 新材料の探索と太陽電池技術の開発

〔研究代表者〕 仁木 栄

(太陽光発電工学研究センター)

〔研究担当者〕 仁木 栄、柴田 肇、反保 衆志

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究では、地球上に豊富に存在する元素(銅、鉄、等)を用いたカルコゲナイド新材料に注目し、その太陽電池作製技術とデバイス高性能化技術を開発する。希少金属の使用量削減と、安価な製膜・デバイス手法の開発によって製造コストの大幅な低減を図り、コスト競争力が強く資源戦略性に優れた“ロバスト”な薄膜太陽電池技術を確立する。具体的には、黄銅鉱(CuFeS_2)および黄鉄鉱(FeS_2)に注目し、天然鉱物として古来より知られたこれらの半導体が、薄膜太陽電池の光吸収層用材料として高い潜在能力を持つことを実証することを最終目標とする。

2013年度には、2012年度に構築した鉄系カルコゲナイド材料製膜装置を駆使して、多元同時蒸着法によって CuFeS_2 の薄膜の作製を試み、その基礎物性を測定評価した。その結果として、多元同時蒸着法によって CuFeS_2 の単相薄膜(多結晶)をガラス基板上に作製することに成功した。その結果として、得られた薄膜の電気的特性は、薄膜の Cu/Fe 組成比の値に大きく依存することが明らかとなった。すなわち、 $\text{Cu/Fe} > 1$ において薄膜は n 型の電気伝導性を示し、また $\text{Cu/Fe} < 1$ において薄膜は p 型の電気伝導性を示す。この傾向は、 CuFeS_2 の類縁物質である CuInSe_2 における傾向とは正反対であるが、別の類縁物質である CuFeSe_2 においては過去に同様の報告があり、鉄系カルコゲナイドの特徴であると考えられる。また、いずれの組成比においても、薄膜のキャリア濃度は非常に高く、ほぼ金属化した縮退半導体であることが明らかとなった。この結果は、天然鉱物を用いて行われた過去の研究とは異なるが、人工結晶を用いて行われた過去の研究とは整合する結果である。

次に、得られた CuFeS_2 薄膜の光吸収係数スペクトルを測定した結果、この物質は $E_g = 0.6$ eV 程度の半導体であり、 $h\nu = 0.8$ eV 付近における光吸収係数が 2×10^4 cm^{-1} 程度の高い値を持つことが明らかとなった。これらの結果は過去に行われた同様の研究の結果と整合しており、 CuFeS_2 が薄膜太陽電池の光吸収層用材料として高い潜在能力を持つことを暗示している。但し、本研究で

得られた光吸収係数スペクトルには、幅の広い光吸収帯が低エネルギー領域にバックグラウンドとして存在し、その起源は上述の高濃度キャリアの存在であると考えられる。この高濃度キャリアの起源は、太陽電池用材料としての適性にも深刻な影響を与えるため、今後の詳細な検討を要する。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、化合物半導体

〔研究題目〕 高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発

〔研究代表者〕 児島 宏明(知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 児島 宏明、佐土原 健(知能システム研究部門)、永井 聖剛(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進するために、生活に必要な不可欠な情報把握を支援し日常生活行動を見守るロボットシステムの開発を目指し、国立障害者リハビリテーションセンターを代表とする6機関で共同研究を行っている。そのうち産総研は主として、高齢者の発話に対する音声認識精度の向上のための研究を担当する。全体で3ステージから成る最長10年間のプロジェクトの中で、本年度は第2ステージの初年度であり、第1ステージで開発した手法のロボットシステムへの実装と、実際の生活環境で頑健に動作するための手法の改良を進めた。

具体的には、ロボットとの対話による情報支援において、高齢者の意図を高精度に抽出するための音声認識技術に関して、利用コストの大きい話者適応を用いなくても必要な精度を達成可能な技術の開発を目指した。その結果、音響モデルの改良により、音素正解精度が37.9%から49.0%に、意図抽出精度が75.9%から77.1%に向上し、改良前の話者適応モデルに迫る精度を達成した。また、開発した認識手法のロボット上への実装を進め、音声認識エンジンと意図抽出エンジンを Web サービスとして実装したプロトタイプシステムを作成した。さらに、日常生活を見守るために、無線電センサなどのデバイスを利用した行動認識技術の開発を開始し、延べ2か月分のデータを取得し分析を行っているところである。また、高齢者の認知特性把握のために、認知科学的観点から検査方法の選定を行うとともに、日常発話情報から認知機能低下を検出する可能性について、予備的検討を開始した。今後は、開発した手法の実システムへの実装をさらに進め、生活現場での実験に反映させていく計画である。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 音声対話、ロボット、高齢者、認知症

〔研究題目〕二国間交流事業共同研究

〔研究代表者〕大崎 人士

(セキュアシステム研究部門)

〔研究担当者〕大崎 人士、大岩 寛、西原 秀明、山形 頼之、田口 研治、北村 崇師、Cyrille Artho、崔 銀恵、吉田 勝彦

(関西産学官連携センター)

(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

組込みシステムの検証技術とその応用をテーマとして、ベトナム科学技術アカデミー通信技術研究所(VAST/IoIT)と共同研究を実施している(研究期間:平成23年8月~平成26年7月)。

26年1月に5名がハノイを訪問し、IoITでワークショップを開催した。ワークショップでは、IoITで進められている形式検証技術に関する5件の講演、セキュアシステム研究部門で進められているソフトウェア高信頼化に関する3件の講演が行われた。また現地のIT企業などから日越の連携や技術開発の方向性に関する話題提供が3件あり、日越の両国間、産学官の各組織間で更に連携を深めていくことの重要性が議論された。

ワークショップ開催と併せて、ハノイの研究機関(二大学)、現地IT企業(三社)を訪問した。互いの活動紹介に続いて、現地情報や関心について意見交換を行った。

23年度からの通算で本事業による訪問先はハノイの12大学、10企業となり、またIoITの研究者4名の産総研訪問を受け入れた。往訪の回数を重ねることで相互理解が進み、一層強固な連携の基盤が形成されつつあると考えられる。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕組込みシステム、システム検証

〔研究題目〕微小ジョセフソン接合の開発と超伝導集積回路の高度化

〔研究代表者〕日高 睦夫

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤哲朗、北川 佳廣、原島 栄喜

(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

急速に進展が続いている情報化の恩恵を低エネルギー社会の構築に向けて、低炭素社会の構築が見込まれる。そこで、本研究開発では、情報機器の中でエネルギー消費がもっとも大きいデータセンタに焦点を当て、そこに使われる情報機器の低エネルギー化を新しい超伝導エレクトロニクス技術を導入することで達成する。具体的には、主構成要素であるマイクロプロセッサ、メモリ、光入力回路(光-電気変換器、O/E変換器)のそれぞれを、これまでの超伝導もしくは低温エレクトロニクス

クス技術より、1桁から2桁低エネルギー化、もしくは高性能化する。マイクロプロセッサに関しては、低電圧動作単一磁束量子回路(低電圧RSFQ回路)を導入する。また、メモリは電源部の不要なエネルギー消費を抑制したLRバイアスシフトレジスタキャッシュメモリ、LRバイアスVortex Transition Cell(VTC)主メモリを開発する。同時に記憶保持に磁束量子を用いない磁性単一磁束量子(SFQ)融合メモリを研究し、大幅なエネルギー低減化を探る。O/E変換器には、超伝導ナノワイヤ単一光子検出器の技術を応用し低エネルギー化を図る。超伝導集積回路プロセスの高度化(微細化、高電流密度化)も合わせて進め、最終的には高速性と低エネルギー性を兼ね備えた光・磁気・超伝導融合計算システムの実証を目指す。本年度は、現在の最先端のプロセス(Nb9層、臨界電流密度10kA/cm²、最小接合寸法1 μ m角)よりも高臨界電流密度化、微細化を図り、より高速な小規模回路の実証を行った。RSFQ回路を作製する全てのニオブ9層プロセスにおいて4種類の微小円形ジョセフソン接合を作製し、それらの臨界電流値、臨界電流値均一性、接合面積を継続的に測定した。その結果、現在RSFQ回路試作に使用されている最小JJの1/4の大きさである面積0.25 μ m²のJJにおいても長期間にわたり安定に特性を制御して作製できることが示された。また、臨界電流密度を20kA/cm²に設定し、1.0 μ m²より小さな接合を用いて名古屋大学が設計したSFQ回路を作製した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕超伝導システム、単一磁束量子素子、低消費電力、超高速情報処理、微小ジョセフソン接合

〔研究題目〕ナノSi熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

〔研究代表者〕多田 哲也

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕多田 哲也、内田 紀行、森田 行則、前田 辰郎、Vladimir POBORCHII、PARK Sungjin(常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱電発電技術が注目を集めている。熱と電気的直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率は高いが熱伝導率は低いという、相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創出する手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ビスマスやテルル等から構成されていることから、熱電発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。

本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン

(Si)に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

これまでに、Si ナノ結晶と Ni シリサイドナノ結晶からなる Si-Ni シリサイドナノコンポジット材料に P もしくは B をドーピングすることで、 $\sim 10^{20}\text{cm}^{-3}$ のキャリア密度の n 型と p 型半導体が作製でき、室温での性能指数 ZT が、それぞれ 0.06、0.13 になることを実証した。本年度は、さらなる熱電性能の向上を狙い、Si ナノ結晶に Ge を添加した。Ge を 1-20% 添加することにより、不純物によるフォノン散乱を増大させ、Si-Ni ナノコンポジットにおいて 5-6 W/mK であった熱伝導率が、1-2.5 W/mK へ大幅に低減した。Ge 添加による熱伝導率の低減より、n 型の Si-Ni の室温での ZT が約 30% 向上し、0.08 になった。

また、p 型の Ni-Si と n 型の Ni-SiGe (20%) を用いて、ガラス基板上に 6 つの pn ペアからなる薄膜熱電素子を試作した。熱電素子に約 30°C の温度差を与えた時、22mV の起電力が発生し、その時の素子の内部抵抗が 81k Ω であり、最大出力を算出すると、1.6nW であった。Si-Ni 膜の抵抗率から計算すると、内部抵抗の主成分は pn 接合部分と予想でき、出力の向上を図るためには、界面処理が鍵となることが判明した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット

【研究題目】高機能部品内蔵インターポーザの実現に向けた超高密度部品実装技術の開発

【研究代表者】菊地 克弥

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】菊地 克弥、青柳 昌宏、渡辺 直也、

馮 ウェイ、橋野 健

(常勤職員 4 名、他 1 名)

【研究内容】

電子機器に広く用いられている回路基板については、受動部品、能動デバイスを高密度に集積して、超小型モジュールとすることにより、部品、デバイス間の配線を短くして、省エネルギー化、高集積化、高機能化を達成することができるため、部品内蔵基板技術に期待が集まっている。

本研究では、部品内蔵基板内において、部品間 0.1mm で超高密度部品実装する技術、および、部品内蔵インターポーザにおける電源ノイズ低減効果を評価する技術について、(株)アリーナと共同して開発を行う。従来のはんだリフローによる部品実装技術では間隔 0.1mm 以下の狭間隔で部品実装すると、リフロー後の熔融したはんだフィレットの形状制御が難しく、部品間での短絡不良が発生する課題、および、部品内蔵基板内ではんだ実装された部品について、部品内蔵基板上の表

面に部品をはんだリフロー実装する際にはんだ接合部が再熔融して、短絡不良が発生する課題があり、新たな実装プロセス開発に取り組む。また、部品内蔵インターポーザの電源ノイズ低減効果の評価技術としては、電源配線の高周波インピーダンスを広帯域で測定して、間接的に電源ノイズの抑制効果を評価していたのに対して、より正確な評価を行うため、電源ノイズを発生できる模擬デバイスをインターポーザに実装して、電源ノイズの影響を測定する技術を開発する。

平成 25 年度は、10~20mm 角の回路基板内に 0.1mm 以下の狭間隔で 100~500 個の 0402 型微小チップ部品を実装する製造条件の構築を目指して、評価用部品内蔵基板の設計・試作により製造条件、設計ガイドラインへのフィードバックを進める。また、低電源インピーダンス特性(従来の部品内蔵インターポーザに比較して 1/100 以下)を達成できる高密度部品内蔵インターポーザプロトタイプ製造条件の構築を目指して、デカップリングキャパシタ部品内蔵インターポーザを設計・試作する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高密度実装、インターポーザ、部品内蔵

【研究題目】グラファイト複合構造体の基礎物性解明

【研究代表者】大谷 実 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】大谷 実、Nguyen Thanh Cuong

(常勤職員 1 名、他 1 名)

【研究内容】

量子力学に立脚した計算機科学の手法を用いて、次世代半導体材料における新探究材料として注目を集めている、グラフェンを中心とするナノスケール炭素物質の基ぞぶっせいかいめいを行い、そこで得られた知見を基に現状におけるグラフェン、ナノスケール炭素材料のデバイス応用における問題点の指摘と、デバイス設計指針の提示を行う。同時に、次元性、形状、階層構造制御による新たな機能性ナノ炭素構造体の理論物質設計を行い、次世代半導体材料において、新に目指すべき炭素ナノ材料設計、応用の指針を示す。

本年度はグラファイトと同様の層状構造を持つ MoS_2 の電子状態計算を行った。 MoS_2 に電圧を印加することにより、従来は空の軌道であった状態(原子に束縛されない自由電子的な状態)に電荷が注入される可能性があることが明らかになった。これにより MoS_2 の表面に高濃度の電荷蓄積が起こることが示唆され、低温で起こる超電導転移へも何らかの影響を及ぼしていることが期待される。このような電圧印加下の電子状態の変化はグラファイト薄膜においても観察されており、層状構造を持つ物質に共通する性質であると考えられる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】グラファイト薄膜、グラフェン、密度汎関数法

〔研究題目〕スライド型ナノアクチュエータの開発に向けた基盤技術の確立

〔研究代表者〕 武仲 能子 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 武仲 能子、関口 ちか子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

近年、ロボットの小型化が進むにつれ、その動力機関であるアクチュエータの小型化が求められている。これまでのアクチュエータの主流である電動モーターでは、設計の複雑さや放熱の問題などから更なる小型化が困難になっており、全く異なるメカニズムで駆動する小型アクチュエータの開発が期待されている。このような流れの中で、最近、低電圧もしくは無電圧で駆動する刺激応答性ゲルが新たなアクチュエータとして注目されている。しかしながら、これらのゲルでは Δx の変位を取り出すために $\sim (\Delta x)^3$ のエネルギー供給が必要となり、変位の取出しにかかるエネルギーの無駄が多い。そこで本研究では $\sim \Delta x$ のエネルギー供給で Δx の変位を取り出すことのできる、スライド型ナノアクチュエータの基盤技術を開発する。これは生物の筋肉組織に見られるサルコメア構造から着想を得たものであり、サルコメア構造では分子間相互作用が全体のスライド運動に重要な役割を果たしている。そこで本研究でも分子の設計・合成・配列技術といった分子技術を駆使することで、運動物体と基板表面との分子間相互作用を制御し、課題を解決する。本研究は、①アクチュエータの軸となる運動物体の開発、②異方的な表面を持つ基板の開発、③基板上での物体のスライド運動の取出しの3つのテーマからなる。本年度は特に①について研究を進め、表面修飾用分子の設計・合成と、軸として用いる高アスペクト比金ナノロッドの合成・分散を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 金ナノロッド、スライド型アクチュエータ、ラチェット機構

〔研究題目〕特異的溶解性・電荷輸送を示すリチウムイオン液体の計算化学的解析

〔研究代表者〕 都築 誠二 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 都築 誠二、森下 徹也
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、次世代の二次電池として期待されているものの、放電生成物の電解質への溶出などの問題から実現できていなかった硫黄 (S) を正極とするリチウム系二次電池を開発する。すなわち、リチウムイオン液体を電解質に用いた高エネルギー密度 ($> 500 \text{ Wh/kg}$) ・低環境負荷・低価格・資源制約のない Li 系負極 | Ionic Liquid | S 型電池 (LILS 電池) の創出を目指す。この目標を達成するためには放電生成物の解明、放電生成物の溶解が少なく、リチウムイオンの拡散

の速い電解質の開発が必要となる。放電生成物の詳細やイオンの拡散と密接に関連するリチウムイオンが溶解したイオン液体の液体構造は未解明であるが、実験的な手法だけで解明することは容易ではない。そこで産業技術総合研究所では分子軌道法、分子動力学法などの計算化学手法を用いて放電生成物やイオン液体の構造、イオン液体中のイオンの運動を解析する。また、イオン液体を構成するイオンの分子構造とイオン液体のバルク物性の相関を解明する。本年度はリチウムイオン液体中に生成するグライムとリチウムイオンからなる溶媒和錯体の安定性のアニオン依存性の原因を検討した。溶媒和錯体の安定性は放電生成物の溶解性と関連するが、*ab initio* 分子軌道法で解析したリチウムイオンとアニオンの相互作用エネルギーと溶媒和錯体の安定性に相関があり、リチウムイオンとアニオンの相互作用が強いと溶媒和錯体の安定性が下がることを明らかにした。溶媒和錯体とイオン対の生成は競争関係にあり、リチウムイオンとアニオンの相互作用が強いと、イオン対の生成が有利になり、溶媒和錯体の安定性が下がると考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 イオン液体、リチウム電池電解質、分子間相互作用

〔研究題目〕太陽電池用有機半導体の一気通貫合成を目指した高温高圧マイクロリアクターの開発

〔研究代表者〕 竹林 良浩 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 竹林 良浩 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

有機太陽電池の高効率化に向けて、新規の有機半導体を高純度で迅速かつ連続的に合成できる反応プロセスが求められている。我々がこれまでに開発してきた高温高圧マイクロ反応システムは、こうした用途に有効であるが、難溶性の中間体を經由する多段反応では、送液上の問題から高濃度での処理が難しかった。この問題を解決するため、難溶性中間体を析出させずに、高温で溶解させたまま、複数の反応ステップを一気通貫で進めることが可能なマイクロ反応システムを開発することを目的とした。

昨年度は、多環芳香族色素であるキナクリドンの合成を対象として、そこに含まれる2つの反応 (高温環化と酸化) を、難溶性のジヒドロ中間体を析出させることなく単一流路内で連続化できることを示した。本年度は、その際の各反応の条件 (反応温度・時間) の最適化をおこなった。その結果、環化反応については 300°C で4分間、酸化反応については 120°C で4分間反応させる必要があり、それ以下の反応温度では、収率が低下することが分かった。また後段の反応において、酸化剤とともにアルカリ水溶液を加えると、生成したキナクリドンを可溶化して回収することができ、それを中和するとキナクリドンを

析出させ回収できた。こうした晶析操作を流通系に組み込むことにより、pH 変化と温度変化で急速に溶解度を低下させることができれば、生成した有機色素を微粒子として析出させ、その分散液が製造できると期待される。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 有機色素、多段反応、難溶性中間体、連続合成

〔研究題目〕 光応答性カーボンナノチューブ分散液を用いた塗布型透明電極作製及び微細加工技術の開発

〔研究代表者〕 松澤 洋子（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 松澤 洋子、吉田 勝（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究課題では、研究代表者らが見出した光反応によって単層カーボンナノチューブの水中における分散性を制御することが可能な分散剤を用いて作製した単層カーボンナノチューブ孤立分散水溶液を機能性インクとして使い、ウェットプロセスで作製可能な透明導電膜作製技術ならびにマスク露光による微細加工技術の確立を目指している。現行の透明導電膜の主要材料である ITO は、資源の国際的偏在や製造工程、基板選択に課題があり、ITO に替わる材料の探索が求められている。本研究課題において、簡便で高精細な透明導電膜作製技術を確立し、技術移転の可能性を探索することを目標とする。とくに、情報端末の高機能化や小型軽量化が求められるモバイル機器に用いられる透明導電フィルムの高精細化において、市場要求にマッチした新技術の提供を探索することを目標とする。本年度は、分散剤の吸脱着について、熱分析を用いた定量的な評価を行った。そして、当該分散剤は光反応によって SWCNT 表面からほぼ完全に外れることを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、分散、光反応、薄膜、パターンニング

〔研究題目〕 ホウ素中性子捕捉療法におけるサブミクロンホウ素薬剤粒子の中性子照射による細胞殺傷効果の検証

〔研究代表者〕 石川 善恵（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 石川 善恵、大矢根 綾子、中村 真紀、荒木 裕子（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

液中レーザー溶融法で得られるサブミクロン B_4C 球状粒子のホウ素中性子捕捉療法（BNCT）薬剤への応用を進めてきた。これまでの予備的研究では、約200nmを中心とした、サイズ分布に幅のあるサブミクロン B_4C 粒子で細胞導入が可能であることを確認しているが、明確な細胞導入可能なサイズ領域は不明であった。そこで本試験では腫瘍細胞に多く発現するトランスフェリン受

容体を介した細胞取り込みを期待し、粒子表面にトランスフェリン修飾を施した100nm と300～400nm の2種類のサイズの B_4C 粒子を HeLa 細胞を播種したウェル内に添加し、取り込み特性の比較を行った。

粒子添加から2時間経過後に細胞を洗浄し、ウェル内の粒子残像量を評価したところ、100nm より300～400nm の粒子の方が多く残存していた。これらの結果より、100nm より300～400nm の粒子の方が HeLa 細胞に対して細胞取り込み特性または表面親和性が高く、BNCT 効果も優位である可能性が示唆された。今後はこれらの結果の再現性を確認すると共に、洗浄後に残存した B_4C 粒子が細胞の内部に取り込まれているか、または細胞表面に吸着されているだけなのかを明らかにすることが必要と考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 サブミクロン粒子、炭化ホウ素、球状粒子、ホウ素中性子捕捉療法（BNCT）、液中レーザー溶融法

〔研究題目〕 高密着性エッチングレス無電解めっきプロセスの高度化に関する研究

〔研究代表者〕 堀内 伸（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 堀内 伸、中尾 幸道、島田 悟（電子光技術研究部門）
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

電子部品の随所に使用されている難めっき樹脂素材であるポリイミド、フッ素系樹脂、ポリオレフィン、エポキシ樹脂等に対し、化学エッチング等の表面処理を行わずに高密着性を実現する金属コロイド触媒によるエッチングレス無電解めっき技術の高度化を目的とする。従来方法では、密着性向上のためにめっき後の加熱工程が必要であるが、基材の変形など問題が引き起こされるため、後加熱工程に代わる密着性向上手法を開発する。基材に吸着したコロイド表面の改質による樹脂／金属界面の強化、および短パルス光やマイクロ波による樹脂／金属界面の選択的加熱方法を検討する。本技術が確立されれば、低コスト、低環境負荷めっきプロセスが開発され、電子部品等の高性能化がもたらされる。

平成25年度では、後加熱行程を行わずに、同等の密着強度を得ることが可能な手法を探索することを目標とし、短パルス光およびマイクロ波をめっき膜に照射し、密着性を向上させる条件を見出すことを目標とした。

キセノンランプからの白色パルス光をめっき膜に照射することにより、瞬間的にサンプルの加熱処理が可能であり、樹脂基材に熱ダメージを与えることなく、金属薄膜が加熱され、密着性を向上させることが可能になった。さらに、最適なマスクとの組み合わせにより、選択的に密着強度を向上させ、金属パターンを樹脂基板上に転写することも可能となった。

【分野名】 ナノテクノロジー・製造・材料

【キーワード】 無電解めっき、コロイド、触媒、光焼成

【研究題目】 高機能神経内視鏡用リトラクターの開発

【研究代表者】 堀内 伸 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 堀内 伸、中尾幸道、島田 悟 (電子光技術研究部門) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

リトラクターは内視鏡手術時に対象物の位置をずらし、視野を妨げるものを圧排・牽引して、安全に手術を行うための医療器具である。内視鏡下脳内血腫除去術は患者への負担が少なく、治療効果の高い神経外科手術であるが、技術と経験が必要であり、普及が進んでいない。本研究課題では、安全かつ容易な内視鏡下血腫除去手術の発展に資する高機能神経外科手術用低侵襲リトラクターの開発を行う。術者とリトラクターの位置関係、内視鏡及び手術操作器具の位置関係を容易に把握し、手術中の脳損傷を起こさない医療器具を開発するため、フッ素系樹脂製透明円筒体を設計し、円筒内壁に貴金属膜マーカーを無電解めっきによる低コストプロセスにより加工する。フッ素系樹脂からなる円筒形リトラクターへ無電解めっきにより生体安全性の高い金、もしくは白金膜を作製し、テープ剥離により剥離が起こらない高い密着性を保持すること、および、内視鏡手術において、位置を正確に確認するための目盛りをめっき膜により円筒上に作製するための効率的なパターンニング方法を開発することを目標とした。

フッ素系樹脂により製造された既存の円筒リトラクターへの無電解金めっきを検討し、触媒となる貴金属コロイドを最適化することにより均一な金めっきが可能となった。密着性は200℃で5分間加熱することによりテープ剥離で剥離しない密着性が得られた。めっき膜のパターンニングに関しては、フィルム上基板について検討し、パルス光照射によるパターンニングが可能であることを確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・製造・材料

【キーワード】 無電解めっき、内視鏡手術、フッ素系樹脂、パターンニング

【研究題目】 金属/機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】 湯浅 新治

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 野崎 隆行、松本 利映、甲野藤 真、薬師寺 啓、久保田 均、福島 章雄

(常勤職員7名)

【研究内容】

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生

を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成25年度は、非常に薄い Fe 酸化物層 (マグヘマイト) を酸化マグネシウムと金属鉄薄膜界面に挿入することで、数原子層と極薄領域でも高品質で平坦な鉄薄膜が作製可能であることを見出した。この成果により、強磁性酸化物薄膜はトンネル磁気抵抗素子の磁気抵抗効果向上だけでなく、構造設計の自由度を広げる点でも高いポテンシャルを有することが示された。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 金属酸化物、スイッチング素子

【研究題目】 単原子層デザインによる希少金属フリー超高磁気異方性薄膜の開発

【研究代表者】 薬師寺 啓

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 薬師寺 啓 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

既存の実用垂直磁化薄膜は、通常、Pt, Pd, Tb, Ru, Gd といった希少金属を含むが、本研究では、これら高性能垂直磁化薄膜を、レアアースフリー・貴金属フリーで実現することを目指す。なおかつ、同時に、現行の実用薄膜 (6-8Merg/cc 程度) の10倍以上、既存の最高値と比べても2倍以上の、垂直磁気異方性エネルギー密度 (Ku) ~100M (=1×10⁸) erg/cc を目指す。これは薄膜としては未踏の大きさである。現行の10倍以上の Ku となれば、同じ磁化保持のために要する体積は10分の1となり、その省スペースと省エネルギーによるグリーンイノベーションが大きく推進される。

今年度は、Co 系の垂直磁化薄膜形成を試みた。特に、下地層と Co 系垂直磁化薄膜の一体化した開発を進め、多層構造としての材料探索を行った。その中で、特定の材料組合せにおいては、これまで界面異方性として知られている Fe/MgO の異方性エネルギーを凌駕する値を得ることに成功した。現在、メカニズムを調査中であるが、これにより Pt や Pd を用いずに、Ku が10M erg/cc 以上となることを確認した。このとき使用した装置は量産向けの大型スパッタ装置であり、量産応用に即転用可能な技術開発を行うことができた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントロニクス、磁性材料、材料戦略、レアアースフリー、垂直磁気異方性

【研究題目】 3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発

【研究代表者】 久保田 均

(ナノスピントロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 福島 章雄、薬師寺 啓、甲野藤 真、
谷口 知大、今村 裕志
(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、共鳴アシスト磁化反転書き込みと共鳴読み出しを組み合わせた超高密度ストレージの開発に取り組んでいる。共鳴アシスト書き込みでは、局所的なパルス磁界に加えてスピントルク発振器から発生するマイクロ波磁界を用いる。共鳴読み出しは、スピントルク発振器の発振状態の変化により媒体の磁気情報を読み出す。共鳴周波数の異なる磁性層を多層化することで記録密度の向上を目指す。25年度は、スピントルク発振器の発振特性の向上、強磁性共鳴高感度検出技術の開発を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 スピントルク発振素子

〔研究題目〕 電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査とシミュレーション技術の開発

〔研究代表者〕 今村 裕志

(ナノスピントロニクス研究センター)

〔研究担当者〕 今村 裕志 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

モバイルコンピューティングやクラウドコンピューティングの進展により、ネットワークを介した情報の流通量は劇的に増加している。その膨大な情報を記録するためのストレージ技術はもはや記録密度の限界に到達しつつあり、従来型の微粒子磁石の磁化反転を利用する方式とは異なる新しい磁気記録方式の開発が求められている。この磁気記録の大きな壁を克服するために、エネルギーアシスト磁気記録などの新たな磁気記録方式が検討されているが、これらは従来原理の域を出るものではなく、かつエネルギーアシストは省エネルギー化の流れに逆行するものである。本研究では、低消費電力な磁気記録技術の実現を目指し、電気磁気効果を有する反強磁性連続媒体を用いた電界操作磁気記録原理の理論精査とシミュレーション技術の開発を行う。

今年度は、反強磁性・強磁性積層記録媒体における磁気構造および磁化反転の理論解析を行い、高密度磁気記録に適した物質パラメータを特定する。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 電気磁気効果、反強磁性、磁気記録

〔研究題目〕 物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発

〔研究代表者〕 末永 和知

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、
越野 雅至、千賀 亮典、OviduCRETU、
YungChan Lin、新見 佳子、

佐藤 香代子、齋藤 昌子
(常勤職員5名、他5名)

〔研究内容〕

本研究加速課題では、CREST 研究の成果をもとに、製品化・市場投入を念頭に置き、装置開発と応用研究を重点的に加速する。そのために、基礎電子光学および周辺技術に立脚した電子顕微鏡の要素技術の高度化を行う。

具体的には、10~100kV 程度で使用できるデルタ型球面・高次収差補正機構および軸外収差の発生を抑制した色収差補正機構など、商用機に搭載可能な次世代の収差補正装置を開発し、幅広いニーズに対応できる低加速高性能電子顕微鏡を実現する。また、これに加えて、単分子・単原子計測に特化した電子分光機能や環境制御機能を備えた世界に例のない高機能電子顕微鏡を開発する。

本研究加速課題により、軽元素材料の単分子・原子観察のみならず、有機材料、生体材料など(ソフトマター)が観察可能となり、反応の直接観察による高効率太陽電池開発や創薬への原子レベルのアプローチなど、多分野にわたる研究の飛躍的な発展が期待される。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 電子顕微鏡、収差補正技術、単分子イメージング

〔研究題目〕 自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノMEMS デバイス

〔研究代表者〕 島 賢治

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 島 賢治、山田 健郎、Futaba Don、
関口 貴子、小橋 和文、田中 文昭、
LASZCZYK Karolina Urszula、
藤井 美智子、彦坂 理恵

(常勤職員4名、他5名)

〔研究内容〕

カーボンナノチューブ(CNT)はその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化が遥かに困難となっている。

本研究では、CNT-MEMS デバイス産業を実現するための、デバイス基盤製造技術と、異材料とのインテグレーション技術を開発している。ボトムアップの技法と微細加工技術を組み合わせて、CNT の位置・形状を自由自在に制御しながら集積化、異材料とインテグレーションさせ、デザインされた機能を有する CNT 素子・ナ

ノ (MEMS) デバイスの創製を目標としている。

これまで我々のグループでは、CNT の超高効率成長法である、スーパーグロース法を用い、基板からシート状に垂直配向した、CNT のマクロ構造体「CNT シート」を作製した。それを成長基板から剥がして、デバイスを製造する基板上に液滴を導入し、その乾燥時に、シートの CNT 同士を液体の表面張力で引きつけ高密度化し、同時に基板にも密着させ貼り付ける技術を開発した。これにより、CNT が平面的一方向に配向し、高密度に集積した板状になった「CNT-wafer」を、任意の基板の任意の位置に、任意の配向方向をもって形成可能とする「CNT シートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発」を行ってきた。さらに、CNT シート貼り付け技術に基づいて、CNT センシング構造体の作成に成功した。

本年度は、微細加工技術開発により、従来のゴムでは実現できなかった数百ナノメートルやマイクロメートルの精度でゴム表面を加工する技術を開発した。

CNT の新規な機能発現を目指し、異材料との複合化技術を開発するため、CNT の密度制御技術、形態制御技術の開発を行った。特に集積化キャパシタ、ナノメカトロンクスやバイオ発電デバイスに特化した複合化技術の開発に取り組んでいる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT-wafer、デバイス

【研究題目】 サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究

【研究代表者】 平田 悟史 (バイオマスリファイナリー研究センター)

【研究担当者】 矢野 伸一、遠藤 貴士、松鹿 昭則 (常勤職員3名)

【研究内容】

世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルにおいてバガスなどのサトウキビ廃棄物からエタノールを生産する技術を開発することを目標に、前処理、酵素糖化、発酵の各要素技術について、ブラジルの大学と国際共同研究を実施してきたが、今年度はこれらを統合したベンチ規模でのエタノール生産実験を産総研で実施した。

実験はブラジル産のバガスを用いて、1kg/バッチのスケールで行った。前処理は、水熱処理 (150℃、2時間)、湿式ディスクミル処理 (10サイクル)、および水熱処理後湿式ディスクミル処理の3方式で実施した。酵素糖化はブラジルでも入手可能な市販酵素 Cellic CTec2を用い、酵素使用量は実用面でのコストを考慮して、10 FPU/g 基質とし、pH5.0、50℃で3日間糖化反応を行った。その結果、水熱および湿式ディスクミルの単独処理では糖化率が低かったが、水熱処理後さらに湿式ディスクミル処理することで糖化率が向上し、その値は68%で

あった。

次いで得られた糖化液を用いて、ブラジルで工業的エタノール生産に使用されている酵母株 *Saccharomyces cerevisiae* CAT-1による発酵実験を2日間行った。この酵母株は非組み換えでキシロースは発酵できないが、グルコースからは、湿式ディスクミル単独および水熱+湿式ディスクミルの前処理を行った糖化液から理論値に対して90%以上の収率でエタノールが生産できた。最もエタノール収量が多かったのは、水熱+湿式ディスクミル処理を行った実験区で、絶乾バガス1kg から139g (176ml) のエタノールを得ることができた。

このように1kg 原料/バッチのスケールで、前処理からエタノール発酵までの一貫プロセスによるエタノール生産を実証することができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオエタノール、サトウキビ廃棄物、ブラジル、バガス、酵素糖化

【研究題目】 ボルネオ生物多様性保全のためのパームバイオマスを活用した革新的グリーン産業の創出

【研究代表者】 平田 悟史 (バイオマスリファイナリー研究センター)

【研究内容】

ボルネオ島にはパームオイル工場が多数存在するが、いずれもエネルギー効率は悪く、大量の廃棄物が環境中に排出され、生物多様性の保全に悪影響を及ぼしている。そこで九州工業大学が代表となり、九州大学、産総研と、マレーシアプトラ大学、サバ大学が連携して、パーム産業から発生する廃棄物を有効利用する技術を開発するとともに、パームオイル工場のエネルギー効率を改善することによって、グリーン産業の創出と環境保全を目指した研究を進めている。プロジェクトは昨年5月に仮採択されたのち、参画機関の間での調整に手間取って開始が遅れたが、9月に研究がスタートした。

BRRC では共同研究先であるマレーシアプトラ大学の協力を得て、パームバイオマスとして Empty Fruit Bunch (EFB)、メソカープファイバーを入手し、原料の成分分析を行った後、前処理方法の検討と、前処理方法・前処理条件が糖化に及ぼす影響を調べた。またパームバイオマスを糖化した際に生成する物質の中に、発酵阻害物質が含まれているかどうかの確認にも着手した。

さらにパームオイルミルにおける廃棄物発生状況の調査を行い、EFB の用途がなくプランテーションに還元されていること、省エネルギーに対する意識が低く、未利用のまま大気放出されている水蒸気が多く存在することなどを確認した。これらの情報は、今後のプロセス検討に反映させる計画である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 パームバイオマス、分解、糖化、ナノフ

アイバー

【研究題目】微量計測のための電極等システム開発、性能評価

【研究代表者】 佐藤 縁 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐藤 縁 (常勤職員1名)

【研究内容】

本課題の目標は、小型かつ省電力で、長期に安定的に微量・連続的に海水試料のアルカリ度をフロー系で計測するシステムを新規に開発することである。研究の初年度である平成25年度後期(11-3月)は、連続計測に係る目標性能を設定すること、システムデザインを検討・決定することに注力し、また研究開発項目(微量計測・微小電極の開発、省電力化・小型化、安定計測、実験室・実海域への適用、標準海水の作成・維持)を各要素(ポンプ、フローライン、計測部、試薬・標準海水、記録部、電源、プイ)ごとに確認し、現場での長期計測の際に起こる問題点を詳細に洗い出した。特に、センサー部分とフローラインの生物汚染、フローラインの目詰まり、長期の海水環境での各部材の耐久性を検討し、運用時に必要な電力と試薬量、制御と記録のために必要なプログラムの検討などを行い、その解決法を開発要素とともに提示し、基本的かつ必要な確認実験などを開始した。サンプルとして実際に海水を用いて、まず市販の各種 pH 電極とメーターを用いて、通常の水溶液測定と海水測定の違いや適する電極材料の検討、注意すべき点などを一歩明らかにした。小型装置開発における問題点の確認のために、まず、現行システム(150kg)の部材を小さくした小型機器の試作にも着手した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微量測定、微量計測、pH 測定、アルカリ度、小型装置、環境測定

【研究題目】高機能化細胞増殖因子を用いたヒト iPS 細胞用の無血清培養液の開発

【研究代表者】 今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

iPS 細胞を用いた再生医療が本格化している。そこで用いる細胞を増殖させ加工するためには、動物由来成分を含まない無血清培養液と高い生理活性を有する細胞増殖因子が必要である。加えて、培養液交換頻度低減や細胞形質維持能力の向上が期待されている。独自の知見と技術で作られた細胞増殖因子 FGFC は、ヒト ES/iPS 細胞の培養に必須な FGF2 の特徴を有し、かつ高い安定性と生理活性を有する。本研究では、被災地仙台の細胞培養用培養液の製造会社が確立した無血清培養液作成技術を基盤として、この新規増殖因子の性能を最大限に活かし、ヒト iPS 細胞用の無血清培養液、及びヒト再生

医療用細胞に使用できる高性能無血清培養液を開発することにより、震災からの復興を支援することを目指している。

本年度は、「ヒト iPS 細胞に対する FGFC の作用機構解析」として、iPS 細胞として、京都大学及び産総研で樹立された、複数のヒト iPS 細胞株を用いて解析を行った。その結果、FGFC は、多くの iPS 細胞株に有用な培養液を開発するために有用であることが確認された。さらに、FGF シグナルを遮断により種々の特定の組織特異的遺伝子の発現が起こること、これが時間依存的に変化することを確認し、未分化性維持における FGF シグナルの重要性の再確認と今後の評価への予備的データを取得できた。また「FGFC 含有 iPS 細胞用培養液の開発」として、FGFC 及び FGF2 含有培養液を用いて継代培養した iPS 細胞から、表皮角化細胞を誘導する最新の方法を使って、表皮角化細胞に特徴的な形態を有し角化細胞マーカー陽性である細胞を作成できることを確認した。さらに、数種の条件で三胚葉(内胚葉、中胚葉、外胚葉)の各マーカー陽性の細胞を取得できることを確認した。これらより、FGFC 含有培地により継代培養した iPS 細胞は、多様な細胞への分化能を保持していることが確認できた。また「FGFC 含有 iPS 細胞用無血清培養液の保存安定性評価」として、細胞培養温度における FGFC の安定性等を、FGF 特異的に反応する細胞系を用いて評価した。さらに、FGFC のさらなる安定化を図るために、添加剤の効果を検討し、有効な安定化剤を選択した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 再生医療、iPS 細胞、細胞培養液、震災復興

【研究題目】シグナル攪乱複合体の電子顕微鏡解析

【研究代表者】 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐藤 主税、川田 正晃、三尾 和弘 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

目標：

胃癌発生に置いてシグナル攪乱を行うタンパク質 CagA の構造解析と細胞内への移行経路の解析を行う。CagA を精製して様々な角度から極低温電子顕微鏡で撮影し単粒子解析を行う。溶液中での電顕観察を可能とする ASEM を用いて、金でラベルした CagA を用いて細胞内へ移行する CagA の移動経路を解析する。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、電顕像の解析と生化学解析を組み合わせ、多量体構造の詳細を調べ得る。研究計画：

CagA の理解が進まない原因としては、細胞内に移行していく過程を捉えた高分解能画像が得られていないことが一番に挙げられる。ASEM を用いることで、光学

顕微鏡より高分解能での観察が可能となる。多くの画像を取得することで、細胞内に移行して行く過程の CagA の像を得る。

極低温電子顕微鏡を用いた解析では、CagA 単体とシグナル攪乱複合体を対象とする。これまでに得られている CagA の電子顕微鏡像は、単分子で構造の柔軟性を示す分子種と、数個の CagA が集合して多量体を形成しているものに分けられている。電子顕微鏡による単粒子解析と X 線結晶構造解析により得られたシグナル攪乱複合体の部分構造を組み合わせることで、シグナル攪乱複合体の全体像を得るべく解析を行う。

年度進捗状況：

CagA の細胞内移行の解析に必要な水中電顕観察の基盤技術開発を ASEM を用いて進めた。さらに、CagA 単体での透過電顕解析を中心にプロジェクトを進めた。ここでは、CagA が *Helicobacter pylori* 菌で生産され、ヒト細胞へと注入される様子の可視化を行った。強くラベルされた細長い pylori 菌が、一部丸い菌と共に宿主細胞に貼り付いて観察された。今後、CagA および4型分泌機構に関して、電顕法をさらに最適化する。

透過電顕による CagA 単体の構造情報の取得を目指し、解析ツールの開発を進めた。CagA 単量体は分子量 130kDa であり、その粒子はコントラストが小さく、微かにしか見えない。その画像拾い上げを実現するために、新たに自動拾い上げアルゴリズムの開発行なった。

単粒子解析では、粒子像ライブラリーを構築した後で初期3次元構造を構築する。構造と画像ライブラリーとを照らし合わせながら、繰り返し計算によって構造を改善してゆく。CagA の構造決定を最短時間で進めるために、ワークフローの最適化を大幅に自動化する2次元平均化プログラムを構築し、さらに CagA の150kDa でも自動拾い上げ可能なプログラム開発を進めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】電子顕微鏡、単粒子解析、pylori 菌、CagA

【研究題目】藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究

【研究代表者】芝上 基成

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】芝上 基成 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

太陽光と二酸化炭素と水だけで増殖できるミドリムシは藻類の一種であり、その細胞内に多量の多糖（グルコースポリマー、通称パラミロン）を蓄積することが知られている。ミドリムシの大きな特徴として、光合成を行う植物的性質に加えて、グルコースを栄養源として増殖する動物的性質を兼ね備えていることが挙げられる。つまりミドリムシは、廃液のように安価な栄養源、あるいは太陽光や二酸化炭素などの無尽蔵のエネルギーを使っ

てグルコースポリマー等を生産する「素材生産工場」といえる。さらに、藻類は一般にトウモロコシのように食糧と競合せず、また近い将来には非常に安価に市場に供給されるポテンシャルを持っており、材料創製のための新たなバイオマスとして有望と考えられる。平成24年度はこのグルコースポリマーを主骨格とした誘導体を合成し、その物性評価を行ったところ、良好な熱可塑性や耐熱性を示すことを明らかとした。平成25年度はこれらの結果を基にして、さらに分子設計をすすめて諸物性の向上を試みた。具体的には、導入する長鎖アルキル基の鎖長や導入率等をコントロールすることで特に機械的物性の向上を試みた。その結果、一定長の長鎖アルキル基を一定範囲の導入率でパラミロンに導入することで、熱可塑性、耐熱性、機械的物性それぞれにおいてバランスのとれた、実用性のある熱可塑性樹脂となりうることを明らかとした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微細藻類、バイオプラスチック

【研究題目】DNA ポリメラーゼの displacement 活性（鎖置換活性）の増強による二本鎖 DNA 複製系の開発

【研究代表者】松井 郁夫

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】松井 郁夫 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

DNA プライマーゼと MCM ヘリカーゼを共存させることによりファミリーB DNA ポリメラーゼ (PolB) の鎖置換活性を高め、化学合成プライマーに依存しない Leading 鎖と Lagging 鎖の同時合成系を開発する。

研究計画：

phi-29DNA ポリメラーゼ等の鎖置換型酵素を用いる従来法では、複数の化学合成プライマーと環状一本鎖核酸が必ず必要である。そこで、それらに依存しない、Leading 鎖と Lagging 鎖の同時合成系を構築する。

年度進捗状況：

- 1) MCM ヘリカーゼの ATPase 活性と3'→5'方向性の unwinding (巻き戻し) 活性測定を試みた。その結果、ATPase 活性は検出に成功したが、巻き戻し活性は期待に反し微弱であった。その原因の究明を試み、クローニングされた遺伝子中に数か所の点突然変異が起きていることを見出した。この高頻度の点突然変異が起こる理由としては、三つのエキソンを連結する複雑な PCR 反応の繰り返しが必要であったことと、DNA 複製酵素系遺伝子にはしばしば予測のつかない高次構造をとる性質が内在しており、クローニングの際に予期せぬ点突然変異が導入されたものと推測された。
- 2) 精製された MCM ヘリカーゼには数か所の点突然変異が含まれているが、タンパク質として正常に生産

され、耐熱性の ATPase 活性を保持していたことから、5' を保持し蛍光標識化プライム化基質に DNA プライマーゼ (PriLS)、MCM ヘリカーゼ、PolB、PolD を加え、共同で DNA の Leading 鎖と Lagging 鎖の同時合成を行わせ、蛍光標識プライマーの伸長を 7M 尿素変性ポリアクリルアミドゲル電気泳動とフルオロイメジャーで解析を試みた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】DNA ポリメラーゼ、DNA 複製系、PCR 反応

【研究題目】リコリスアルカロイドの新規生体リズム制御剤としての製品化に関する研究

【研究代表者】大西 芳秋

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】大西 芳秋、河野 泰広、小川 昌克
(常勤職員3名)

【研究内容】

リコリンならびにリコリシジノール等、リコリスアルカロイドの概日リズムの周期延長作用について、先行技術のアセチルコリンエステラーゼ阻害剤との比較検討をし、商品開発する上での問題点を検討した。

1. リコリスアルカロイドは濃度依存性を持って概日リズム調節を行うことができ、製品化する上での利点となりうる事が判明した。
2. リコリスアルカロイドは、リガンド (コレステロール誘導体) に対する作用は解明されなかったけれども、生物時計の鍵となる Bmal1 遺伝子の転写活性化することにより概日リズム調節に機能する。Per2 プロモーターに対する作用が異なることから、ガランタミンとは異なる作用機序であることが示唆された。
3. リコリスアルカロイドは、生物時計に直接作用し本機能を保持している組織であれば Sarcoma といった癌細胞も含めて種々の組織細胞に作用が期待できるという製品化上の利点が明らかとなった。
4. リコリスアルカロイドは、アセチルコリンエステラーゼ阻害活性が非常に小さく、ガランタミンのような中枢神経に対する作用は少ないことが示唆された。これは、中枢神経系に対する副作用が少ないことを示唆しており、商品化する上での利点であると考えられる。以上の結果より、リコリスアルカロイドは先行技術により報告されている体内時計のリセット効果や増幅効果を期待する製品と異なり、生物時計機構に濃度依存的に普遍的に組織細胞に直接作用し、かつ中枢神経系への副作用はあまりないという製品を創製できる可能性が示された。今研究開発において、今後製品化をする上での重要な知見を得ることができた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】健康機能、生体リズム、生物時計、アルカロイド

【研究題目】腸管型 IL-10 産生型制御性 T 細胞 (Tr1) による炎症誘導発がんの抑制

【研究代表者】辻 典子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】辻 典子 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

消化管免疫を高めて炎症を予防あるいは治療する新規経口免疫修飾剤には、低医療費で国民の健康を増進する効果が期待される。本研究では、粒子状 β -グルカンの経口投与により消化管 T 細胞が IL-10 を発現するという発見を進展させた。すなわち粒子状 β -グルカンの *in vitro* 効果を確認するとともに、*in vivo* においても粒子状 β -グルカンの経口投与が全身のサーフェスバリア (腸管、皮膚など) に抗炎症効果をもたらし、炎症誘導性発がんを抑制するかを評価するための実験を行なった。

腸炎モデルにおいて粒子状 β -グルカンの経口投与により誘導された抗炎症作用により、好中球ケモカインが抑制された。同様に皮膚炎症を抑制する効果も認められた。粒子状 β -グルカンの経口投与群では紫外線照射モデルにおける皮膚の水分含量の保持が有意に良好であった。紫外線照射による皮膚炎症は皮膚がんの発症にも関与することが示唆されており、粒子状 β -グルカンには炎症の抑制、さらに皮膚がん予防効果が期待される結果となった。腸管におけるサーフェスバリア機能として、さらに癌 (ポリープ形成) の抑制効果について観察継続中である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】抗炎症、粒子状 β -グルカン、消化管免疫、サーフェスバリア

【研究題目】実用化を目指した中枢神経標的型蛋白質医薬の創出

【研究代表者】近藤 哲朗

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近藤 哲朗 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

アルツハイマー病や脳腫瘍など高齢社会が抱える深刻な中枢疾患に対して、責任分子を直接のターゲットとした根本的な治療につながる特異性の高い薬剤の開発が求められている。最近、特異抗体や組換え機能タンパクなどをデザインした高分子・タンパク医薬が、次世代型の中枢薬として開発が期待されているが、生体に薬剤として投与する場合、そのほとんどが血液脳関門 (Blood-brain barrier: BBB) を通過できないため、実用化が遅れている。したがって、高い薬効や特異性が期待される高分子・タンパク医薬を設計しても、脳に投与するためには現状ではほとんどの場合が穿頭・開頭などの外科手術が必要で、患者にかかるストレスは心理的なものも含めて少なくない。本研究では、機能性高分子・タンパク質を非浸襲的に脳へ投与するための技術開発を目標とし、平成25年度は、血液脳関門に発現している特定の受容体

にターゲットを絞り、これらの受容体に対して結合親和性を有するペプチドを種々の指向性進化工学的手法を駆使して探索した。これらの結合親和性ペプチドを医薬としての機能が期待される高分子・タンパク質へ応用することにより、従来から実用化されている脂溶性小分子の中樞薬に比べ薬効や特異性の極めて高い中樞薬を創出することが期待できる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高分子・タンパク質、中樞神経系、血液脳関門 (BBB)、受容体、指向性進化工学、ポリペプチド、

【研究題目】 未利用海藻資源からの健康食品素材製造技術の開発

【研究代表者】 市村 年昭

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 市村 年昭 (常勤職員1名)

【研究内容】

東北地方沿岸地域において中小規模設備で実施可能な新規高付加価値食品加工法の開発を目指して、未利用海藻資源から血圧降下ペプチドを含有する機能性食品素材を製造するための基盤技術の開発を目標とする。昨年度に引き続き、藻体の前処理から精製過程まで可能な限り簡便で再現性が期待できるように各工程の諸条件を設定し、得られた機能性食品素材試料の生成率、その血圧降下作用の強さ等を定量的に測定、評価することにより、技術移転のための基盤データを取得する。本年度はアカモクに加え、やはり低利用の海藻であるアナアオサを対象とした。また、食品加工廃棄物の例として、東北地方で多く養殖されているワカメの加工残渣であるメカブ部位の茎を用いた。昨年度アカモクで設定した各種処理条件をベースとして、さらに検討を重ねた結果、いずれの海藻からもアンジオテンシン I 変換酵素阻害活性を有する処理産物を得ることに成功した。これらを高血圧自然発症ラットに単回経口投与し、その血圧の経時変化を測定したところ、アナアオサで投与から3, 5, 7時間後、アカモクで5, 7時間後、ワカメ茎では7時間後の血圧がコントロールに比べて有意に低下することが見いだされた。本研究の結果、上記3種類の海藻いずれからでも、比較的簡便な処理により血圧降下成分を生成し得ることが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 食品、生理活性、血圧降下作用

【研究題目】 ヤマユリ精油の産業化に関する研究

【研究代表者】 河野 泰広

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 河野 泰広 (常勤職員1名)

【研究内容】

ヤマユリの精油はこれまでに全くなかったものである

ため、新しいニーズが創出されることから、中小企業への技術移転を行い、実用化の促進を図る。本研究では、ヤマユリ花卉から精油を安全かつ簡便に抽出する小規模企業向け技術を開発することを主要な目標とする。ヤマユリの香りにばらつきがなく、簡便かつ安定に抽出し、香水のユリ抽出成分の濃度を安定化する。さらに抽出した精油成分の確認と、精油の生活習慣病への効果など機能性解析を行う。研究計画の最終年度の今年度は、ヤマユリ精油 (香気成分) を採る方法として高沸点で入手の容易な水溶性溶媒に、酸化防止剤、pH 調整剤を添加した混合液を用い、ヤマユリ香成分を抽出する方法を開発した。今回 GC-MS によるヤマユリ精油の香成分解析により得た情報は、今後ヤマユリ精油の抽出、成分管理および保存において精油中の成分確認を可能にし、ヤマユリ精油の商品を開発する上で非常に役立つ。今回得たヤマユリ抽出物について培養細胞を用いたアディポネクチン産生促進作用および炎症性サイトカイン TNF α 産生抑制作用を測定した結果、高濃度になると両方とも活性が確認できた。今後、さらに企業と共同でヤマユリ精油を地域の特産品として香水、石鹸および芳香剤等の商品化を行っていく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ヤマユリ、精油、酸化防止剤、香水、生活習慣病

【研究題目】 社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究—日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究

【研究代表者】 柴田 崇徳 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 柴田 崇徳、和田 一義、川口 幸隆 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

動物のように人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」を開発している。動物の場合、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに国内外30か国以上で3000体以上が利用され、米国では医療機器として承認され、ドイツのニーダーザクセン州ではパロを用いた在宅認知症高齢者等の訪問介護サービスが保険適用となった。米国のイリノイ州では、看護師等に義務付けている継続教育ユニット (年間30ユニット=30時間) の1ユニットにパロに関する講義が認定されている。デンマークでは医療福祉施設でのセラピーを目的に、一日の講習によるライセンス制度とともに、施設のみを対象としてパロを導入し、これまでに

300名強がライセンスを受け、70%以上の地方自治体の施設に導入された。また、オランダ、スウェーデン、ドイツ等の他のヨーロッパの国でも同制度を導入している。

本研究では、日本と米国において、それぞれ、アンケート調査や医療福祉施設での臨床実験から、パロの受容性やセラピー効果に関して様々な評価や比較を行っている。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善しているが、文化的背景や社会制度の違いによる、日米での違いについて、欧州とも比較しながら研究している。さらに、日本の独特の環境として、東日本大震災の被災地で、被災者の心のケアや被災者と支援者の交流におけるパロの役割についての研究も行っている。

研究成果として、日米共同で、AAAS 年次総会、HRI 国際会議等で共同研究発表を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 文化比較、ロボット・セラピー、認知症、東日本大震災の被災者の心のケア

【研究題目】 体感型次世代情報通信を実現するための非ベース型3D 触力覚技術に関する研究開発

【研究代表者】 中村 則雄（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 中村 則雄（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

現在、商品化されている触力覚デバイスは、携帯端末に搭載されているような、触った際にブルブルと震える感覚が得られる「タッチ型」、または、テーブル上の据え置き型で大がかりな可動アームを備えた「ベース型」が主流である。タッチ型は、触覚を与えることを目標に開発されているが、リアルな体感（感触・触感）を与えるまでに至っておらず、シンプルな振動発生とその振幅を制御する、いわば単純なシンセサイザーのレベルにとどまっている。ベース型は、大きな力覚を得ることができるものの、大型であるために実装の自由度が低く、高価格になるため、専門ツールとしての域を脱することができていない。

本研究では、触力覚技術の製品利用の拡大を念頭に、これらの問題を解決するために、非線形感覚特性および錯覚を触力覚提示の原理として用いた触力覚デバイスを開発し、反力を支えるベースを必要としない非ベース型におけるリアルな手応え・感触を実現することで、商品化に向けた触力覚デバイス評価キット（アルファ版）を開発することを目的とした。

開発としては、アルファ版において必要とされるアーキテクチャ仕様を考察し、触力覚デバイス、制御用ハードウェアおよびソフトウェアの開発を実施した。また、

デバイスの3D制御には、当該デバイスの位置と姿勢の情報をリアルタイムに取得する必要があるため、ポータビリティ利用を可能とする姿勢トラッキングシステムを構築することで、非ベース型におけるリアルな感触・触感の提示を可能とするアルファ版の実現に至った。

なお、本研究は、独立行政法人科学技術振興機構の「研究成果展開事業 A-STEP 本格研究開発 起業挑戦タイプ」により行われた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 触力覚、体感、非ベース

【研究題目】 動圧軸受を用いた心疾患用補助循環ポンプの開発

【研究代表者】 小阪 亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小阪 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、短期使用の遠心血液ポンプに非接触軸受である動圧軸受技術を導入し、1ヶ月程度の補助循環が可能で、低価格かつ長期耐久性と優れた血液適合性を有する、動圧軸受を用いた心疾患用補助循環ポンプを開発する。

本研究で開発した心疾患用補助循環ポンプは、動圧軸受を採用したディスプレイ遠心血液ポンプである。本ポンプのポンプヘッドは1回限りの使用で使い捨てとし、駆動装置であるモータドライブは再利用する方式とした。ポンプ内のインペラは、スラスト方向およびラジアル方向の両方向に採用されている動圧軸受により、非接触で浮上回転することが出来る。

安定性の評価試験として、レーザー変位計を用いて、駆動中のポンプ内のインペラの浮上位置を計測した。その結果、低揚程から500 mmHgの高揚程において、インペラがケーシング中央に浮上していることを確認した。このとき、各回転数で、溶血悪化の目安となるせん断応力を計算すると、各軸受隙間は溶血が著しく生じる300 Pa以下と問題ない値であることがわかった。

血液適合性の評価試験として溶血試験と *in vitro* 抗血栓性試験を実施した。溶血試験では、閉鎖回路を構築し、作動流体として牛血を使用した。そして、試験中の遊離ヘモグロビン濃度の時間変化量から溶血指数 NIH を求めた。溶血試験を実施した結果、市販ポンプの NIH の平均値は0.036 (n=3)、開発ポンプの NIH の平均値は0.040 (n=3) となり、市販ポンプとほぼ同等の溶血特性を達成することが出来た。*in vitro* 抗血栓性試験では、血液の凝固能の計測量である ACT (血液凝固時間) を、塩化カルシウムとクエン酸ナトリウムにより、動物実験の ACT である200秒に近づけることで、実験室で生体内の血液の凝固能を模擬した。本試験の結果、ACT の平均値221秒 (188-269) において、開発したポンプ内に血栓形成は認められなかった。

本研究結果から、開発した心疾患用補助循環ポンプは、優れた血液適合性を有することを確認することが出来た。本技術は、原理的には任意の軸受隙間を実現可能であるため、広い軸受隙間の非接触ポンプを求めている、食品やバイオリアクタ、化学プラント、燃料電池などの産業界へも技術移転可能である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 補助循環ポンプ、動圧軸受、血液適合性

〔研究題目〕 バイオメディカル光イメージングにおける数理モデルと画像再構成

〔研究代表者〕 星 詳子（東京都医学総合研究所）

〔研究担当者〕 谷川 ゆかり（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、

星 詳子（東京都医学総合研究所）、

岡田 英史（慶應義塾大学）、

吉永 哲哉（徳島大学）、

大川 晋平（防衛医科大学）

（常勤職員1名、他4名）

〔研究内容〕

ふく射輸送方程式の解析から導かれる生体内光伝播数理モデルの妥当性の検証を目的として、光学ファントム、小動物、ヒトを対象にフェムト秒パルス光源と高速の光検出器から構成される高精度時間分解計測システムを用いた生体計測を行い、数理モデルとの比較を行う。また、多チャンネル時間分解計測システムを用いて、ファントムとヒトの計測を行い、画像再構成アルゴリズムの検証を行う。

平成25年度は、高精度時間分解計測システムを利用した予備実験結果を対象に、モンテカルロシミュレーションを応用した光学特性推定アルゴリズムを用いて光学特性値を求めた。そして、システムの問題点を抽出、改良を行った。また、多チャンネル時間分解計測システムを用いてファントムを対象とした計測を実施し、画像再構成アルゴリズムの妥当性の検討を行った。さらに、ふく射輸送方程式を用いた2次元の2cm×2cmの領域を対象として画像再構成アルゴリズムを開発し、光拡散方程式を用いた画像再構成結果と比較検討を行った。その結果、初期値の設定によって得られた再構成画像の精度が大きく変化することがわかった。また、画像再構成を行う領域がある程度大きい場合に計算時間を短縮するため、光源から近い領域についてはふく射輸送方程式を用い、ある程度遠い領域では光拡散方程式を用いるハイブリッド方式を開発し、計算時間を大幅に短縮できることを確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 近赤外光を利用した生体計測装置、光拡散方程式、光学ファントム

〔研究題目〕 有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロ

セス技術の開発、及び電子状態計算

〔研究代表者〕 堀内 佐智雄（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 堀内 佐智雄、長谷川 達生、山田 寿一、野田 祐樹（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）、

石橋 章司（ナノシステム研究部門）

（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」領域で採択された課題「有機材料を用いた次世代強誘電体物質科学の創成」（JST CREST、課題代表：産業技術総合研究所）を、標記のテーマで主導している。本研究では、(1) 優れた分極性能と十分な耐久性をもつ新規有機強誘電体の材料開発、(2) 多結晶性薄膜／単結晶性薄膜の作製によるデバイス化に適した薄膜・印刷プロセス技術の確立、(3) 自発分極などの物性パラメータ予測、スペクトルシミュレーション、及び分子軌道解析など微視的電子状態の解明に向けた理論計算、の3点に取り組んでいる。平成25年度は、有機強誘電体の新材料開発について、2成分からなる酸-塩基超分子型強誘電体の化学修飾効果を調べ、水素結合を引き伸ばすための立体効果を施した。クロラニル酸と6,6'-ジメチル-2,2'-ビピリジンのプロトン移動塩 [H-66dmbp] [Hca]では、熱処理などによる特性最適化を行った結果、ポリフッ化ビニリデン系高分子なみの高分極性(8 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$)と、100 $^{\circ}\text{C}$ での高温強誘電性を実現できた。この特性は、第一原理計算の結果(～9 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$)でも裏つけられた。これまでに得られた酸-塩基超分子型強誘電体の構造解析によって得られた水素結合長と誘電体特性(転移温度、分極値)の実験値および理論計算値について整理を行い、ともに水素結合長とは正の相関関係があることを明らかにした。一方、この関係から外れる物質においては、放射光 X 線回折により、高温において構造相転移が生じ、反強誘電的な構造が出現することを明らかにした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造分野

〔キーワード〕 有機強誘電体、有機エレクトロニクス、相転移現象、電子状態、第一原理計算

〔研究題目〕 新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発 (JST)

〔研究代表者〕 長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 長谷川 達生、山田 寿一、堀内 佐智雄、堤 潤也、松岡 悟志（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、印刷により製造されたフレキシブルなアクティブ・マトリックス・トランジスタアレイ (AM-TFT) の開発を目標として、広島大学・住友化学・大阪大学・産総研が共同して、高性能ポリマー半導体の開発とデバイス高性能化のための研究開発を行う。平成25年度において産総研が取り組んだ研究は以下の通りである。①ポリマー-TFT の素子特性最適化・安定性向上においては、各種 DA 型ポリマー半導体 TFT の電荷変調分光スペクトルを詳細に測定し、スペクトル構造とデバイス特性の間に明らかな相関が見られることを見出した。特に高移動度の TFT を用いた場合に励起子の双極子-双極子相互作用に由来した吸収の2次微分的なスペクトル構造が系統的に見られることを確認し、これによりポリマー鎖間のマイクロな秩序度を評価できることを明らかにした。②高精細電極配線の印刷製造とポリマー半導体へのキャリア注入高効率化においては、前年度開発した親水/疎水パターン上の液滴形状シミュレーション技術を用いた基板表面の表面濡れ性の精密計測技術の開発、及び、前年度開発した表面光反応ナノメタル印刷法を用いた最小線幅が1マイクロメートル以下の高精細パターンニングと、これらをソース/ドレイン電極とする TFT 動作の確認に成功した。③印刷による高性能ポリマー-TFT アレイの作製の最適化においては、一昨年度開発したプッシュコート法と反転印刷法によって形成した半導体薄膜パターンを、高精細電極配線パターンの電極位置に正確に合わせるための位置合わせ技術を開発するとともに、大面積にわたる均一性の向上について検討を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体、プリントエレクトロニクス、プリントエレクトロニクス、アクティブ・バックプレーン、薄膜トランジスタ、ポリマー半導体、有機エレクトロニクス

【研究題目】震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

【研究代表者】佐藤 隆司

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】佐藤 隆司、雷 興林 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金 鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて震源極近傍で観測することにより、地震発生過程解明および鉱山での地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での観測結果を解釈する際の基礎データとする。

今年度は、5月から7月まで、南アフリカ Witwatersrand

大学の博士課程学生を招聘し、実験指導をした。南ア金 鉱山深度約3km から採取した橄欖岩および頁岩試料を用いた破壊実験を行い、AE 時空間分布から岩石試料の破壊過程を調べた。また、破壊後の試料の CT 画像を撮影し、破壊面の形状と AE 震源分布の比較を行った。

【分野名】地質

【キーワード】南アフリカ金 鉱山、地震被害低減、震源近傍観測、室内岩石破、壊試験、アコースティック・エミッション (AE)

【研究題目】ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化

【研究代表者】遠藤 明 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】遠藤 明、片岡 祥、上村 佳大、
下村 真理江 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

ナノ細孔に閉じ込められた物質の相状態や吸着・移動特性の基礎メカニズムを検討・解明し、得られた知見を応用技術へ展開することを目的とする。ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化、およびナノ細孔における物質の吸着・移動現象の解析と制御に取り組む。主に高機能湿度制御材料・システムの創成を目指す。

昨年度開発したブロックコポリマーのマイクロ相分離を利用したナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料の合成において、細孔径10nm でほとんど屈曲のない直線的な細孔形状をもつメソポーラスシリカの水蒸気吸着特性を詳細に検討し、吸着速度が細孔形状に依存することが判明した。

ナノ細孔表面物性の評価手法としての、細孔内部の水の吸着および窒素吸着等温線を極低相対圧 (水蒸気で $p/p_0=10^{-5}$ 、窒素で $p/p_0=10^{-8}$ 程度) からの測定法の検討を継続し、複数の骨格および Si/Al 比をもつゼオライトについてデータを収集した。水蒸気の吸着については、相対圧が大きくなるに従い、親水性吸着サイトへの吸着、シラノール基または吸着水への吸着、メソ孔や粒子間空隙への毛管凝縮が支配的となることが判明した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ多孔質材料、吸着、相変化

【研究題目】触媒の表面化学、構造解析と設計

【研究代表者】藤谷 忠博 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】藤谷 忠博、中村 功 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、エステル加水分解は石油化学などの基礎化学品製造で重要な反応であるが、従来の触媒的加水分解は、大過剰の水を必要とし、反応終了後にこの水を蒸留で分離するのに大きなエネルギーコストがかかっている。そこで、このプロセスにおける省エネルギー化、環境負荷低減、コスト削減を目指す。本研究では、アリルエステルの加水分解に続くアリルアルコールのアルデヒドへの異性化という方法で達成することを目指し異性化

触媒、加水分解触媒、さらにこれを連続的に行い不可逆型にすることを試みる。そのためには、アリルアルコールの出発原料であるプロピレンの反応特性が非常に重要である。種々の構造を持つPd触媒上でのプロピレンの反応特性を解明した。プロピレンは、Pd表面に π 型に結合して、活性化されアリルアルコールへと変換することがわかった。また、活性水素は、表面水素ではなくサブサーフェス水素であることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】Pd 触媒、エステル加水分解、活性水素種、

【研究題目】炭素膜の研究開発とプロセス検討

【研究代表者】吉宗 美紀（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】吉宗 美紀、原谷 賢治
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、アンモニアや有機ハイドライド（メチルシクロヘキサントルエン）などの水素エネルギーキャリアからの高効率水素精製プロセスの実現のため、その要素技術である水素分離用高性能炭素膜の開発、及びそれらを構成するための膜分離プロセスの最適化検討を実施する。

メチルシクロヘキサン系水素分離用高性能炭素膜の開発においては、製造条件の異なる炭素膜を作製し、本研究の適用温度（100℃付近）での単ガス透過性能の評価を実施した。トルエン（約0.6nm）は測定温度での蒸気圧が低いなど取り扱いが難しいため、代替ガスとしてCF₄（0.47nm）を使用した。その結果、不融条件の制御が性能向上に有効であり、いくつかの製造条件において、H26年度の目標値である水素パーミアンスと1段分離での目標回収純度達成の目安となる水素/CF₄選択性>300000を得ることができた。

膜分離プロセスの開発では、基準ガスから水素の回収率90%以上、残留トルエン0.3ppm以下の目標を達成する3形態の3段階プロセスを検討し優劣を比較した。その結果、供給段+濃縮側2段の3段階プロセスが最も高効率であることが分かった。それを基に、PSA吸着法より省エネルギーである所要動力原単位レベルを0.22kWh/Nm³（H₂）と仮定し、膜の理想分離係数と回収濃度の関係を算出した。残留トルエン0.3ppm以下を達成出来る理想分離係数は110であることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学プロセス、膜分離、炭素膜

【研究題目】バッチ式内部熱交換型蒸留システムの実用化開発

【研究代表者】遠藤 明（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】遠藤 明、片岡 祥（常勤職員2名）

【研究内容】

バッチ式蒸留による溶剤からの脱水プロセスを対象として、蒸留と吸着を組み合わせることによる省エネ化の可能性を検討した。昨年度までの検討により、親水性ゼオライトが吸着剤として有力な候補であることが判明しているが、今年度は流通プロセスによる脱水の可能性について検討を行った。

イソプロパノール（IPA）-水系、NMP（N-メチル-2-ピロリドン）-水系のいずれにおいても、A型ゼオライトは良好な破過曲線を示した。すなわち、吸着塔出口における初期水分量は、工業プロセスにおけるスペックである0.1wt%を下回り、かつシャープな立ち上がりを示した。また、1wt%の水分を含んだIPAを1m³吸着脱水で処理する場合、約60kgのゼオライトがあれば切り替えなしに1バッチ分処理が可能であることもわかった。

これらの結果およびシミュレーション結果を融合させることにより、吸着による脱水プロセスとバッチ式HIDiCとのハイブリッド化による省エネルギー性向上の可能性を山形大学とともに検証した。バッチ蒸留と吸着を組み合わせる場合、吸着ユニットを導入する位置は複数の可能性が考えられるが、ここでボトムベッセルの先に吸着ユニットを取り付け、脱水したIPAをボトムベッセルにすべて戻すこととした。その結果、吸着ユニットへのフィード量を300kg/hとしたときには、45%以上のエネルギー消費量低減とプロセス時間短縮が実現可能であることが判明した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ多孔質材料、吸着、脱水、バッチ式蒸留

【研究題目】セロビオースリピッドの紐状ミセル形成とその実用に関する研究

【研究代表者】井村 知弘（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】井村 知弘、森田 友岳、廣瀬 雄基
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

幅広い産業で汎用される界面活性剤のバイオベース化と高機能化を目指して、微生物によって再生可能資源から量産されるバイオサーファクタント（BS）の開発を行った。本研究では、特に酵母により量産される糖型BSの一種であり、疎水部の両末端に親水部を持つ双頭型のセロビオースリピッド（CL）に着目した。

再生可能資源を活用した発酵プロセスにより、CLを量産した後、水溶性を向上するため、そのナトリウム塩（CLNa）を得た。各種濃度のCLNa水溶液を調製し、試験管倒置法によりその最小ゲル化濃度（MGC）を求めたところ、CLNaはごく微量の添加（0.5wt%）で水溶液をゲル化することを見出した。また、得られたゲルの動的粘弾性の温度依存性を評価したところ、40℃付近において、貯蔵弾性率（G'）および損失弾性率（G''）が急激に低下することも明らかになった。また、CLNa

アクアゲルの凍結切断レプリカ法による透過型電子顕微鏡 (FF-TEM) 観察により、水中における CLNa の特異なゲル形成には、その紐状の三次元集合体が寄与していることが実証された。

日和見感染症を引き起こす真菌に対する抗菌活性と、低濃度での特異なアクアゲル形成能を併せ持つ、新しいスキンケア素材としての CL の実用が期待される。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオサーファクタント、酵母、アクアゲル

【研究 題目】 高性能アンモニア分解触媒の開発

【研究代表者】 藤谷 忠博 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】 藤谷 忠博、中村 功、高橋 厚
(常勤職員3名、他1名)

【研究 内容】

本研究では、アンモニアをエネルギーキャリアとする社会の構築や実現に向けた、その利用に関しての物質・エネルギー変換の基盤技術開発を目標とするもので、具体的には、アンモニアから効果的に水素を取り出すための触媒や化合物の開発を行う。熱平衡状態においては、高温かつ低圧条件でアンモニアの分解が促進されるが、常圧では、400℃以上であれば、熱平衡的には大部分のアンモニアの分解が可能である。しかし、ルテニウム (Ru) を用いた従来の触媒反応では、100%のアンモニア分解活性を得るためには600℃程度の高温が必要となるため、反応温度の低温化が重要な課題となる。本研究では、Ru 表面で進行する触媒反応の反応素過程を *in-situ* 解析手法を活用して、詳細に解析し、反応の律速過程や Ru 触媒における活性種について解明する。その結果、Ru を酸化マグネシウムに担持する際に、共沈法で調製することで、500℃以下でもほぼ平衡値に達するアンモニア分解活性を示すことを明らかにした。また、触媒活性も安定していることも見出した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 アンモニア、触媒、水素製造

【研究 題目】 アンモニア合成とプロセス解析 (科学技術振興機構 (JST))

【研究代表者】 金 賢夏 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 金 賢夏、高木 英行、難波 哲哉
(常勤職員3名)

【研究 内容】

再生可能なエネルギーを利用した中小規模の分散型に適した革新的アンモニア製造技術を開発し、10トン/日規模の基盤技術の確立を目標とする。アンモニアは水素の貯蔵・長距離輸送に適したエネルギーキャリアとして注目されており、従来のハーバーボッシュ法より穏やかな条件下で運転可能な新しいアンモニア合成技術の開発を目指した。平成25年度は触媒開発において各種金属成

分を担持した触媒を調製し、特殊反応場におけるアンモニア生成の活性評価を行った。反応条件としては原料となる水素と窒素の組成比、流量 (流通式、大気圧)、及び反応温度の影響について検討を行いアンモニア合成に適した反応条件を見出した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ハーバーボッシュ法、アンモニア合成、触媒、水素キャリア

【研究 題目】 活性酸素表面処理装置の開発と医療用滅菌器への応用

【研究代表者】 野田 和俊 (環境管理技術研究部門)
(研究代表機関：岩崎電気 (株))

【研究担当者】 野田 和俊、古川 聡子
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

従来困難であった短時間での手術器具滅菌を可能とするフラッシュ滅菌器、ならびに医療用内視鏡の滅菌処理を可能とする滅菌器にターゲットを絞り、比較的小規模クラスの医療機関でも利用しやすい汎用性の高い滅菌器の開発を目的とし、現場の真のニーズを十分に把握しながら、医療機器認証の取得、事業化を前提とした基礎システムの確立を目指す。今までの基本技術を活用し、医療器具の滅菌処理に関して、処理時間の短縮・最適化と処理状況を可視化するシステムの開発を行うことで、従来の滅菌器が抱えていた課題である環境への負荷、人体への悪影響等を大幅に低減することが可能となる。

滅菌器内でリアルタイムオンライン測定を可能とするモニターシステムとして、外乱の影響を減少させる方法として同一基板上に測定電極と参照電極の機能を1つの素子で対応可能な検知部を試作し、基本動作特性を確認した。

活性酸素インジケータ (カートリッジタイプ) の開発としては、センサ検出部のみを任意の必要な箇所の滅菌器・バック等へ個別に取り付け安全性のダブルチェックと利用範囲を拡大するカートリッジタイプの基本検知特性を明らかにした。取り扱いが容易な基板型としての専用カートリッジ方式で、各種環境下での特性を明らかにした。また、この応用例として、ロガータイプについても試作化を行った。

従来の QCM (水晶振動子を利用したセンサ) 法をベースとし、多孔質薄膜にラジカルスピントラップ試薬を担持させた検出薄膜について、選択的にトラップ可能なラジカルスピントラップ試薬の有無を調査し、その特性について検討を進めた。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 センサ、活性酸素、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

F081

【研究 題目】 エレクトロスプレー反応場を利用した織

維・紙加工技術の開発

〔研究代表者〕 脇坂 昭弘（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 脇坂 昭弘、小原 ひとみ

（常勤職員2名、他6名）

〔研究内容〕

繊維・紙の抗菌・染色加工法として、加工薬剤溶液への浸漬法が広く用いられている。しかし、大量の廃水や乾燥エネルギーによる環境負荷が大きいこと、小ロット多品種生産への適応が困難なこと、色調・濃淡の高度な調整が困難なこと等の問題によって、新興国に対する産業競争力を発揮することが困難な状況が続いている。本研究では、エレクトロスプレー法を適用し、高機能・高品質加工が可能で廃水を出さない加工技術の開発を目指して以下の研究開発を行った。

- (1) エレクトロスプレー法によって生成した正・負に帯電した極微小液滴間の静電力によって両液滴を混合し、液滴内の極微小体積内で化学反応させる技術を利用して、銀イオン源の硝酸銀溶液と銀イオンの還元剤となるアスコルビン酸溶液を極微小液滴内で混合し、抗菌性の高い銀ナノ粒子を液滴内で合成し、そのまま紙の表面に付着させることができる抗菌加工用試作機を製作して、抗菌加工が可能であることを実証した。
- (2) 糸に対する染色・抗菌加工を可能にするために、糸を塩水や水道水に浸してわずかな導電性を付与することで、エレクトロスプレーを糸に効率よく集束させる技術を開発した。これにより、一本の糸上で染色の濃淡や色を変えることが可能になり、環境負荷低減と高度染色加工が可能になった。また、糸に還元剤のアスコルビン酸水溶液を浸み込ませて導電性を付与し、硝酸銀溶液をエレクトロスプレーすることにより、糸上で銀イオンが還元されて銀ナノ粒子が生成し、強い抗菌力を発揮することを確認した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 エレクトロスプレー、繊維加工、染色、抗菌

〔研究題目〕 繊維導電性加工に用いる金属ナノ粒子分散液の量産化技術開発

〔研究代表者〕 脇坂 昭弘（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 脇坂 昭弘、小原 ひとみ

（常勤職員2名、他6名）

〔研究内容〕

正・負エレクトロスプレーをヘキサンなどの低誘電率液体中で対向させることにより、正・負に帯電した微小液滴を静電力によって衝突・混合させ、微小液滴内で化学反応を起こさせる「液中エレクトロスプレー反応場技術」をシーズ技術として、金属ナノ粒子分散液を大量合成し、繊維の導電性加工等へ応用することを目的として、①10nm以下の金属ナノ粒子合成条件の最適化、②室温3ヶ月ストック可能な金属ナノ粒子分散液の濃縮イ

オン化技術の開発、③金属ナノ粒子による繊維の導電性加工技術の開発、④繊維以外の用途を想定した複合ナノ粒子合成技術の開発を行う。今年度は、①の金属ナノ粒子の合成条件について検討し、例えば銀ナノ粒子について、硝酸銀溶液と還元剤のヒドラジン溶液の混合効率を高めることにより、未反応の銀イオンが減少し、収率を向上させることに成功した。これにより銀ナノ粒子分散液の量産化技術が確立し、繊維導電性加工試験が可能になった。また、本研究成果は、プリンタブルエレクトロニクス分野で求められている金属ナノ粒子分散液の合成法へも応用が可能であることから、今後、現在の200mLの合成スケールを10L程度へスケールアップすることを検討する。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 エレクトロスプレー、ナノ粒子、導電性加工

〔研究題目〕 土壤中 VOC の太陽光による無害化処理を可能とする光触媒式パッシブリアクターの開発に資する光触媒材料調製

〔研究代表者〕 根岸 信彰（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 根岸 信彰（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、VOC 汚染が理由で未利用となっている土壤汚染地区（放棄地）を太陽光のみでランニングコストを生じることなく浄化する光触媒式パッシブリアクターを開発することを最終目標とし、その達成に必要な以下の暫定目標を本研究で目指した。すなわち、1) ppmレベルのトリクレンを晴天下の太陽光強度で最終的にほぼ100%近く CO₂へと酸化処理できる光触媒構造体の検討を行うこと、2) トリクレンなど含塩素化合物の光触媒分解に伴い生成する塩酸の影響を調べ、その対策を検討することである。この結果、アセトアルデヒドに関しては UV 強度1mW/cm²でもほぼ100%CO₂への酸化処理が可能であることを示した。トリクレンに関しては、CO₂変換率よりさらに応用的な除去率で評価し、太陽光強度にほぼ匹敵する4mW/cm²の UV 光強度において参照触媒である P25に匹敵する処理性能を達成することができた。また、トリクレンの除去効率は1～3回目の実験で平均71.7%、その触媒の洗浄後の4～6回目の実験で平均70.2%であった。この数値の違いはほぼ誤差範囲内であり、触媒活性低下は水洗浄で殆ど低下しないことを見出した。また、反応の繰り返しによる塩酸蓄積の影響もほぼ全く見られないことを確認された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 光触媒・土壤汚染・VOC・トリクレン・パッシブ浄化

〔研究題目〕 微量元素の挙動解析のための熱分解／誘導結合プラズマ質量分析装置

(Py/ICP-MS) の開発

【研究代表者】 田尾 博明 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 田尾 博明、中里 哲也、佐藤 浩昭、
重田 香織 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

分析試料加熱時における、微量元素の挙動を調べるための解析装置、および高温反応を利用した分析装置を提供するため、試料を加熱するための熱分解炉 (Py) と、元素を検出するための高周波誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) とをオンラインで結合した Py/ICP-MS 装置を開発する。①Py への試料導入法に関して、分析成分によっては液体試料を容器に直接注入すると熱分解されるものがあつたため、不活性化された石英ウールに含浸させることができるように試料容器を改良した。これらの改善点を二次試作機に反映させることとした。②Py/ICP-MS 用のインターフェースの開発については、ICP-MS のトーチにヒーターを内蔵させることにより、分析成分の凝縮を抑え、分析の妨害となる微粒子や金属粉が発生しない清浄な条件での加熱を可能とし、検出下限を低下することができた。二次試作機に向けて、共同研究先とインターフェース構造に関して打ち合わせを重ね、コンパクトで加熱効率に優れたインターフェースの構造を考案した。また、③Py/ICP-MS 装置の実用性評価に関して、実試料として気化温度が既知のポリスチレン樹脂を分析し、予想された昇温プロファイルが得られることから、Py およびインターフェースの適切な加熱ができていることを確認した。また、金属試料 (はんだ等) 中のスズの分析感度を評価し、十分な感度が得られることを確認した。更に、水銀およびメチル水銀を分析する方法として、フェニル誘導体化を用いる方法を検討し、気化温度の差から両成分を分離分析できることを示した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 微量元素分析、挙動解析、質量分析、熱分解炉

【研究題目】 生体分子のセンシングデバイスへ応用可能なマイクロ流路用金型の作製技術開発

【研究代表者】 鳥村 政基 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 鳥村 政基、愛澤 秀信、谷 英典、
黒澤 茂、丹羽 修、栗田 僚二、
加藤 大、高谷 勇介、薛 強
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

環境やライフサイエンスの分野では、種々の計測情報を迅速簡便に取得し活用できる社会の構築が強く望まれている。これまで、こうした計測情報は実験室や試験所などに持ち帰って大型の機器分析装置を使って取得することが常識であったが、近年は環境や医療のより現場に近い場所で特殊な技能を必要とせず測定できるような技

術開発が課題となっている。これらの課題を解決する方法として、片手に載る程度の大きさのマイクロ流路デバイス上で一連の計測が達成できるのではないかと、いうことで多くの研究開発が進められてきた。その結果、いろいろな項目を分析できるマイクロ流体デバイスが提案されてきた。しかし、こうしたデバイスの量産化を考慮した場合、その高い製造コストに課題が残されていた。

本研究では、分離や反応・検出といった計測機能を持つ流路を刻んだ樹脂製のマイクロデバイスを量産するための新たな金型作成技術を開発することを目標にしてきた。民間企業と福島県ハイテックプラザとの共同研究を通して、現在の汎用金型作成技術より迅速かつ安価に作成できる技術の開発を重点的に進めてきた。

今年度は、環境中の化学物質の毒性を迅速に評価するための細胞チップのデザイン設計、ならびに生体内の疾病マーカー分子等のセンシング機能を有するマイクロデバイスのデザイン最適化を進めた。いずれもマイクロデバイスの試作とその性能評価を繰り返すことで、より高い性能のマイクロセンシングデバイスの構築を進めることができた。

【分野名】 環境・エネルギー、ライフサイエンス

【キーワード】 計測、診断、マイクロデバイス、金型

【研究題目】 産業用 X 線照射装置の大線量冷陰極 X 線管の開発

【研究代表者】 鈴木 良一

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 鈴木 良一、加藤 英俊

(常勤職員2名)

【研究内容】

ライフサイエンスやバイオテクノロジーの分野では動物や植物に放射線を照射して放射線照射の効果を調べ、医療や産業に役立てる研究がなされている。これらの実験では、放射性同位元素は特別な管理が必要なため、電源を切れれば放射線が出ない X 線照射装置が様々な研究機関で使われている。従来の X 線照射装置の X 線管は、医療用の X 線管を転用したもので、熱陰極から出る電子をターゲットの1点に照射して X 線を発生する X 線管を用いているが、出力を大きくしようとするとう回転ターゲットなど複雑な機構が必要になる。本課題では、電子放出特性に優れたカーボンナノ構造体を用いて大面積大線量照射が可能で、寿命も従来の X 線管を超える性能の照射装置用 X 線管を開発することを目指している。

今年度は、2種類のリング状カーボンナノ構造体及びそれをセットするセラミック製の容器を試作し、リング状のカーボンナノ構造体電子源を用いた X 線管の性能を調べた。その結果、X 線照射装置用 X 線管として 3mA 以上の電流を安定して放出でき、X 線照射装置用 X 線管として使用可能な性能であることを確認した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】カーボンナノ構造体、X線源、X線照射装置

【研究題目】鉄筋コンクリート用小型リアルタイムX線非破壊検査装置の開発

【研究代表者】鈴木 良一

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】鈴木 良一 (常勤職員1名)

【研究内容】

住宅や建造物の損傷、耐久性の非破壊検査のニーズに対して、従来の検査装置では、広範な検査範囲をカバーするのは困難となっている。そこで、当所が開発したカーボンナノ構造体電子源を用いた乾電池駆動小型高エネルギーX線装置のシーズと、高エネルギー加速器研究機構が開発したリアルタイムX線2次元検出器のシーズを融合させた鉄筋コンクリート用小型リアルタイムX線非破壊検査装置を開発し、震災で被災した地域の復興を促進させることを目的としている。

本年度は、カーボンナノ構造体電子源を用いたX線管を駆動するための高電圧発生回路などの開発を行い、可搬型X線源として完成させるとともに、X線源と高エネルギー加速器研究機構が開発した2次元X線検出器との間に鉄筋コンクリート試験体においてX線の透過試験を行い、X線透過像を撮像できることを確認した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】カーボンナノ構造体、X線源、鉄筋コンクリート、非破壊検査

【研究題目】光格子時計高精度比較のための高速制御型光周波数コムの開発

【研究代表者】洪 鋒雷 (計測標準研究部門)

【研究担当者】洪 鋒雷、稲場 肇、大久保 章

(常勤職員3名)

【研究内容】

本研究は、異種光格子時計の高精度比較に用いる高速制御型光周波数コムを開発を目的とする。Sr、Hg、およびYb光格子時計の線幅転送を含む周波数比較のために、光コムとそれぞれの時計遷移波長のレーザ光とのビートを観察する。さらに、それらのうちの一つに位相同期可能な高速制御型光周波数コムを開発し、 3×10^{-16} @1sの周波数安定度で光-光周波数比較を行うことを目標とする。具体的には、光コムの光源となるフェムト秒モード同期ファイバレーザの高速制御のために、励起レーザ強度の高速制御系、および共振器長の高速制御のための共振器内電気光学変調器を導入する。4つの光増幅ブランチを用意し、光コムの f_{CEO} 信号、波長698 nm、1062 nm、及び1156 nmのレーザ光とのビート信号を観察するための光学系を構築する。光コムを制御する二つの高速位同期系を構築し、同期のサイクルスリップ、測定のカウントミスを極限まで減らすなど調整を行い、 $3 \times$

10^{-16} @1sの周波数安定度で光-光周波数比較を行う。H25年度は、昨年度の準備に引き続き、上述した目標を達成する。

繰り返し周波数は約68 MHzで、共振器内電気光学変調器として、信頼性に優れたバルク型を採用した。各アンプを製作し、広帯域化、ビート信号の検出確認、および f_{CEO} 信号とビート信号の位相同期の正常動作を確認した。さらに、産総研の光コムとの比較により、基準に対する相対線幅および相対周波数安定度を測定し、それぞれHz級、および 10^{-15} @1sを得た。相対周波数安定度は目標よりやや悪かった。9月に理化学研究所に移設した。その後、実験室環境の変化に対応するため、12月、3月にそれぞれ調整、改良作業を行った。

数日間の連続稼働に耐え、コムの動作としては問題無いと思われるので、今後は香取グループの要請に応じ、調整などを行う。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

【研究題目】美濃島知的光シンセサイザプロジェクト

【研究代表者】洪 鋒雷 (計測標準研究部門)

【研究担当者】洪 鋒雷、大苗 敦、稲場 肇、

保坂 一元、大久保 章

(常勤職員5名)

【研究内容】

光コムから『知的光シンセサイザ』へ進化させその利用が爆発的に進められるためには、光源利用技術の進展、およびギャップ分野の融合が必要である。本研究領域においては、『知的光シンセサイザの開発』と『革新的応用の開拓』の2つを並行・関連させながら実施する。

我々は「周波数極限化グループ」として当プロジェクトに参加し、光源と制御手法の高度化と光コムのポテンシャルを生かすための利用手法技術の開発、特に光コムの高繰返し化、周波数制御法の高度化、究極の能力の解明、小型化、デュアルコム分光、天文への応用を中心に研究を遂行する。

本年度は、共振器長をできるだけ短く設計したモード同期レーザのための共振器モジュール、外部共振器レーザ、アクティブ除震台、および赤外用光スペクトラム・アナライザなどの実験機器を整備し、基礎検討を行ないながら次年度以降の本格稼働に備えた。また、応用の一つである「デュアルコム分光計」の開発を行い、これまでにない広帯域測定に成功した。さらに「天文コム」に関しては、天文コミュニティとの共同研究を模索するため、関連しそうな研究者数人とコンタクトしたり、関連ワークショップに参加したりするなどした。その結果、天文分野でのコムのニーズを把握するとともに、国立天文台、京都大学などのグループに我々の技術を知ってもらうことができた。さらに、岡山天体物理観測所との打

ち合わせでは、実際に光コムを設置する計画を共同で進めるに至っている。

絶対線幅狭窄化を目的とする周波数安定化レーザに関しては、周波数安定度を向上させるために、低熱雑音光共振器を用いた1.5 μm 帯狭線幅化レーザの開発に着手した。

2台の光周波数コムを使うデュアルコム分光に関しては、分光装置としての性能を向上させるために、相対線幅の狭窄化を行った。産総研のコム的高速制御性を生かして2台のコムを位相同期することで相対線幅を狭窄化し、スペクトル帯域を100 THz 以上に拡大した。これは、これまで報告されている帯域10 ~ 20 THz を大きく超えるものである。また、スペクトルは最短100 ms 程度で取得することが可能である。この広い帯域を生かし、複数の分子ガスの複数の振動回転バンドを同時に観測した。この成果は、未知のガスのリアルタイム成分分析や、分子の振動回転エネルギーのダイナミクス研究など、これまで観測できなかった現象を測定可能とするものである。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光周波数コム、光シンセサイザ、天文、狭線幅レーザ

【研究題目】効果的な除染計画・評価のための放射線・放射能測定装置の実用化開発

【研究代表者】黒澤 忠弘（計測標準研究部門）

【研究担当者】黒澤 忠弘、齋藤 則生、加藤 昌弘（常勤職員3名）

【研究内容】

福島県内では、除染が行われている地域もあるが、まだこれからとなっている市町村も多い。（飯館村など）住民が帰還するためには、除住空間である敷地の空間線量低減が重要となるが、低減させるために効果の高い除染作業、領域をあらかじめ推定することが必要である。また、地中のセシウム深度分布が容易に測定できれば、過剰な除染による廃棄物を出さずに減容することができる。これにより、限られた予算の中で、効率的、効果的に除染を行うことが可能となる。また現在行われている除染作業についても、一部手抜き工事などが発覚しており、除染が広範囲に行われるようになれば、これらの問題が多発することになる。

本研究では、光子エネルギースペクトル測定器を用いて、新しく開発した信号処理技術を付加することによって、地中における放射能の深度分布、また空間における被ばく線量寄与の要因と汚染域の推定が行える放射線・放射能測定装置の実用化開発を目的としている。本年度は汚染域の距離推定のために実際のフィールドにおける測定が必要となるため、福島県内においていくつかのポイントを回り、実証可能な場所の選定を行った。また福島県内において土壌のサンプリングを行い、実際の深度

分布測定の実証実験を行うことができる場所の選定を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】 γ 線、除染、スペクトル解析

【研究題目】国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築

【研究代表者】稲場 肇（計測標準研究部門）

【研究担当者】稲場 肇（常勤職員1名）

【研究内容】

光波と電波の周波数境界に位置するテラヘルツ (THz) 帯 (1011 Hz (100 GHz) ~ 1013 Hz (10 THz)) は、これまで良質なレーザ光源や高感度検出器が無かったため、唯一残された未開拓電磁波領域とされてきた。近年のレーザ励起 THz 波や THz 量子カスケードレーザを始めとした各種 THz 要素技術の進展により研究開発が加速しているが、超高速・大容量無線通信や非破壊検査といった産業分野での利用が具体化し始め、THz 帯電磁波の計量標準 (周波数、パワーほか) の整備が世界的に急がれている。特に周波数については、電磁波の最も基本的な物理量の一つであると同時に最も高精度に発生・計測可能な物理量であり、THz 技術の根幹をなす標準として強く望まれている。本研究では、電波領域 (DC~10 GHz) や光波領域 (200~600 THz) と同等な周波数の不確かさを THz 周波数でも実現するため、電波・光波・THz 波という3つの異なる周波数帯を、光周波数コム (光コム) を利用して精密にリンクする。この周波数リンクによって、電波や光波領域における充実した周波数標準群の不確かさを THz 領域に分配し、SI 基本単位の1つである時間 (秒) の国家標準にトレーサブルな三種の THz 周波数標準技術 (THz コム走査型分光計、THz シンセサイザ、THz スペクトラム・アナライザ) を確立する。

本研究プロジェクトで開発したデュアル THz コム分光法は、マイクロ周波数標準に位相同期したデュアル・フェムト秒レーザの利用によって達成される極めて高い分光性能が特徴であるが、企業も含めたユーザからは、市販されているフリーランニング (非安定化制御) 状態のフェムト秒レーザを用いて同様なことが出来ないかという問い合わせも多い。そこで、このような要求を実現可能な手法として、近年、デュアル光コム分光の分野で注目されているアダプティブ・サンプリング法 [Nature Communications 5, 3375, 2014] をデュアル THz コム分光法に導入するための研究開発を行った。デュアル THz コム分光法は、超高周波のため直接的な周波数計測が困難な THz コムを、周波数間隔のわずかに異なる2台の THz コムを用いることにより、周波数スケールをダウンスケーリングし、RF 帯で直接観測する手法であると言える。アダプティブ・サンプリング法で

肝となるのは、アダプティブ・クロックの生成であり、そのためにはデュアル THz コムのコム間ビート信号を抽出する必要がある。そこで、本年度はデュアル THz スペアナを用いて、THz 帯コム間ビート信号を抽出した。一方で、将来的にスペクトル線幅がサブ Hz 級の THz コムを達成するため、光周波数コム的高速制御化および狭線幅化を行っているが、本年度は狭線幅化された可視～近赤外波長域の光周波数コムを用いた線幅転送技術の確立、および波長578 nm にある¹⁷¹Yb 原子の時計遷移 ($6s^2 \ ^1S_0 - 6s \ 6p \ ^3P_0$) の観察を行った。その結果、世界で初めて光周波数コムを用いた線幅転送による光時計の時計遷移分光に成功した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光周波数コム、モード同期レーザ、モード同期ファイバレーザ、テラヘルツ

【研究題目】音楽を中心とした類似度可視化情報環境の実現と全体統括

【研究代表者】後藤 真孝（情報技術研究部門）

【研究担当者】後藤 真孝、栗原 一貴、濱崎 雅弘、中野 倫靖、吉井 和佳、深山 覚
（常勤職員6名、他7名）

【研究内容】

本研究は、創作支援技術と鑑賞支援技術を研究開発することで、音楽や動画のようなメディアコンテンツの創作や鑑賞を誰もが能動的に楽しめる社会や、過去のコンテンツに敬意を払う文化、感動体験重視型のコンテンツ文化の実現を目指している。そのために、コンテンツを豊かで健全に創作・利用する「コンテンツ共生社会」の確立に向けた研究開発に取り組み、コンテンツ間の類似度を人々が知ることができる（可視化する）情報環境を実現する技術基盤を構築する。

5年半計画の3年目である平成25年度は、前年度までに取り組んできた鑑賞支援技術を発展させ、Web 上の音楽コンテンツの関係性を可視化する音楽視聴支援サービス「Songrium（ソングリウム）」（<http://songrium.jp>）を実現し、平成25年8月には一般公開とともに実証実験を開始して、その研究成果をプレス発表した。Web マイニング技術および音楽理解技術に基づく Songrium により、動画共有サービス（ニコニコ動画、YouTube）上の音楽動画約60万件の関係性を抽出し可視化することで、ユーザは多様な関係性を手掛かりに楽曲や派生作品と出会うことが可能になった。また、平成24年度にプレス発表した能動的音楽鑑賞サービス「Songle（ソングル）」（<http://songle.jp>）を拡張し、登録楽曲を約6000曲から約60万曲に大規模化させ、実世界デバイス制御にも取り組んだ。さらに、時系列的に変化する複雑な混合音を自動理解する研究において、無限半正定値テンソル分解 PSDTF という優れた音源分離品質を持つ技術を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】音楽情報処理、音響信号理解、音楽コンテンツ類似度、音楽インタフェース

【研究題目】メガソーラーの最適運用システムの開発

【研究代表者】村川 正宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】村川 正宏、河西 勇二、岩田 昌也、高橋 栄一、鈴木 綾子
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

メガソーラーでは一部のパネルの不具合（故障や汚れ等）が、他の多数の正常なパネルの発電低下を引き起こす可能性がある。しかし、メガソーラー向けに太陽電池パネルの不具合を安価に検出する手段や、コストを考えた最適なパネルクリーニング方式はまだ確立されていない。そこで本研究では、これまで研究開発を行ってきた家庭用太陽光発電のための電力線通信を用いた安価なモニタリング技術を、メガソーラー向けに改良する。加えてモニタリング結果に基づき不具合要因を自動診断し、経済性まで加味する最適クリーニング方式の開発を行う。

2年計画の1年目となる平成25年度は、既設の太陽光発電システムに対して追加設置可能な、ストリング単位（直列接続されたパネル1列）でのモニタリング通信子機のプロトタイプを開発し、微小電圧（最小0.3V）・大電流（最大10A）に対応できることを確認した。また、プロジェクトの参画企業と連携し、メガソーラーに当該子機を104台設置し、太陽光発電状況のモニタリングを開始した。クラウドサーバー上に、モニタリングデータが収集・蓄積され、ストリング単位の電流量をグラフにより可視化することが可能となった。

不具合診断に関しては、産総研太陽電池パネル実証実験において取得した発電データを用い、我々が開発した不具合自動診断アルゴリズムの有効性を検証した。具体的には、これまでに収集・整理したモニタリングデータについて、ROC (Recover Operating Characteristics) を指標とするグラフを作成し、疑似欠陥の検出精度、過検出率の評価を行い、異常値の突合せ作業を行った。その結果、90%以上という高い認識精度を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】メガソーラー、メンテナンス、不具合自動診断、PLC、クリーニング

【研究題目】病理画像のがん検出ソフトウェアの開発

【研究代表者】坂無 英徳（情報技術研究部門）

【研究担当者】坂無 英徳、村川 正宏、高橋 栄一、野里 博和、曲 佳、胡 尔重
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

昨今の医師不足やがん患者の増大により、検査や診断において医師や医療従事者に対する負担が急速に増大しており、「検診の最適化・高度化・定量化」や「確定診

断の精密化・効率化」に資する検査装置の実現が喫緊の課題となっている。そこで、本研究では、高度な画像認識技術を活用し、医師の診断を強力に支援するために病変候補部位の高精度検出ソフトウェアを開発し、病理診断分野における実用化を目指す。

2年計画の1年目となる平成25年度は、高効率な特徴量抽出するための色指標局所自己相関特徴を用いて、がんを含む胃生検の顕微鏡画像を高精度に判別するプログラムを作成した。染色ムラの影響を低減するための画像処理、多様な形態的特徴を区別するための判別手法、画像解析システムのパラメータを自動調整する手法などの要素技術の改良を行った。胃生検の顕微鏡画像（正常（Group1）：200枚、がん（Group5）：432枚）を対象とした異常検出実験において、弊所従来法では感度78.7%（340/432）・特異度85.5%（171/200）であったところ、感度93.7%（405/432）・特異度92%（184/200）まで向上した。また、同プログラムの処理速度を試算し、検出精度向上のために精密な特徴抽出を行った場合でも、約20億画素のバーチャルスライド画像を最終目標である30分以内に処理可能である見通しを得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】画像認識、病理診断

【研究題目】化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成および誘導体化

【研究代表者】富永 健一

（触媒化学融合研究センター）

【研究担当者】富永 健一、根本 耕司、藤谷 忠博、高橋 厚（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本課題では、セルロースからの乳酸合成および乳酸脱水によるアクリル酸合成について、それぞれ実用化に必要なレベルにまで技術を向上させ、セルロース系バイオマスからのアクリル酸合成プロセスの基盤技術を確立することを目的としている。糖からの乳酸エステル収率70%、セルロースからの乳酸エステル収率68%、実バイオマス（木粉）からの乳酸エステル収率54%を達成する触媒を開発し、それぞれ3回以上の触媒リサイクルを実現した。また、乳酸/乳酸エステルよりアクリル酸収率60%、耐久性36hの性能を持つ触媒を開発し、いずれもプロジェクトの目標値をほぼあるいはそれ以上のレベルで達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、触媒、乳酸、アクリル酸

【研究題目】ジャトロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術（非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術）

【研究代表者】葭村 雄二

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、匂坂正幸、西嶋 昭生、望月 剛久、陳 仕元、阿部 容子、堀江 裕吉、佐村 秀夫
（常勤職員6名、他8名）

【研究内容】

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、以下の検討を行った。

Jatropha オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術では、エステル交換用新規固体触媒として、水分や遊離脂肪酸への耐久性を有する硫酸官能基型 SBA-15触媒を開発した。一方、バイオディーゼル（FAME）中の多価不飽和脂肪酸メチルを主として単価不飽和脂肪酸メチルに変換させた部分水素化 FAME（H-FAME と呼称）は、酸化安定性等に優れるが、H-FAME 製造用水素化触媒の寿命に課題があった。触媒の耐久性向上の検討を行った結果、触媒担体表面部に Pd を担持し、反応系に微量酸素を共存させることで長寿命化を達成できた。*Jatropha* 残渣の急速熱分解によるバイオオイル製造では、電気集塵器による熱分解タール蒸気の回収率向上を図ると共に、触媒存在下でのバイオオイル製造を行った。シリカ/アルミナ比 ≥ 22.5 の Beta ゼオライト触媒が高い芳香族炭化水素選択率を示すこと、また、使用済み触媒の再生利用も可能であることを見出した。製品バイオオイル中の芳香族炭化水素含有率は、触媒存在下の熱分解の方が高かった。

バイオオイルの輸送用燃料化技術では、疑似バイオオイルとして用いた木質タール（緩速熱分解油）の2段階改質法の検討を行い、1段目の脱酸素反応ではスラリー床触媒反応器を用いたバイオオイル100%の処理が有用であり（生成油中の酸素含有量 ~ 10 質量%）、2段目の改質反応では固定層触媒反応器を用い、バイオオイルと石油留分を混合処理するコプロセッシングが有用であることを見出した。

当該事業で開発した *Jatropha* 油由来の H-FAME は、材料適合性、エンジン特性及び排出ガス特性の面から、従来型 FAME と同等の特性を示すが、各 FAME 成分性状のエンジン燃焼特性を予測し、燃焼条件の最適化につなげるためのシミュレーションコードを整備した。更に、*Jatropha* H-FAME の LCA 評価を行うと共に、*Jatropha* 残渣からの燃料製造については、各種環境カ

テゴリへの影響、それらの環境への負荷低減に寄与する項目を定量的に明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性、LCA

【研究題目】非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

【研究代表者】葭村 雄二

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、匂坂正幸、西嶋 昭生、望月 剛久、陳 仕元、阿部 容子、堀江 裕吉、佐村 秀夫
(常勤職員6名、他8名)

【研究内容】

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、以下の事業を実施した。

Jatropha オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術では、タイ国科学技術研究院 (TISTR) に設置したバイオディーゼル (FAME) 製造パイロットプラント (1.0ton/day) を用いた運転研究を行い、遊離脂肪酸含有量の高い *Jatropha* 油から EN 規格等を満たす FAME が製造できることを確認した。また、製造された FAME の更なる高品質化を図るため、含有不飽和結合が低減した部分水素化 FAME (H-FAME と呼称) を製造した。一方、FAME 中の含有リン量については、更なる低減を目指し、*Jatropha* 油の酸脱ガム条件の最適化を行った。

前述のパイロットプラントから製造された H-FAME については、その燃料の社会実装を目指すため、タイ国内で実車試験を行い、H-FAME の自動車燃料適合性を評価した。H-FAME を石油系軽油に10容量%混合した混合燃料 (B10) を用い、ピックアップトラックによる50,000km の走行試験を行った結果、H-FAME を混合した B10燃料が従来の石油系軽油と同等に、車輛等の改造なしに利用可能であることが実証された。

Jatropha 残渣からのバイオオイル製造では、TISTR

設置の流動層型熱分解炉パイロットプラント (残渣処理量: 20kg/h) の安定運転に向け、スクリーフィーダーの改良、タール蒸気回収用の電気集塵器の設置等を行い、運転研究を実施した。今後、スクリーフィーダーの仕様変更や水冷ジャケットの取り付け等を行い、当該パイロットプラントの更なる安定運転を目指す予定である。

タイ国研究者の人材育成では、日本側から11名 (うち産総研10名) の専門家派遣を行い、タイ側研究機関でのパイロットプラント運転研究指導や各関連研究に係る技術指導を現地で行うとともに、バイオディーゼルの高品質化、急速熱分解によるバイオオイル製造技術、LCA の分野で15名 (うち産総研13名) のタイ側研究者を受け入れ、本邦での技術指導を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性、LCA

【研究題目】ゼロから創製する新しい木質の開発

【研究代表者】光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】光田 展隆、坂本 真吾、戸部 文絵、桑澤 明子 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究では合成生物学的観点から新しい、有用形質を備えた木質を植物に合成させ、バイオ燃料やバイオリファイナリー原料に適した植物を開発する。具体的には木質を形成しない変異体 (*nst1 nst3*二重変異体) をベースに糖化しやすい形質を備えた木質を人工的に構築する技術をまずはモデル植物 (シロイヌナズナ) で開発し、それを木本モデル植物 (ポプラ) に調整、適用して糖化しやすい木質を持つ植物を開発する。これまでの実験結果などから、*nst1 nst3*二重変異体の表現型を回復させるのに有望と考えられる転写因子を、すでに77種類個別に導入した。また、全転写因子からすべてのサブファミリー、サブグループを網羅するように代表遺伝子300種類を選抜し、30遺伝子ずつまとめて導入した。個別導入系統のうち21遺伝子について、細胞壁含量や酵素糖化性を中心に評価し、細胞壁含量では野生株比で35%増加する系統を得た。今年度は、同系統を作成するのに使用した遺伝子が、野生株バックグラウンドでも約40%細胞壁含量を増強できることを明らかにした。そこで、これをさらに改変したコンストラクトを11種類ポプラに導入した結果、これまでのところ、ポプラ幼木において野生株比で約25~50%の細胞壁含量の向上を達成することができた。また、今年度はさらに多くの転写因子についてシロイヌナズナにおける評価を行い、新たに約30種類の転写因子がなんらかの指標において *nst1 nst3*二重変異体

の表現型に回復傾向を付与できることがわかった。これらの中には細胞壁中の特定の成分のみを合成するものもみつかっており、今後の展開が期待される。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 植物、ゲノム、木質、バイオエタノール、発現制御、遺伝子、バイオマス

〔研究題目〕 水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築

〔研究代表者〕 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 玉木 秀幸、鎌形 洋一
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

水生植物はその根圏に多様な未知微生物を内包しており、そこには互いの成長を支え合う『水生植物－根圏微生物共生系』が成り立っている。本研究では、この水生植物とその根圏微生物との共生系を開拓するとともに、それらを巧みに活用することにより、革新的な高次植生バイオプロセス技術の創成を目指している。特に、本研究では、有効な未知微生物探索技術を駆使して、多様な水生植物種の根圏環境から未知微生物を可培養化し、新しい根圏微生物ライブラリーを構築するとともに、水生植物の成長を促進する新たな微生物（PGPB: Plant Growth Promoting Bacteria）の取得を目的とするものである。今年度は、多様な水生植物の根圏ならびに葉圏から、系統的に新規性の高い多様な微生物を新たに60株以上を収集・取得し、それらを「水生植物微生物ライブラリー」に収録、保存した。現時点において、本ライブラリーには、門レベルや綱のレベルで新規な根圏微生物等を含む50属60種以上の水生植物関連微生物が保存されている。次に、昨年度までに確立したスクリーニング技術を用いて、PGPB の探索を実施した。その結果、昨年度までに見出した3種の PGPB に匹敵する成長促進効果を示す PGPB を新たに6株取得することに成功した。これらの PGPB は、無菌コウキクサを用いた評価系において、コントロール（微生物無添加系）に比べて2倍以上高い成長促進効果を示した。これまでに見出した PGPB のうち、特に植物成長促進効果が高い4株について、詳細な成長促進効果を確認したところ、2株についてはクロロフィルの増大効果があることも明らかになった。これら4株はいずれも既存の PGPB よりも高い植物成長促進効果をもつことから、これら4株については特許微生物登録を行うとともに、植物成長強化微生物として特許を出願した。現在、さらに、これら4株の PGPB を中心に、植物の成長促進メカニズムの解明を鋭意進めている。

〔分野名〕 ライフサイエンス・環境・エネルギー

〔キーワード〕 水生植物、水質浄化、植生浄化、未知微生物、根圏微生物、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物

〔研究題目〕 分子マトリクス電気泳動を活用した高性能 POCT デバイスの創出

〔研究代表者〕 松野 裕樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 松野 裕樹、飯竹 信子、新聞 陽一
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

分子マトリクス電気泳動（Supported Molecular Matrix Electrophoresis, SMME）とは、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）等の多孔性の疎水性膜を支持体とし、その内部に吸着形成させたポリビニルアルコール等の親水性ポリマーマトリクスを分離担体とする膜電気泳動法である。本研究では、POCT（point-of-care testing）デバイスの新しいコア技術の創出を目指して、SMME によるアフィニティ電気泳動（Affinity-SMME）の開発およびその高度化に取り組んだ。Affinity-SMME では、タンパク質などのアフィニティプローブ（あるいはリガンド）を PVDF 膜に疎水的に吸着固定できるため、膜上の任意の位置にそれらを局所配置できる。この特徴を活かし、ターゲット分子の膜電気泳動上での抗体サンドイッチ検出法の開発を行い、糖タンパク質標準品を用いて実証した。また、確立した方法を CRP 等の血清中微量糖タンパク質の分離検出に応用し、現場即時分析法としての技術の可能性を探った。一方、POCT デバイスでは、全血試料による測定が求められる場合がある。そこで Affinity-SMME による全血試料の直接分析についても検討し、動物血液をモデルとして血漿成分の分離導入を試みた結果、問題なく分析できることが判明した。これらの成果は、新しい検査デバイスの開発において有用な知見になると共に、研究用ツールとしての応用も期待できる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 電気泳動、親和電気泳動、糖鎖、レクチン

〔研究題目〕 グライコシターゼの安定性向上のための改良

〔研究代表者〕 千葉 靖典（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 千葉 靖典、小松崎 亜紀子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

我々は、メタノール資化性酵母 *Ogataea minuta* より糖鎖加水分解酵素 Endo-Om の遺伝子をクローニングした。Endo-Om はグライコシターゼ活性を有し、二分岐複合型糖鎖に対する比活性は市販の Endo-M の約10倍と高い値を示した。一方で、Endo-Om は低塩濃度での安定性が悪く、様々なタンパク質に糖鎖を高効率に転移させるためには低塩濃度でも安定である酵素が望まれている。そこで、この酵素の改良、精製、諸性質の確認を行なうことにより、従来を上回る機能を有した酵素

を提供することを目的とした。

エンド-β-N-アセチルグルコサミニダーゼ (ENGase) に属する酵母由来の Endo-Om と Endo-Cp のドメインシャフリングを行い、Endo-Om の N 末端側と Endo-Cp の C 末端側を有するキメラ酵素 (Endo-OmCp) を作出した。同酵素を His-tag で精製し、二分岐複合型糖鎖切断活性を有することを確認した。比活性を測定したところ、Endo-Om とほぼ同等の活性を示した。また NaCl の濃度が 0.1M 以下でも凝集を起こさず、高マンノース型糖鎖に対する基質特異性、至適 pH、至適温度に関しては Endo-Om とほぼ同じであった。糖鎖切断反応やグライコシターゼ反応の際に影響しない程度の濃度で保存できることから、優れた特性を持った酵素を作出することに成功した。さらに変異を導入することにより糖鎖の転移に特化したグライコシターゼ様酵素の作出を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 β-N-アセチルグルコサミニダーゼ、グライコシターゼ、酵母

【研究題目】 ガーネット型酸化物電解質材料の創出

【研究代表者】 秋本 順二

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 秋本 順二、木嶋 倫人、片岡 邦光

(常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、酸化物系材料を固体電解質として使用する全固体酸化物型リチウムイオン電池の実現のため、ガーネット型リチウムイオン伝導他の特性改善のための新規材料探索を行うとともに、粒界抵抗低減のための粉体の粒径制御技術、緻密成型体の作製技術の開発を実施する。具体的には、室温で 10^{-4} S/cm 程度のイオン伝導性が報告され、また広い電位窓が可能であることから有望な材料候補とされている立方晶 $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ (LLZ) を凌駕するような Zr 系、Ta 系材料について、新規材料探索、粒径制御技術の確立、低温合成技術の確立を目指す。

本年度は、ガーネット型酸化物材料の新規材料探索のため、LLZ 以上のイオン伝導性を有することが報告されている $\text{Li}_{6.5}\text{La}_3\text{Zr}_{1.5}\text{Ta}_{0.5}\text{O}_{12}$ について、固相反応法を適用した粉体試料の合成を行い、仕込み組成と比べ、やや Ta-rich 側に組成ずれたほぼ単一相の合成に成功した。また、Li-La-Zr-O 系における新規相の結晶構造・物性の解明を進め、立方晶相に近いイオン伝導性を確認した。さらに、粒界抵抗低減のために、立方晶 $\text{Li}_6\text{BaLa}_2\text{Ta}_2\text{O}_{12}$ の低温合成技術の検討を行い、金属アルコキンドを原料として用いた湿式合成法を適用した試料合成を行った。また、難焼結性かつ粒界抵抗が大きいガーネット型材料の欠点を克服する目的で、粉碎処理により粒径制御した立方晶 $\text{Li}_6\text{BaLa}_2\text{Ta}_2\text{O}_{12}$ 粉体試料を原料として、緻密成型体の合成条件の検討・試作を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 固体電解質、ガーネット、リチウムイオン伝導体、ジルコニウム、タンタル、リチウムイオン電池、全固体二次電池、蓄電デバイス

【研究題目】 住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発

【研究代表者】 廣瀬 伸吾

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 廣瀬 伸吾、明渡 純、江塚 幸敏、荒川 さと子 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

炭素などの不純物の混入の制御を積極的に利用して、成分の同定や混入量と変換効率との相関を調べた。その結果、粒子間の炭素の混入は変換効率の差異が見られず、大きな影響を与えていないことがわかった。一方、ITO 膜表面の炭素含有物を除去することで光電変換効率の向上が見られたので、炭素不純物の影響があることが確認できた。

また、原料前処理による色素吸着率向上を目指して、プレ染色カプセル化粉末を作製し、それを用いた AD 成膜を行った結果、プレ染色と同様の配色の膜が形成され、FE-SEM による表・断面観察により、10 μm 膜厚の多孔質膜が形成されていることが確認できた。

以上の研究開発を通じて、JST A-STEP ステージゲート評価を受けて、新たにシーズ育成タイプへステップアップすることができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 色素増感型太陽電池、エアロゾルデポジション、多孔質膜、微粒子

【研究題目】 住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発

【研究代表者】 廣瀬 伸吾

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 廣瀬 伸吾、明渡 純、江塚 幸敏、荒川 さと子 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

成膜パラメータ中で被処理基板差異に影響される因子の特定のため、SEM や nA レベルでの AFM 評価、臨界荷重 mN レベルでの微小スクラッチ評価などの測定により基板間差異を明らかにするために、導電 AFM を用いて表面の凹凸構造および導電性測定同時測定を行った。表面抵抗が $12\Omega/\square$ の ITO/PEN 基板では、導電性の良い部分はグレイン高低差を反映しており、500nA のチップ電流が得られたが、表面抵抗が $300\Omega/\square$ では、導電マップ測定が困難であることがわかった。この良好な ITO/PEN 基板を用いて AD 成膜を行い、SEM 観察を行ったところ、成膜初期の段階では大径粒子も解砕さ

れて微細化するが、成膜が進行するにつれて大径粒子がそのままの形状で膜表面に滞在していくことがわかった。ITO/PEN 上の AD-チタニア膜に対する微小スクラッチ試験では、臨界荷重が最高となる58.9mN とガラス基板上と同等のものが得られた。

次に、複数ノズルから噴射されたエアロゾル粒子の干渉による予期せぬ箇所への堆積を防ぐため、粒子法による流体シミュレーションによるノズルから基板へのガス流れの可視化を行った。まずは、一つのノズルを用いて、酸素ガス2L/min、成膜室圧力を80Pa とし計算すると、ノズル内で流速が落ちる箇所では粉末が溜まりやすくなっていることから、シミュレーションで経験的に体験している現象が説明できている。また、基板に衝突したガスは20~30度の角度範囲で反射しており、これが複数ノズルでの成膜に影響を及ぼす流れを示していることがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 色素増感型太陽電池、エアロゾルデポジション、多孔質膜、微粒子

【研究題目】 アルミナ膜コーティングによる耐摩耗性を強化した産業用ロール製造技術の開発

【研究代表者】 瀬渡 直樹

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 瀬渡 直樹、明渡 純 (常勤職員2名)

【研究内容】

産業用ロールには高い耐摩耗性が要求されているが、硬質耐摩耗膜としてよく用いられている硬質クロムめっき膜では性能不足な面が多々出てきている。一方、アルミナ膜は硬質クロムめっき膜よりも硬質で化学的にも安定であるため、より高い耐摩耗性や化学的安定性が期待できる。そして、AD 法はアルミナ膜を常温で様々な基板上に作れるが、成膜中のピーリング発生による成膜不良率の高さが量産の妨げになっている。そこで本開発では、ピーリングの発生原因を追究し、抑制方法を適用することで製膜成功率を量産レベルに向上させて量産を目指す。本年度は次の3項目の検討を行った。

1. アルミナ膜の摩擦係数や耐摩耗性の評価
2. 粉の管理湿度と圧粉体の発生に関連の研究
3. 中型産業用ロール生産機のプロトタイプの開発

アルミナ膜は硬質クロムめっき膜に比して摩耗がほとんどなく、摩擦係数もアルミナ膜はクロムめっき膜よりも低いことが確認された。また、ピーリングの直接の原因である圧粉体の発生と湿度の関係が明確になり、良好な加工には加工前のアルミナの管理も重要である事がわかった。一方、これらの研究・分析結果から得られた知見は、生産機のプロトタイプ開発に応用しているところである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 AD 法、アルミナ膜、ピーリング抑制技

術、産業用ロール、量産技術

【研究題目】 表面テクスチャリングを用いた抗菌表面の開発

【研究代表者】 中野 美紀

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 中野 美紀、三宅 晃司

(常勤職員2名)

【研究内容】

一部の植物感染糸状菌 (*Magnaporthe oryzae* など) では、発芽菌糸が付着した固体の表面特性に応答して、発芽菌糸先端から器官分化が誘導されることが知られている。しかし、表面のどのような特性が菌の器官分化機構に影響するかは未だに明らかになっていない。そこで、固体表面の微細形状が菌の接着に及ぼす影響を調べるために、高感度な表面認識システムを持つ *M. oryzae* をモデル菌として使用し、主要な環境汚染菌についても接着への影響を検証した。基板としては、微細形状のサイズ・形状の制御を容易に行えるシリコンを用いた。サイズと形状の効果を詳細に検討するため、菌の大きさを基準として、フォトリソグラフィおよびドライエッチングによりシリコン基板表面に微細形状加工を行った。この微細加工表面を用いて、*M. oryzae* および主要な環境汚染菌の表面への接着と微細形状の相関について検討したところ、菌の接着が微細形状のサイズ・形状に影響されることがわかった。さらに、菌の種類によって表面微細形状への接着阻害の影響が異なることがわかった。この研究は、独立行政法人農業生物資源研究所・植物・微生物相互作用研究ユニットと共同で行ったものである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 表面微細形状、糸状菌、シリコン、器官分化、フォトリソグラフィ

【研究題目】 電磁超音波による casting 製品の非接触内部欠陥検査

【研究代表者】 西村 良弘

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 西村 良弘、鈴木 隆之、福田 勝己

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

目標：

近年、インフラや化学プラントの事故が時々報告されている。シェールガスなど化学プラントにおいては遠心 casting による casting パイプが使用されているが、casting 品の欠陥検査はその複雑形状や凸凹表面形状のため、超音波探傷が困難でほとんど行われていないのが現状である。これらの検査法の確立は社会の安心安全にとって必須である。

研究計画：

近年の高性能磁石の登場や信号処理能力の向上によっ

て電磁超音波探傷法は S/N が向上し、凸凹表面からでも非接触で試料内部に超音波を注入することができる。鋳造鋼管実物の問題点、高減衰、凸凹表面、曲面形状について、内部欠陥を検出できる最適なプローブを検討する。

進捗状況：

本年度は、当研究グループで開発した高度損傷評価装置への高周波アンプの組み込みソフト開発、波形処理プログラムの作製、インピーダンス解析および周波数ピッチを変えた電磁超音波プローブの設計製作の他、ASTEM 規格の欠陥を有する試験片を作製し、特殊なピエゾプローブの適用などで問題点の抽出を行った。今後ピエゾプローブとの性能比較を行いながら、信号検出方法の改良、プローブ最適化を行っていく。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電磁超音波、非接触非破壊検査、化学プラント、鋳造製品、インフラ、信号処理

【研究題目】 リチウム空気二次電池の基盤技術開発／セラミックスセパレータ技術の開発

【研究代表者】 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤代 芳伸、濱本 孝一、山口 十志明
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

水系リチウム空気二次電池のデバイス化基盤技術確立を目的とし、水系空気二次電池のセル構築とその利用環境での高いリチウムイオン伝導性と負極材料への酸素ガスの拡散を抑制し、且つ、セル作製でのスタック構造の実現を可能とするリチウムイオン伝導性セラミックス固体酸化物型電解質等の材料・製造技術の開発を計画として進めた。その結果、今年度は、リチウム伝導性が高く、耐水性の高い LATP 等のリチウムイオン伝導性酸化物材料にて、セル作製に必要なガスシール性や機械的強度の達成とセラミックスシートの緻密化に不可欠な組織制御技術を開発し、固体電解質材料の粒子制御技術や熱処理条件等のプロセス条件を最適化した。具体的には、産総研で開発している高いリチウムイオン伝導率を示す LTAP ($\text{Li}_{1+x}\text{Ti}_{2-x}\text{Al}_x\text{Si}_y\text{P}_{3-y}\text{O}_{12}$) 系固体電解質セラミックスシートについて、高密度・高強度化を実現するため、焼結特性を改善する添加材に関する探索を行った。その中で、LTAP と同じ菱面体晶系の NASICON 型結晶構造を有する LCZP ($\text{Li}_{1.1}\text{Zr}_{1.9}\text{Ca}_{0.1}(\text{PO}_4)_3$) 材料が LTAP よりも焼結性が良く、LTAP と共焼成を行っても完全に固溶することなく、良好な化学的親和性を示すことを明らかにした。さらに、リチウムイオン伝導率が高く、電位窓が広いリチウムイオン電解質材料として知られているガーネット型結晶構造を有する LLZ ($\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$) 系について、緻密で大型の電解質シートを得るための検討を行い、正方晶及び立方晶 LLZ 粉末それぞれを出発

原料とした均質で大型のグリーンシートの作製に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 次世代蓄電池、セラミックス電解質、電気化学、エネルギー部材製造技術

【研究題目】 酵素の耐熱性向上を実現するメソポーラスジルコニア担体の開発

【研究代表者】 加藤 且也

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 加藤 且也、中村 仁美、
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、酵素のサイズに最適化されたメソポーラスジルコニア (NPZ) 上に、熱に対して不安定な酵素であるホルムアルデヒド脱水素酵素 (FDH) を固定化し、その触媒特性と安定性向上の効果について明らかとすることが目的である。昨年度、MPZ に固定化された酵素 FDH は、その活性度および熱安定性が大きく上昇することが分かった。本年度は、MPZ に固定化された酵素の高次構造の変化について、FT-IR や CD を用いて解析を行った。その結果、MPZ に固定化された酵素の2次構造は、溶液状酵素やメソポーラスシリカ (MPS) 固定化酵素と比較して、大きく変化していた。これは、MPZ 粒子構造や表面電位が、MPS 粒子とは異なっているために、表面に物理吸着した酵素の構造が変化し、その変化が、活性度の上昇、つまり Km の減少となったと結論付けられる。また、40℃、40分の加熱後の酵素の2次構造の変化も上記と同様に測定したところ、MPS 固定化酵素は、大きな構造変化が観察されたが、MPZ 固定化酵素は、加熱前の構造とほとんど変化が見られなかった。これらの結果から、MPZ に固定化された酵素は、初期の吸着状態では溶液状の酵素の構造とは異なり、構造を変化させて吸着固定化されているが、加熱された場合においても、ジルコニアの持つ材料の特性により、固定化された構造を変化させず、その活性を維持することが可能であることが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ジルコニア、酵素、メソ多孔体、活性、安定性

【研究題目】 高周波化に対応した低誘電損失コンポジット基板材料の開発

【研究代表者】 今井 祐介

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 今井 祐介 (常勤職員1名)

【研究内容】

情報処理・通信分野において近年利用が進められている高周波帯で、高機能誘電体デバイス用材料として用いるための有機ポリマー／無機誘電体フィラーコンポジット

ト基板材料を開発する。マトリックスポリマーとして、ポリプロピレン (iPP) およびシクロオレフィンポリマー (COP) を用いた。誘電性フィラーとしては、高結晶性酸化マグネシウム (MgO) および六方晶窒化ホウ素 (hBN) を検討した。MgO については、粒子サイズの異なるものを用い、粒径依存性についても検討した。

MgO、hBN のいずれをフィラーとして用いたコンポジット材料も、低誘電率・低誘電損失特性を得られることを確認した。特に、MgO フィラーにおいて、粒径の大きなものを用いると、フィラー含有量を増大させても誘電正接が増大傾向を見せず、むしろ減少する挙動が現れた。粒径の大きな粒子を用いることで、表面の寄与を減らし、フィラー材料自身の特性を発現することができたものと考えられ、誘電体コンポジット開発を行なう上で重要な知見である。

hBN は板状の粒子形状を有し、特性も異方性を示す。異なる成形方法を活用して、hBN フィラーのコンポジット中での配向状態を制御した試料を作製したところ、板厚方向の熱伝導率や熱膨張率をフィラー配向により向上することが可能であることを確認した。

COP をマトリックスポリマーとして用いることにより、iPP と比べて力学特性等に優れ、誘電率の温度係数も改善することができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 高周波、誘電体、酸化マグネシウム

【研究題目】 新規固体酸化物形共電解反応セルを用いた革新的エネルギーキャリア合成技術 (キャリアファーム共電解技術) の開発

【研究代表者】 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤代 芳伸、山口 十志明、鈴木 俊男、申 ウソク、赤松 貴文、嘉藤 徹、門馬 昭彦、田中 洋平、山地 克彦、岸本 治夫、竹村 文男

(常勤職員11名、他3名)

【研究内容】

二酸化炭素 (以下、CO₂) および水蒸気の高効率共電解セルの作製技術および電解性能評価技術の要素技術開発を目的とし、650-800°Cで作動する円筒形電解セルの試作および作動条件の確認を実施する計画で研究を開始した。その結果、今年度は、一酸化炭素 (以下、CO) の危険性に留意し、ガス供給設備および生成ガス組成分析システムを整備し、CO₂および水蒸気を共電解した際の試作セルの電解特性を計測してシミュレーションモデルとの対応を検討した。共電解セルについて、電極支持管の多孔質構造を制御することで、高い水蒸気雰囲気でのガス流体の拡散性能を安定化することができた。プロトン導電系電解質を用いた電解セルについては、Ba (CeZr) O₃系の材料にて電極支持管を押出成形し、ス

ラリーコートによる電解質塗膜と支持管との成膜共焼成条件を1,300-1,350°Cとすることで、加湿水素-加湿空気ガス供給かつ350-600°Cの運転条件にて発電および水蒸気電解を両立する電気化学セルの作製プロセスを開発した。また、電解セルスタック試作に必須の接合シール材として、銀ナノ粒子が高分散したガラス材料開発を検討した。この材料は、ガラス内に銀粒子が分散して存在し、焼成による接合後も高分散状態を保持する。そのため、銀粒子とガラス粉末を混合した従来技術のシール材よりも銀含有量を5wt%程度減少させても良好な電子伝導性を有することを明らかにした。また、接合材の導電性評価システムを構築し、接合材の電気特性を評価できる環境を整えた。また、高温水蒸気電解および高温共電解試験を行った試作電解セルの解体分析を開始し、劣化に関するデータ収集を行った。ラマン分光法等による分光学的構造解析から、Y₂O₃添加 ZrO₂ (以下、YSZ) を電解質とする電解セルでは、YSZ 電解質層内に結晶相変態などの劣化要因は見られなかった。一方、Sc₂O₃添加 ZrO₂ (以下、ScSZ) を電解質とする電解セルでは、ScSZ 電解質の空気極側で、空気極成分の拡散に起因すると思われる結晶相スペクトルの変化が確認された。また、昇温還元および昇温脱離法により、電極触媒 (Ni サーメット) の酸化状態および表面吸着種の評価を開始した。

さらに、エネルギーキャリア合成条件の最適化に向け、ゾル-ゲル法で調製した Cu-Zn/Al₂O₃触媒を用い、理想的な電解合成ガス (CO、H₂) からのジメチルエーテル (DME) 製造における二酸化炭素濃度の影響を調べた。CO-H₂のみの反応ガスの時が、660μmol/g_{cat}/h と、最も DME を生成した。一方、CO₂の濃度が増えるに従って、DME 生成速度が大きく減少した (CO₂ 20%: 327μmol/g_{cat}/h、CO₂50%: 197μmol/g_{cat}/h)。効率のよい DME 生成のためには、CO₂残存量の少ない電解合成ガスを用いることが望ましいことが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電気化学、物質変換デバイス、機能性セラミック電極、エネルギー部材製造技術

【研究題目】 廃熱発電を志向した導電性ナノキューブ SrTiO₃の合成とその熱電特性評価

【研究代表者】 杵鞭 義明

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 杵鞭 義明 (常勤職員1名)

【研究内容】

震災廃棄物として発生する可燃廃棄物からの廃熱は、熱電材料を用いた直接エネルギー変換により電気エネルギーとして有効利用が可能であるため、熱電モジュールを非常用電源等として役立てることが提案されている。一方、実用化されている熱電材料は高温酸化雰囲気下で不安定であり、このような用途には適さないという問題が

ある。そこで本課題では、各種熱電材料の中でも高温まで安定な酸化物 SrTiO₃に着目し、さらに実用化に必要な変換効率を達成するため「ナノキューブを基本構造とした熱電素子」を開発することを目的とした。

研究の結果、一般的なセラミックス熱電素子 (ceraTE) に比べると、ナノキューブを原料とした熱電素子 (nanoTE) は、フォノンの界面散乱効果により、すべての温度範囲で大幅に熱伝導率が低下し、変換効率の向上に有効であることがわかった。

また nanoTE の熱起電力は、希土類ドーパントのイオンサイズの減少に伴い、絶対値が増加することが見いだされた。これは ceraTE や単結晶では観察されない現象であった。さらに nanoTE の熱起電力は絶対値が総じて大きく、Y ドープ nanoTE では $-900\mu\text{V}/\text{K}$ (@800K) という巨大な値を示すことが明らかとなった。nanoTE の原子結合状態をラマン分光により評価した結果、立方晶ペロブスカイトには禁制である TO₂ および TO₄ mode が観察された。これらの禁制モードの出現は界面 (粒界) 近傍における構造緩和 (立方晶から正方晶への緩和) に起因するが、この禁制モードが希土類ドーパントのイオンサイズの減少につれ消失していくことが新たに分かり、界面近傍の結晶構造が、希土類サイズにより系統的に変化することが示唆された。この希土類置換効果を第一原理計算により検証したところ、確かにより小さな希土類元素ほど表面構造が緩和しにくいことが裏付けられた。巨大な熱起電力はこのような表面構造の変化に起因した界面効果と考えられた。

しかしながら、nanoTE の熱電性能指数は電気伝導性に課題が残り、実用化レベルには到達しなかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 熱電発電、酸化物、ペロブスカイト、界面効果

【研究題目】 励起子サイエンス (有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス)

【研究代表者】 吉田 郵司
(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 吉田 郵司、原 浩二郎、甲村 長利
(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究では、有機薄膜太陽電池の高性能化に向けて、原理検証から高変換効率の達成まで行うものである。特に、半導体のバンドギャップ理論からの理解を有機半導体に適用し、バンドギャップサイエンスとして確立する。研究項目として、励起子サイエンスの確立を分担している。

本年度は、(i) 励起子サイエンスの確立に適する高性能な太陽電池素子の開発を目的とする新規低分子有機半導体材料の開発と、(ii) 双極子層挿入による電荷分離の高効率化の2点に着目した。

(i) に関して、高い電流密度と開放電圧を示す候補材料として電子ドナー (D)、 π 電子共役系スペーサー (π) およびアクセプター (A) を連結させた D- π -A 型の分子構造を設計した。具体的には、ドナー部位 (D) として非常に強い電子供与性を有するカルバゾール骨格を、アクセプター部位 (A) として 2- (3-oxindene) malononitrile (OM) 骨格を採用し、 π 電子共役系スペーサーにはチオフェン環にて D-A 間を架橋した材料を合成し、この材料を用いた素子の発電特性を評価した。チオフェン環ユニットを1つ架橋した半導体分子を用いた素子の太陽電池特性を測定した結果、高い Voc (0.94 V) と Jsc (7.4 mAcm^{-2}) を有するデバイスの作成に成功した。一方で、フィルファクタ (FF) は 0.43 程度に留まってしまっているために、光電変換効率は最大で 3.0% 程度にとどまっているが、薄膜作製条件やデバイス構造の最適化により更なる性能向上が期待される。

(ii) について、分極層として、真空蒸着により大きな分極を示す極性有機分子を導入した。真空蒸着による成膜で分極を示すので、積層型素子構造のあらゆる層間に挿入することが可能であるため、素子構造設計が自由に構築できる利点がある。

亜鉛フタロシアニン (ZnPc) / フラーレン (C₆₀) 積層型デバイスに対して、分極層の挿入場所によって発電特性が大きく変化することを見出した。C₆₀ 層の上に挿入したときに、分極層の膜厚とともに Voc や Jsc が上昇する傾向がみられ、その変化の機構を検証している。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機薄膜太陽電池、有機半導体、分子設計、双極子層、バンドギャップ

【研究題目】 CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発

【研究代表者】 仁木 栄
(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 仁木 栄、柴田 肇、反保 衆志
(常勤職員3名)

【研究内容】

次世代の化合物薄膜太陽電池用材料として、希少金属を含まないために安価に製造でき、かつ高い変換効率が期待できる CZTS (Cu₂ZnSnS_{4-x}Sex) が注目されている。本研究の目的は、CZTS 薄膜および CZTS 太陽電池の評価を行い、高品質な CZTS 薄膜や高性能な CZTS 太陽電池を実現するための技術的な指針を明らかにすることである。

2013年度は、まず CZTSe の類縁物質である CTSe の同時蒸着法による薄膜成長の研究を行った。得られた薄膜の性質は薄膜堆積温度と Cu/Sn 組成比に大きく依存することが確認され、結果として CTSe の単相が得られる成膜条件を明らかにした。また得られた CTSe の単相薄膜を用いて、エネルギー禁制帯・光吸収係数・伝

導型・キャリアの濃度・移動度など CTSe の各種基礎物性値を評価した。結果としてエネルギー禁制帯の値は成膜温度に強く依存して0.84-2.1 eV の範囲で変化し、正孔の濃度や移動度は Cu/Sn 組成比に大きく依存することが明らかとなった。また、得られる CTSe の単相の結晶構造にも、薄膜堆積温度依存性があることを見出した。すなわち CTSe の単相の結晶構造は、薄膜堆積温度が350°C以下においては(002)面が薄膜面に垂直な方向に強く配向している単斜晶系の結晶構造であるが、薄膜堆積温度が350°C以上においては無秩序に配向した立方晶系の結晶構造であることが明らかとなった。

また2013年度は、デバイスの評価を行うための基礎データの収集を行った。CZTS セルに対して室温フォトルミネッセンス(PL)測定を行った結果、高効率なセルではバンド端発光の PL 発光強度が強くなる事が判明した。言い換えるならば、バンド端発光の PL 発光強度は太陽電池性能と相関がある。従って PL 法は高性能な CZTS 太陽電池を実現するための指針の一つを与えることができる手法であることが明らかとなった。また時間分解 PL 測定も行い、バンド端発光の発光寿命は非常に短くて1ns 以下であり、またその値は太陽電池効率とは強い相関を持たないことを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、化合物半導体、CZTS

【研究題目】PV 発電予測の不確実性評価および電力システムシミュレーションによる評価

【研究代表者】大関 崇

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】大関 崇、Joao Fonseca、大竹 秀明
(以上、太陽光発電工学研究センター)、
村田 晃伸、益田 泰輔 (以上、エネルギー技術研究部門)

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究では、超大規模電力システムに対して、階層型のモデル予測制御の枠組みの中で、系統側から需要家側までの各層ごとの電力予測精度と最適性の関係に着目し、予測値と配分値の時空間分解能に基づく電力最適配分制御系の基礎理論を構築することを目的とする。これにより、太陽光発電を最大限利用し、調整用電源の燃料費および CO₂排出量を削減することで電力システムの経済性、環境性を高めるとともに、需要家間での電力最適配分によるコスト負担の公平性と過度な需要抑制を回避することによる快適性を実現することを目指す。なお、提案する理論は、需要を制御するインセンティブ等を加えることや、コミュニティレベルから系統レベルまでの異なる規模を有する電力システムに適用が可能であり、各階層レベルでの最適手法自体の種類も問わないため、来たるべき次世代電力ネットワークシステムの最適運用

に対して普遍的な枠組みを与えるものである。

(1) PV 発電予測の不確実さによる系統運用シミュレーションへの評価

異なる時点における予測誤差の同時分布のモデル化手法を検討し、予測誤差モデルを試作した。試作したモデルを用いて、想定される予測誤差を織り込んだ予測日射量カーブを1年分作成した。この予測日射量カーブを使って、太陽光発電予測誤差が電力システムの需給バランスに与える影響を系統運用シミュレーションによって評価した。

(2) 日射予測値の信頼区間の推定や、気象庁局地モデル(LFM)の日射量予測値の評価

気象庁メソモデル(MSM)から得られる日射量予測値の誤差解析を行った。また、MSMの予測実績とその誤差特性から予測値の信頼区間の推定を行った。短時間予測に関しては、MSMを入力値に用いて、サポートベクターマシンを利用した予測の検討を行った。MSMを利用した3~5時間先といった当日予測は、前日予測比で10%改善される結果を得た。また、LFMの日射量予測値の解析を行った結果、LFMの日射量予測値には秋から冬にかけての期間で、過大に予測される傾向があることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽光発電、エネルギー、環境、需給バランス、エネルギーネットワーク、発電予測

【研究題目】ヘテロエピタキシーを基盤とした高効率単結晶有機太陽電池

【研究代表者】宮寺 哲彦

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】宮寺 哲彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

高効率有機太陽電池の実現のために高度に制御された素子作製手法である「有機ヘテロエピタキシー」の開拓により素子作製の基盤技術を構築する。新規結晶成長技術を確立し、理想的な構造の太陽電池を作製することで、有機半導体の基礎メカニズムを解明し、高効率化を実現させることを目標とする。

自己組織化単分子膜をテンプレート層として亜鉛フタロシアニン成長させることで結晶性薄膜が得られることをこれまでに示してきた。新たに自己組織化単分子膜上に亜鉛フタロシアニンと C₆₀の共蒸着を試みたところ、亜鉛フタロシアニンと C₆₀の成長サイトが分離した相分離構造が得られることを明らかにした。高結晶性と相分離構造を同時に実現したことで有機薄膜太陽電池において理想的なバルクヘテロ構造が得られたと言える。本技術を用いることで太陽電池特性が1.85%から4.15%と、約2.2倍向上することを示した。

大阪大学と共同研究を行い、有機発電層の高結晶化に

よる電荷輸送効率の変化を解析するためにマイクロ波を用いた光誘起電荷ナノダイナミクスを観測した。その結果、高結晶化による太陽電池特性の向上はトラップの減少によって生じていることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機デバイス、太陽電池、結晶成長

【研究題目】大規模観測対象のためのワンショット形状計測法の研究開発

【研究代表者】佐川 立昌（知能システム研究部門）

【研究担当者】河村 達也（エーエルティー株式会社）、
竹川 祐介（エーエルティー株式会社）、
佐川 立昌、阪下 和弘
（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

運動・変形する対象の形状計測は、人間の運動解析・医療応用や、衝突実験による材料解析といった様々な応用に有用である。これまでに、観測対象にパターン光を投影し、1回の撮影でその瞬間の物体形状を計測する手法（ワンショット形状計測）を研究し、高速に変形する物体を高フレームレートで形状計測することを実現してきた。本課題では、屋外において大規模・遠距離の観測対象に対して高速・高密度な形状計測を実現するシステムの開発を目的とする。提案するシステムが実現したあかつきには、建築物・地形、道路、遠方の人物のような様々な応用が想定され、情報通信の利用・活用を支える基盤技術として、社会に役立ち、新たな産業基盤を強化することが期待される。平成25年度には、屋外など強い外乱光下においてパターン投影を実現するために、レーザー光源を用いて高効率に強いパターン光を生成する技術を研究開発した。高効率にパターン光を生成するのに適した回折光学素子（DOE）を用いて形状計測用パターンを設計し、従来形状計測に用いていたビデオプロジェクタと比べて小型かつ高出力のパターン光源を実現し、また高密度にパターン投影を行うことにより、高密度、高精細な形状計測を可能にした。遠距離、広範囲にパターン投影できることや、人工太陽灯を用いて外乱光下で形状計測できることを確認した一方、強い直射日光下では不足している光量を改善するように光源の設計を見直すことが今後の課題となる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高速3次元形状計測、ワンショット形状計測、大規模形状計測

【研究題目】誤嚥性肺炎予防のための誤嚥リスク自動評価装置の研究開発

【研究代表者】小林 匠（知能システム研究部門）

【研究担当者】小林 匠、樋口 哲也、岩田 昌也、
叶 嘉星（情報技術研究部門）、
保手浜 拓也（健康工学研究部門）

（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

近年、誤嚥に起因した肺炎（誤嚥性肺炎）によって高齢者の病死者数が年々増加している。誤嚥に関わるリスクは、熟練医師の聴診によってのみ評価されているが、その評価は医師によってバラツキがあり、熟練医師数も少なく患者が平等に誤嚥リスク判定といったサービスを受けることが困難であった。

そこで本研究では、骨伝導マイクを用いて患者の嚥下行為を嚥下音響信号として計測し、音響信号認識技術を駆使して音響信号のみから誤嚥性リスクを自動評価する手法を開発した。本手法は、医師が行うリスク判定プロセスに習って自動判定を行う。つまり、医師は「侵入誤嚥」と「咽頭残留」の二つの観点からリスク値を総合的に判断するが、本手法においても、まず音響信号からそれら二つのサブリスク値を推定し、それらを統合して最終的なリスク値を算出する。サブリスク値の推定においては、信号から音響特徴を抽出し、抽出された特徴ベクトルに対して識別器を適用する。ここでの識別器のパラメータは、実際に計測した嚥下音響信号とそれに医師が与えたリスク値の組からなる多数の学習サンプルを用いて最適化される。これにより医師のもつ潜在的な専門知識をシステムに暗に組み込むことが可能となる。

健康者及び嚥下障害が疑われる患者から計測した音響信号に対して、開発した手法を適用しその誤嚥性リスクを推定したところ、医師が与えた正しいリスク値と比較して93%の正解率となり、目標であった正解率90%以上の性能を達成することができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】嚥下、誤嚥、音響信号認識

【研究題目】高次局所自己相関を用いた掘削音からの地質・地層変化検知

【研究代表者】佐宗 晃（知能システム研究部門）

【研究担当者】佐宗 晃、小木曾 里樹
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

福島第一原発事故以降、原発の再稼働が難しい状況において、石炭は、安定的かつ安価に確保可能であり、またクリーンコーラルテクノロジーの進歩と相まって、今後のエネルギー計画で注目されており、より効率的な採掘方法の確立が求められている。石炭の採掘工事では石炭を露出させて掘り出すため、石炭層の上に乗っている砂岩層に孔を開けて発破している。しかし、両層の境界検知が難しく、掘削し過ぎて石炭の露出が不調となるなどの問題が起こっている。この問題を解決するためには、掘削機のドリル先端位置において、地盤の地層変化を正確に検知できる技術が求められている。

従来の知見より、地層・地質が変化する少し前に掘削音が僅かに変化し始めることが知られている。本研究課

題では、高次局所自己相関（HLAC）を用いた、掘削音の微小変化を手掛かりとする、地層・地質変化の検知装置の実用化を目的とする。昨年度、この掘削音の微小変化を高次局所自己相関（HLAC）により検知可能なことを確認した。これは、掘削開始直後の数秒間の掘削音を基準音として学習し、それ以後は掘削音が基準音から相対的にどれだけ変化したかを HLAC に基づいて数値化することで実現している。本年度は、インドネシアの石炭採掘場で収録した掘削音を分析し、石炭層境界の検知が可能であることを確認した。また、地層・地質変化の検知をリアルタイムで実行可能なシステムを試作し、掘削機に搭載して、実際の掘削現場で試験運用を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】石炭、掘削、高次局所自己相関

【研究題目】感性に基づく個別化循環型社会の創造

【研究代表者】江渡 浩一郎（知能システム研究部門）

【研究担当者】江渡 浩一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

人それぞれが受動的消費者ではなく創造的生活者となる循環型の未来社会に向けて、人と社会における感性価値の指標化、個人に変革をもたらす創造活動支援技術、デジタルアプリケーション技術を、密に連携して研究開発する。これを制度設計も含めて社会に実装するための仕組みを構築する。その中で、産総研は研究開発課題「共創プラットフォームの社会実装に向けた調査研究」を推進している。明治大学研究グループによる共創プラットフォームに関する調査・研究と協調し、共創プラットフォームを社会的に位置付けるための社会実装の手法について調査・研究する。さまざまなものづくりの拠点やオンラインでの共創プラットフォームが成長しつつあるが、それぞれの制度設計の違いを調査し、まとめる。利用者の創造性を促し、創造性の連鎖を發揮させるため手法、たとえばワークショップ、アンカンファレンス、ワールドカフェ、ビブリオバトルなどの仕組みについて調査を行なう。実際のものづくりの現場で異なる立場の人を集めアイデアを出し合う手法について基礎的調査を行なう。

本プロジェクトにおいて世界中のさまざまな共創プラットフォームを調査・研究しているが、特に日本独自の共創プラットフォームの事例を調査し、価値を世界に知らしめることは有用である。現在の日本における共創プラットフォームとして、ユーザー参加型研究の実現を目指す「ニコニコ学会β」の事例は世界に向けてアピールする価値がある。そこで、「ニコニコ学会β」の取り組みを起点に調査を行っている。対象として、ニコニコ学会βの参加者、運営スタッフを想定する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ファブラボ、ニコニコ学会β、ユーザーイノベーション、オープンイノベーション

ン

【研究題目】新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築

【研究代表者】張 銘（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】張 銘、原 淳子、坂本 靖英
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

スリランカ国における廃棄物処分場の適正な管理および対策技術の開発に資するため、相手国特有の技術的・社会的・経済的条件を見出し、見出した条件に関するデータを収集・整理する。それらのデータを総合的に分析し、新規廃棄物処分場の適地選定のための総合的評価手法を構築する。また、選定手順書を作成することによって、相手国での利活用と普及を図る。

これまでに実施したスリランカ国中央州に対する調査・解析に引き続き、本年度は、同国南部州を中心に、入手可能な基本的情報（表層地質、地形、河川、気象、土地利用、交通及び住居等）の収集・整理を行うとともに、これらを用いた予備的解析を行った。具体には、GIS解析と環境リスク評価を組み合わせ、特定地域を対象とした廃棄物処分場立地に関するリスクマップを作成した。また、スリランカ国における新規廃棄物処分場を選定するためのマニュアル（案）を作成し、今後相手国関連機関と連携し、同国における廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドを作成するための基本資料となった。さらに、相手国関連機関の研究者に対して、技術情報の提供を行うとともに、解析技術などに関する技術研修を実施した。

今後、相手国関連機関との連携を深め、同国における廃棄物処分場の計画・管理・汚染防止ガイドの完成と実用化に向けた調査研究を進めていく予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、リスク評価、廃棄物処分、スリランカ、地理情報

【研究題目】強誘電体と機能性酸化物の融合による不揮発ナノエレクトロニクス

【研究代表者】山田 浩之（電子光技術研究部門）

【研究担当者】山田 浩之（常勤職員1名）

【研究内容】

強誘電トンネル接合、すなわち強誘電超薄膜をバリア層にもちいたトンネル接合においては、室温において巨大な不揮発抵抗スイッチング現象が観測されており、次世代不揮発メモリのデバイス原理として注目を集めている。特に、上部電極として単体金属、下部電極として伝導性酸化物をもちいた強誘電トンネル接合においては、良好な不揮発抵抗スイッチング機能が報告されているが、そのメカニズムは十分には解明されていない。本研究課題の主要な目的の一つは、その動作原理を解明し、不揮発メモリ機能を向上させる指針を得ることである。H25年

度研究においては、最も典型的な強誘電体である BaTiO₃ をバリア層とする強誘電トンネル接合を、さまざまな電極層を用いて系統的に作製し、電気特性および強誘電性の評価からスイッチング特性の特徴を明らかにした。その結果、単体金属（上部電極）との接合界面である BaTiO₃ の最表面が BaO もしくは TiO₂ であるかによって、抵抗スイッチング特性、とくに強誘電分極の方向と、高・低抵抗状態の対応関係が異なることを見出した。このことから、抵抗スイッチングにおいて障壁高さが変化しているのは主に単体金属と BaTiO₃ の界面であり、強誘電体の表面状態の制御がデバイス特性の高機能化にむけて重要な key issue であるとの指針を得た。今後の予定としては、詳細な光電子分光および解析をおこない、強誘電体の終端表面構造が具体的にどのような役割を果たしているのかを微視的に解明する。またシリコン上の強誘電トンネル接合の作製に応用に向けた機能開拓も展開する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】不揮発性メモリ、強誘電体、遷移金属酸化物、抵抗スイッチング

【研究題目】鉄系超伝導体の高 T_c 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価

【研究代表者】永崎 洋（電子光技術研究部門）

【研究担当者】永崎 洋、伊豫 彰、鬼頭 聖、竹下 直、吉田 良行（電子光技術研究部門）石橋 章司、三宅 隆（ナノシステム研究部門）、後藤 義人、藤久 裕司（計測フロンティア研究部門）、李 哲虎（エネルギー技術研究部門）（常勤職員10名）

【研究内容】

本研究は、実用材料化の観点から鉄系超伝導体のポテンシャルを明らかにするとともに、同物質を用いた応用プロトタイプを試作することをその目的とする。H25年度も昨年に引き続き、高品質の多結晶、単結晶試料作製技術をベースとして、超伝導線材の作成している。鉄系超伝導体 (Ba, K) Fe₂As₂ を対象とした線材を、PIT 法を用いて試作し、プロセスの最適化を行うことにより 2T の磁場中での臨界電流密度 $J_c \sim 6000 \text{ A/cm}^2$ を達成した。これらの研究で得られた成果を学会発表・論文発表によって報告した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送特性、臨界電流密度

【研究題目】高感度使い捨てチップ、および、スマートデバイスを用いた小型バイオセンシングシステムの開発

【研究代表者】福田 隆史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】福田 隆史、江本 顕雄、瀬崎 文康、野口 尚美、小林 知子
（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

本研究では、従来のイムノクロマト法と同等の簡便性と酵素免疫アッセイ法並の高感度性を兼備する非標識検出を実現すべく、局在プラズモンを利用した超高感度・小型バイオセンシングシステムの開発に取り組んだ。その結果、以下の2つの成果を得た。1) 使い捨てチップ作製技術の確立と性能検証：樹脂フィルム上へのチップ作製を実現し、実用化に向けた生産性やユーザーの安全面や廃棄容易性につながる成果を得た。2) 検出装置の革新：乾電池駆動・スマートデバイス端末制御によるパームトップポータブル検出システム、および、電子カルテとの連携を模擬したサーバークライアントシステム（プロトタイプ）の構築に成功した。今後、病院でのポイントオブケアテストング・在宅診断・開発途上国での現地医療への展開に向けて実用化を進める。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】高感度使い捨てチップ、局在プラズモン、スマートデバイス、小型バイオセンシングシステム、サーバークライアントシステム、ポイントオブケアテストング、在宅診断、現地医療

【研究題目】ニオブ系鉛フリー圧電セラミックス材料の電子デバイス実用化への検証

【研究代表者】王 瑞平（電子光技術研究部門酸化物デバイスグループ）

【研究担当者】王 瑞平、相浦 義弘（常勤職員2名）

【研究内容】

圧電材料を用いた電子デバイスはエネルギー変換分野に広く応用され、半導体露光装置の極微動用ステージなどの最先端機器からプリンターのインクジェットヘッドなどの汎用機器まで浸透している。しかし、現在の圧電材料は主成分として鉛を含有しているため環境への影響が懸念され、鉛を含まない圧電材料の開発が強く望まれる。我々は圧電定数が鉛系圧電材料に匹敵する無配向の鉛フリー圧電セラミックス材料の開発に成功し、主知財は既に日本と米国で特許登録された。本課題は開発した無配向の鉛フリー圧電セラミックス材料を用いたアクチュエータ及びセンサのプロトタイプを製作し、電子デバイスの実用化への可能性を検証することである。H25年度は、プロトタイプ超音波距離センサとバイモルフ型アクチュエータを製作し、その性能を評価した。

開発した無配向の鉛フリー圧電セラミックス材料を組み込んだプロトタイプ超音波距離センサとバイモルフ型アクチュエータは、鉛系圧電材料を用いたデバイスと同

程度の性能を示し、鉛を含まない圧電デバイスの実用化への可能性が示された。これらの研究で得られた成果をプレスリリース・展示会によって報告した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 鉛フリー、圧電セラミックス、超音波距離センサ、バイモルフ型アクチュエータ

〔研究題目〕 マルチウェルプレート対応生細胞リアルタイム多色発光測定装置の開発

〔研究代表者〕 中島 芳浩（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 中島 芳浩、室富 和俊、安永 茉由、大西 尚子（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

発光レポーターアッセイは、測定の簡便性や定量性の高さから、遺伝子発現やシグナルトランスダクション等の細胞内の変化を定量的にモニターするための必須ツールとして、基礎研究のみならず、創薬、食品機能などの広範な研究開発に汎用されている。本研究は、緑色・橙色・赤色の3色発光を放つ3種の発光レポーターを活用し、複数種の細胞情報を長時間に渡りリアルタイムに検出、且つ多検体を同時に処理可能な、これまで市販化されていない新規リアルタイム発光測定装置の開発を行う。

本年度は、96ウェルプレートの生細胞をリアルタイム多色発光測定するための装置を試作し、この装置の評価用として1~3色の発光レポーターが発現する安定細胞株を樹立した。これらの細胞を用い装置評価を行ったところ、特定の培養条件下では5日間以上、96ウェルプレートに播種した細胞の発光を高精度に経時測定できることを明らかにした。一方、通常の培養条件下では、4日以上以上の期間で細胞の活性が減衰したため、今後装置改良の必要性が示唆された。多色発光測定については、炎症性シグナル伝達系を複数色の発光によりリアルタイムでモニターできることを実証した。以上の結果から、本研究開発で試作した装置は目的である96ウェルプレートを用いた長期間のリアルタイム多色発光測定が概ね実施可能であることを実証したが、実用化に向けては発光細胞や培養条件などの改良が必要なが明らかとなった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ルシフェラーゼ、ルミノメーター、セルベースアッセイ、創薬スクリーニング

〔研究題目〕 救急および災害現場で用いるポータブル血液検査装置の開発

〔研究代表者〕 栗津 浩一（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 栗津 浩一、藤巻 真、芦葉 裕樹（常勤職員3名）

〔研究内容〕

災害時や事故現場で負傷した患者に対して、病院において輸血をする、胃カメラや内視鏡を用いて診断する、

あるいは手術をする必要がある。この場合まず ABO と Rh (D) 血液型検査を行い、また血液由来の感染症を防ぐため、血液検査 (HBs、HCV、HIV、梅毒) が不可欠である。従って病院に到着してから手術を開始できるまで1時間程度が必要となり、初動がその分遅れることになる。現状では、患者の感染症の有無の判定をその場で瞬時にできないために、医療従事者は自身の身の安全を考え感染症陽性患者を扱うように全ての患者を扱わなければならない。これも初動の遅れにもつながっている。災害や事故現場あるいは救急搬送中に ABO と Rh (D) 血液型検査、感染症検査を行うことができれば、病院到着後ただちに内視鏡検査や手術を行うことが可能となり、生存率を劇的に増大させることが可能となる。そこで屋外も含む事故現場で多数のけが人の ABO と Rh (D) 血液型検査を行え、かつ血液由来の感染症を数滴の血液を用いて20分以内で完了できる可搬型の装置を作製する。

血球の凝集を導波モードセンサで測定した反射率スペクトルの変化によって検出し、高精度な ABO 血液型オモテ検査が実施できることを確認した。またマイクロ流路を結合した導波モードセンサにより、濃度100 nM の HCV core タンパクを検出した。さらに血液型ウラ検査および感染症検査のために全血から血漿を分離するマイクロ流路デバイスを開発し、約10分で血球の混入のない血漿を取り出すことに成功した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ウイルス、血液、光学

〔研究題目〕 テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

〔研究代表者〕 福田 隆史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 福田 隆史、有本 英伸、古川 祐光、江本 顕雄、野口 尚美、小林 知子（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

三次元ベクトル波の記録を行うには偏光感受性を有する材料の開発と媒体化技術の確立が必須である。また、媒体に露光する際に生じる媒体内の屈折率変調構造についてその詳細を観察し、材料組成との相関を考察することが出来れば、記録材料の開発が大幅に効率化するものと期待される。そこで産業技術総合研究所では、新規の偏光感受性材料の開発、ならびに、高感度・高分解能な位相イメージング技術の開発に取り組んでいる。

平成25年度においては、偏光感受性物質の光照射前後における媒体の体積変化について、精度の高い計測手段 (SLD を用いた反射型干渉分光法) によって評価を行った。偏光感受性物質を高ガラス転移温度エポキシマトリクスに5wt% ドープした1mm 厚の媒体に375nmLED 光 (光強度: 10mW/cm²) を10分間照射し、媒体厚さの

変化を計測した。その結果、光照射に対応して媒体厚さが線形に増大するが、光照射直後からは緩やかに媒体厚さが減少に転じ、15分後にはほぼ光照射前の厚さに戻ることが明らかとなり、記録前後の比較での厚み変化は、高く見積もっても0.01%以下であることが示された。一般的なエポキシ樹脂の熱膨張係数は典型値として $5 \times 10^{-5} [K^{-1}]$ 程度であることから、仮に光照射に伴う媒体温度変化が $20^{\circ}C$ 程度生じたと仮定すれば、観測された媒体厚さの変化はそれに呼応した値であり、光照射を停止した後に緩やかに媒体厚さが減少して行く結果は、大気環境下における媒体の放冷過程に呼応したものと理解できる。すなわち、開発した偏光感受性物質そのものが引き起こす体積変化はほぼ無視できると推定される。

位相イメージング技術に関しては、独自の偏光分離回折格子を作製し、当該素子の光学機能を活かした簡便な定量複屈折イメージング技術を考案した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 三次元ベクトル波記録、偏光感受性媒体、体積変化、位相イメージング技術、複屈折率変調構造

[研究題目] インライン型極低濃度重金属汚染検出器の開発

[研究代表者] 藤巻 真（電子光技術研究部門）

[研究担当者] 藤巻 真、栗津 浩一（常勤職員2名）

[研究内容]

工業排水中に重金属が混入すると多大な健康被害を引き起こすため、定期的な水質検査が行われているが、理想的には常時監視することが望ましい。しかし現在の分析機は高価でかつ試料の前処理等人為的操作が必要であり、常時監視可能なインライン化は現実的でない。電気化学的手法による検出法は小型、安価、高感度であるが、検査に試薬を用いる為、やはり常設には不向きである。常時監視を可能にするために、我々は導波モードセンサを用い、消耗品を必要とせず、安価かつ簡易で、高感度なインライン型検出器の開発を行う。

本検出チップは、その表面に重金属イオンを電気還元するための透明電極を持つ。我々が開発した低抵抗ITO薄膜を還元用電極として、その薄膜上にジピコリルアミンのブロックポリマーを表面修飾したチップを用いて、環境基準濃度の鉛(0.01mg/L)、及びカドミウム(0.003mg/L)の検出試験を行ったところ、短時間での検出が可能なることを確認した。これは、キレート剤によって重金属がチップ表面に濃縮され、その結果、電気還元が短時間で完了したことによるものと思われる。

電気化学測定の結果をもとに、 $-0.10V$ の電圧を、鉛水溶液に印加して鉛の検出試験を行い、また同様の条件でカドミウム水溶液を用いて検出試験を行ったところ、鉛水溶液の方では、信号が検出されたが、カドミウム水

溶液では、信号がでなかった。このことから、印加電圧を制御することによって、特定の重金属イオンのみを高感度かつ選択的に検出できることが分かった。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] センサ、水処理、光検出、導波モード、電気還元

[研究題目] 集光加熱法による局所的なアスベスト壁面高温処理のための位置制御技術開発

[研究代表者] 池田 伸一（電子光技術研究部門）

[研究担当者] 池田 伸一（常勤職員1名）

[研究内容]

本研究で進める集光加熱によるその場アスベスト溶融無害化処理は、壁面を対象として局所的に高温化する、これまでにない処理方式である。そのような環境、条件下での、加熱ユニット位置制御技術を本研究において開発した。具体的には、線状集光鏡を新しく開発し、その処理面積速度は $120mm^2/秒$ を達成した。凹凸のある飛散性アスベスト含有壁面に追従して高温熱処理可能とする、移動機構を制御するソフトウェアの設計及び開発を行った。集光加熱による壁材からの排ガス成分およびその処理の基礎評価を行った。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 集光加熱技術、装置開発、輻射場における位置制御技術

[研究題目] 糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業

[研究代表者] 成松 久（糖鎖医学研究センター）

[研究担当者] 成松 久、梶 裕之、鹿内 俊秀、鈴木 芳典、藤田 典昭、ソロビヨワ イェレナ、澤木 弘道（常勤職員2名、他5名）

[研究内容]

糖鎖科学統合データベース（JCGGDB）の構築

JSTの統合化推進プログラムに参加し、国内外の糖鎖に関するデータの統合化を推進している。JCGGDBでは、各データベースに高機能なApplication Program Interface (API) や Resource Description Framework (RDF) を出力するプログラムを設置し、XML や RDF の形式で詳細な情報を提供できるようになった。このAPIやRDFを利用し国内外の連携・統合化を進めていくことになる。糖鎖関連情報を扱うために開発してきたオントロジーやインフォーマティクスのツールも十分に機能してきた。統合化を高度化するためにも整備した糖鎖関連用語のURIを定義し、別の名称でも同じ構造であれば1つの表記方法(WURCS)や固有のIDになるように用語の整備とツール開発を行った。

国際連携について、アジア諸国との連携を行うため会議を開催し、その結果、国際糖鎖構造リポジトリシステ

ムを構築し運用していくことになった。また、米国、欧州のデータベースのグループと連携するために、主要な研究者を招聘し、共同開発のための話し合いも行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、統合データベース、糖鎖遺伝子データベース、糖タンパク質データベース

【研究題目】半導体素子を用いた肝線維化センサの開発

【研究代表者】成松 久（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】成松 久、後藤 雅式、榎谷内 晶
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

目的：

糖鎖医工学研究センターでは種々の疾患状態を反映する各種疾患糖鎖バイオマーカーの開発を行ってきており、糖タンパク質と、それと選択的に結合するレクチン（プローブ）についての豊富な知見がある。現在広く自動診断機器に対応する蛍光・発光測定試薬は高価なため、より安価な測定系が必要とされている。本研究では半導体を用いて糖タンパク質を高感度で検出する安価なセンサを開発し、疾患の早期診断を促進することを目的とする。研究内容：

ゲート絶縁膜（ HfO_2 、 SiO_2 等）へのプローブ（レクチン・抗体）の固定化プロセスの開発のために、まずはモデル糖タンパク質マーカー分子の検出系構築のための準備を行った。文献調査と我々の過去の知見に基づき、モデル糖タンパク質マーカー分子として α -fetoprotein（AFP）等を選定した。さらに、センサ表面での分子の物理的距離などを推定するために、各タンパク質分子の分子モデリングを行うことで、予定するサンドイッチアッセイ系のシミュレーションを行った。その結果から、センサでの検出が可能であると予測した。次に、糖鎖に関する知見を考慮して、それらの糖タンパク質マーカー分子を検出するための適切なプローブ（レクチンや抗体）を選定した。プローブ（抗体）の性能評価として、生化学的解析（Western Blot 法）により抗体の特異性を評価した。その結果、最適な抗体を見出した。以上の様に、モデル糖タンパク質の選定とプローブ候補の性能評価により、生化学的な予備検討を完了した。一方、共同研究機関である筑波大学にて基本的な半導体キャパシタセンサ（電気化学セル）の動作確認が出来たため、捕集プローブ（レクチンあるいは抗体などのタンパク質）をセル表面へ固定化するための方法の検討を、筑波大と共同で行った。協議の結果、典型的な反応系であるアビジン-ビオチン系をモデルとして使い、センサの特性の評価を行うこととした。まず、基盤表面を機能化するために、 SiO_2 上にリンカー分子の自己組織化膜を形成させ、さらに機能化した表面にビオチンを結合させた。この様に処理した基盤表面を原子間力顕微鏡（AFM）で観察

した結果、ビオチンの結合が確認された。プローブである抗体を機能化した基盤表面に結合させ、抗体と糖タンパク質分子との結合を検出することが可能かどうかを検討した。その結果、抗体へのタンパク質の結合によって電気的なシグナルが得られた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、半導体センサ、診断

【研究題目】糖タンパク質の糖鎖品質を全自動で定量評価できる省エネ・省スペース型装置の開発

【研究代表者】久野 敦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】久野 敦、齋藤 こずえ
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

抗体やエリスロポエチンなど、糖タンパク質医薬品の生産プロセス開発や品質管理に役に立つシステムを開発する。具体的には、糖タンパク質生産細胞培養液から対象物を効率よくエンリッチし、その機能に関わる糖鎖の品質を調べるまでの工程を全自動で行う装置を開発する。2年間の研究開発により、A. 糖鎖変化を精密に定量するためのマルチレクチンアッセイ同時検出（以降「糖タンパク質糖鎖変化検出系」とする）の実現。 B. 生体試料中微量糖タンパク質の高効率、高再現性回収機能および糖タンパク質糖鎖変化検出機能の集積化、省スペース化。 C. 前処理から検出までの全工程を4時間で完了。を目指す。2年目である本年度は、レクチン-抗体サンドイッチアッセイが可能であり、かつ糖タンパク質上の糖鎖変化を定量するのに有効なレクチンのレパートリーを増やすこと、昨年度構築した開発装置の検出感度、精度をモニタリングするための系を用いた横並び比較試験により、開発の達成度を視覚化することを目標とした。

昨年度の対象となる3種の糖タンパク質分子に対するレクチンマイクロアレイ解析から有力視されているレクチンについて、引き続きサンドイッチ ELISA 系を構築し、その実効性について検証した。その結果、最終的に目標値であった10種を有力レクチンとして選抜した。次に開発装置の自動アッセイ部分のスペックを検証した。上述のレクチン-抗体サンドイッチアッセイ系を自動化装置で行い、検出感度を確認したところ、目標値を優に上回る結果が得られた。これにより測定時間の短縮が可能になり、当初予定していた時間（2時間）を2分の1以下に短縮できた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖タンパク質、バイオ医薬品、糖鎖解析、レクチン、自動測定

【研究題目】自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築

〔研究代表者〕 舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 舟橋 良次 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

大規模太陽熱発電への応用に向け、高温～低温まで広い温度域で発電が可能な熱電システムの構築を試みた。独自に開発したマンガン-シリコン-アルミニウム合金組成の最適化を試みると同時に、量産に向けた出発原料の検討も行った。組成はクロムによるマンガンの10%原子置換が最も高い無次元性能指数を発現することが分かった。量産に関して、これまでは出発原料を各元素の単体原料を用いていたが、アルミニウムの熔融時における酸化が組成不均一の問題となっていた。そこで、アルミニウム-シリコンあるいはアルミニウム-マンガン合金を出発原料として用いることで、アルミニウムと他の金属の熔融温度を近づけ、酸化の進行を緩和することで、最終生成物の組成ずれが小さくできることが分かった。その結果、量産化も可能となった。モジュールの空気中での耐久性向上を目指し、接合技術の改良に取り組んだ。これまでは銀ペーストを用い接合を形成していたが、銀やアルミニウムの拡散による発電性能の劣化が500℃以上で見られていた。本年度は銀ペーストへ白金やパラジウムなどの貴金属を添加することで、400～600℃、空気中で発電性能の劣化を抑制できた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電変換、太陽熱利用

〔研究題目〕 高性能室温熱電酸化物材料の探索

〔研究代表者〕 舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 舟橋 良次、松村 葉子

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

Teのような希少且つ毒性金属を含む Bi_2Te_3 モジュールを置換する、低コスト、高安全性の新規「室温」熱電酸化物材料を開発することを目指した。室温で高い無次元性能指数を得るためには、低い熱伝導度が必要である。そのためにはフォノンのみを選択的に散乱し、電荷キャリアの散乱には寄与しない散乱点の導入が重要である。これを実現するためにはフォノン及び電子の平均自由行程レベルでの構造制御が必要となる。層状構造を有する $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ 熱電材料は包晶反応系である。そのため、熔融時に固相と液相に分解熔融し、徐冷により $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ 相が結晶化する。熔融時に生じた Sr-Co-O 固相の数百ナノメートルの結晶粒を $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ 結晶粒内に残留させる合成条件を見出した。この固相が残留した試料では、格子による熱伝導度が低くなり、室温付近での無次元性能指数はこの酸化物の単結晶並の約0.1となった。さらに、 BaCoO_3 と $\text{BaCo}_8\text{O}_{11}$ が積層した $\text{BaCoO}_3(\text{BaCo}_8\text{O}_{11})_n$ ($n=0\sim\infty$) ホモロガス酸化物の

Ba 及び Co の一部置換による、熱電変換性能への影響について調べ、ある特定の元素による置換がゼーベック係数及び電気抵抗率の改善に有効であることを見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電発電、廃熱利用

〔研究題目〕 s-ブロック金属負極の dendrite 析出制御と表面観察

〔研究代表者〕 柴部 比夏里

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 柴部 比夏里、松本 一、竹内 友成、小池 伸二、佐野 光、妹尾 博、八尾 勝、山下 奈美子、草椰 育子、戸倉 吉彦、鍵田 直美、八木 三鈴 (常勤職員7名、他5名)

〔研究内容〕

本研究の最終目的は、s-ブロック金属表面の改質を行うことにより、可逆性の高い溶解析出挙動を示す負極を得ることにある。最終年度となる本年度には Mg 電池系で作動するキノン類を正極に、金属 Mg を負極に用いた電池で、安定動作を行える電解液の探索と動作確認を行うことを目標とした。

Mg 電池用電解液としてこれまでに知られているものは、Mg の電析は行えても酸化安定性に欠けていた。キノン系の有機正極である2,5-ジメトキシ-1,4-ベンゾキノン (DMBQ) とともに安定に作動する電解液の探索を行ったところ、スルホラン等のスルホン系溶媒に Li アミド塩を溶解させた電解液が候補材料となることが分かった。電解液の粘度が高くまた負極の Mg の析出・溶解時の過電圧が若干大きいためか、理論容量を下回る実効容量を認めたが、金属 Mg 負極-DMBQ のフルセルの作動も可能であった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 マグネシウム電池、金属マグネシウム、スルホン、有機正極材料、キノン類

〔研究題目〕 ハミルトニアンからの材料強度設計

〔研究代表者〕 香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 香山 正憲、田中 真悟、Bhattacharya Somesh Kumar

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

「大規模第一原理計算による界面・欠陥の力学応答の解析」を担当した。本課題では、Fe 金属および Fe-Si 系合金の機械的性質を解明するため、粒界・界面・欠陥の安定構造、力学応答を、第一原理計算を用いて原子・電子の挙動から解明する。前年度に引き続き、各種 Fe 粒界の第一原理計算を行い、局所エネルギー・局所応力の手法を適用し、また局所 Young 率解析を初めて行っ

た。これらの手法は、従来にはない新手法であり、これらの手法を適用することにより、界面の①局所原子構造乱れ、②局所原子間結合変化、③磁気モーメント変化、④局所エネルギー変化、⑤局所応力変化、⑥局所弾性定数（Young 率）変化の間の相関が明らかになった。Si 偏析の計算により、Si 原子は Fe 粒界に偏析しうることが判明した。局所エネルギー解析により、偏析機構として、置換される Fe 原子の不安定さに加えて、Si と周囲の Fe 原子の安定化が重要であることがわかった。第一原理引っ張り試験から、Si 偏析は界面結合や界面の弾性定数をわずかに強化することが判明した。以上の分析は、これまでの理論解析の到達点を大きく超える到達である。成果の一部は、Journal of Physics: Condens. Matter 誌、Journal of Materials Science 誌に掲載された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】結晶粒界、第一原理計算、材料強度

【研究題目】液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発（液晶性有機半導体の分子設計および合成と構造形成）

【研究代表者】清水 洋

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】清水 洋、米谷 慎（ナノシステム研究部門）、ソーサーヴァルガス リディア、高橋 己之一、宮元 彩乃（ナノシステム研究部門）、樋口 由美、中尾 貴哉、奥田 大樹（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

本研究では、低製造コスト、低設置コストによる発電単価の劇的な低下を目的として、特別な前後処理を一切必要としないワンステッププロセスにより、非真空ロールトゥロールで大面積が高速生産可能な変換効率20%超の低発電コスト有機太陽電池の実現を目指す。大阪大学と共同で研究を進める。そのために、(a) 溶媒に可溶で塗布するだけで安定して素子作製が可能であること、(b) 高効率化に適した素子構造が特殊な微細加工等が必要とせず実現可能であること、(c) 単一材料・単一層で広範囲な波長領域に感度を持つこと、(d) 光化学的、熱的に安定な材料であることを満たす材料の研究開発を、新たな概念として自己組織化性の強い液晶をベースとした有機半導体を利用することを基軸とした研究を行う。現在の面積・高精細液晶ディスプレイを実現させた液晶の卓越した性質を活用する。平成25年度は、高い光電変換効率を示す低分子系塗布型活性層創製のために独自にその特性を見出した p 型の液晶性有機半導体と n 型の有機半導体の最安定組成とキャリア移動度の相関を明らかにした。また、液晶の混和性の利用によりナノスケールで制御された電荷輸送構造と電荷分離構造の形成を自発的に行う事ができる可能性を示唆する結果を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、有機エレクトロニクス、液晶

【研究題目】光反射シリカ粒子による温度応答性調光省エネルギーガラスの研究

【研究代表者】藤原 正浩

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】藤原 正浩（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

夏季における冷房、冬季における暖房に伴う電力消費の抑制は、オフィスビルや住居等の断熱・遮熱効果を高めることが効果的である。外気温が高い際、窓ガラス等の光透過性を下げて外光の進入を防ぐことができる調光ガラスは、効果的な省エネルギー技術である。しかしながら、従来の調光ガラスは、ガラス作成時に調光機能のための加工をするため、既設の窓ガラスに付設することは困難である。しかしながら、調光材料をシート状にしてガラス等に貼付することで、既設の窓ガラス等にも調光性能を付与することができる。そこで本研究では、独自に開発した光反射シリカ粒子とポリマー等の分散剤との屈折率差がもたらす光透過制御を利用し、分散剤の屈折率の温度変化等によって屈折率差を生じさせ、温度自動応答性の調光機能を発現できる技術の基盤構築を目指す。

平成25年度では、シリカナノ粒子で殻が構築されたシリカ中空粒子を、種々の屈折率を持った溶剤に分散させた。溶剤とシリカとの屈折率の差により、室温（20℃）では透明であるが温度上昇と共に白濁するもの、あるいは室温では白濁しているが温度上昇と共に透明になる組み合わせがあることを見出した。全ての系で、温度変化による透明性の変化は繰り返し、可逆的に起こった。これらの知見より、外部の温度変化により自律応答的に透明性を可逆的に変化させる技術を見出し、温度応答性調光ガラスの創出に向けた基盤を構築することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】省エネルギー、調光ガラス、屈折率、シリカ中空粒子、温度応答性

【研究題目】電極近傍における高分子電解質イオンチャンネル構造の発光プローブを用いた解析技術

【研究代表者】塩山 洋

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】塩山 洋、大長 亜紀

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

高分子電解質膜中のイオンチャンネルナノ構造は、カチオン性の発光プローブと消光剤を導入し、発光挙動を解析すると求めることができる。本研究ではこの技術を発展し、固体高分子形燃料電池などの電極表面のうちイ

オンチャンネル部分に接している割合を評価する方法を確立する。

イオン性の発光プローブである Ru (bpy) 3²⁺は、それ単独では高分子電解質であるナフィオン膜の疎水性骨格部に侵入せず、イオンチャンネル中のみ存在する。表面にポリアミノベンゼンスルホン酸をグラフトさせた単層カーボンナノチューブ (SWCNT) 表面に Ru (bpy) 3²⁺を均一に固定化し、それとナフィオンを混合した後製膜した。そこへイオンチャンネル側から消光剤である MV²⁺を作用させると、発光の77%が消光されることが分かった。この実験事実より、SWCNT が接しているナフィオン膜のイオンチャンネル部の割合は77%であることが明らかとなった。言い換えると、疎水性骨格部に接している CNT に固定されている Ru (bpy) 3²⁺は消光されず、その割合は23%である。

次にカーボン電極を模擬した SWCNT として、表面にポリエチレングリコールやカルボン酸をグラフトさせたものを用いて同様の実験をおこなった。その結果 Ru (bpy) 3²⁺が消光され残った割合、すなわちナフィオンの疎水性骨格部に埋もれている部分の割合は順に45%と30%であることが分かった。燃料電池の発電特性の観点からこれら3種の官能基を比較すると、ポリアミノベンゼンスルホン酸>カルボン酸>ポリエチレングリコールの順で優れていることが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高分子電解質膜、発光プローブ、カーボン電極

【研究題目】通電焼結法を用いた酸化物バルク型全固体電池の創成

【研究代表者】奥村 豊旗
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】奥村 豊旗、小林 弘典、小池 伸二、鹿野 昌弘、竹内 友成、山本 貴憲
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

先端的低炭素化技術開発次世代蓄電池プロジェクトに参画し、通電焼結法を用いた酸化物バルク型全固体電池の創成を目指している。最終目標では、酸化物バルク型全固体電池において、150Wh/kg ないし Wh/L のエネルギー密度を達成する作製プロセスの確立を見据えている。プロジェクトが開始した今年度は、1) 試作用材料の調達、2) 正極層塗工技術の検討、3) 通電焼結法における半電池試作・評価手順の検討、以上の3点に取り組むことで、取り組むことで、バルク全固体電池作製の基盤となる技術開発を実施した。1) 試作用材料の調達：正極材・電解質材としてそれぞれ粒径・厚みの異なる試料の準備が整い、基本的な粉体物性の知見を揃えた。2) 正極層塗工技術の検討：親油性バインダーを用いた正極層シート作製に取り組み、カーボン材やバインダー材の

比率を全体の2wt%以下まで低減することを可能とした。

3) 通電焼結法における半電池試作・評価手順の検討：正極/固体電解質焼結体作製条件を検討し、リチウムイオン導電性高分子ポリマー・金属リチウム箔を貼り合わせた半電池を試作した。試作セルの電池特性評価を行い、可逆的な充放電特性を示すことを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二次電池、リチウムイオン電池、酸化物バルク全固体電池、通電焼結法

【研究題目】ゼロソルベントによる新規電解質の開発

【研究代表者】松本 一
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】松本 一、窪田 啓吾、大藪 理恵、寺本 健一 (ユビキタスエネルギー研究部門) 水門 準治、王 鵬程 (環境化学技術研究部門)、韓 立彪 (触媒化学融合研究センター)
(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

本提案課題では、最終的には300Whkg⁻¹~500Whkg⁻¹のエネルギー密度を実現できる電池系として金属負極を用いた二次電池系に焦点をあて、これに適用可能な電解質として、溶媒を含まないイオンのみからなる電解質系であるゼロソルベントに集中して研究を推進する。研究開始当初はリチウム金属系に焦点をあて、その後より挑戦的なマグネシウム等の多価金属イオン電池に展開可能な Mg 金属の円滑なレドックスが可能な電解液の開発およびその固体化を検討する。

研究開始年度である今年度は、従来から検討してきたリチウム金属負極を用いた二次電池系に適したイオン液体やアルカリ金属中低温溶融塩の検討を行い、特に後者は100℃以上と高温において、種々の正極や負極を作動させることが可能であることを見出した。粘度が著しく高い (100℃において103mPa.s 以上) にもかかわらず、Li⁺輸率が高いことに由来する。これらの電池試験においては合剤正極の組成や電池構成についていくつかの改良点を見出すことができた。今後展開するより難易度が高い多価金属負極二次電池への応用が期待できる。

一方、今後必要と考えられるより高性能な電解質塩開発を目指し、新規含フッ素アニオン原料の合成やこれまでに知られていないヘテロ原子含有オニウムカチオンの合成に取り組み、それぞれ合成法に目処がついた。次年度以降、イオン液体やアルカリ金属中低温溶融塩への展開と電池系への応用展開を検討する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】金属負極二次電池、イオン液体、アルカリ金属中低温溶融塩

【研究題目】電極シートを主軸とした全固体電池の構

築プロセスの設計

〔研究代表者〕 作田 敦

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 作田 敦、竹内 友成、小林 弘典、

中島 潤二、岩田 育穂

(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

従来検討されてきた全固体電池は、正極複合体と固体電解質と負極複合体の3層を錠剤成型することで作製されてきた。全固体電池の工業生産を実現するためには、シート型全固体電池を試作し、本質的な課題抽出を行い、実生産に必要な新技術の開拓を行う必要がある。本プロジェクトにおいて当グループでは、電池作製プロセスの設計、電極のシート化技術開発、シート型全固体電池の試作を担当している。今年度は、 $75\text{Li}_2\text{S} \cdot 25\text{P}_2\text{S}_5$ (mol%) ガラスが使用可能な溶媒の探索、集電体材料選択、固体電解質塗布膜用スラリーの作製などを行った。 $75\text{Li}_2\text{S} \cdot 25\text{P}_2\text{S}_5$ (mol%) ガラスが使用可能な溶媒の探索を行った結果、アルカンやトルエンに関しては、溶媒浸漬実験前後で導電率に変化がないことを確認した。集電体として、市販電池に採用されている Al、Cu をそれぞれ、正極、負極に使用しても、良好な初期特性を得ることができることを確認した。固体電解質塗布膜用スラリーに関しては、バインダーフリーでは、良好なスラリーが得られず、塗布膜の膜質も悪かった。バインダー量 2wt% で固体電解質層の塗工用のスラリーを作製した結果、スラリー化が可能であることが分かった。正極活物質として Li (Ni, Mn, Co) O_2 、電解質として $75\text{Li}_2\text{S} \cdot 25\text{P}_2\text{S}_5$ (mol%) ガラス、導電剤としてアセチレンブラック、バインダーとして SBR 系ゴム、溶媒としてヘプタンを用いて作製した正極用スラリーから得られた塗布正極は、 0.6mAh cm^{-2} 以上の容量を示した。また、Cu 上に作製したグラファイト系の塗布負極において、 1.2mAh cm^{-2} 以上の容量の充放電を確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、リチウム電池、革新電池、硫黄、正極、炭素、通電焼結

〔研究題目〕 Si 系負極および S 系正極の両電極に適合する電解液の探索、選定

〔研究代表者〕 清林 哲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 清林 哲、妹尾 博、森本 辰美

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

弊所は本プロジェクトの一部を電池総合技術・システム最適化グループとして担当している。Si 系負極、溶媒とイオン液体、S 系正極を用いた次世代高性能リチウム硫黄電池の構築と性能評価を行う。特に電解液の探索とセル構成の選定を分担している。平成28年12月迄の電

池性能数値目標は、エネルギー密度 200Wh/kg 、出力密度 600W/kg 、充放電サイクル寿命200回が見越せていること、となっている。

今年度はまず、電解液の探索において、弊所の既存電極の技術である Si ナノ粒子を用いた Si 系負極ならびに炭素に硫黄を含浸させた S 系正極をそれぞれ作製し、これと標準電解液である溶媒とイオン液体とリチウム金属対極とを組み合わせたハーフセルを作製した。その充放電挙動を調査した結果、いずれの電極でも充放電の速度が 0.1C では安定したサイクル特性が得られた。しかし、C レートを上げると容量が著しく低下するということが明らかとなった。

また、従来より薄いセパレータを検討した結果、充電時の過電圧が僅かに上昇するものの、ほぼ同等の性能が得られることを見出した。薄膜セパレータが適合することにより電池全体でのエネルギー密度を向上させる方向性が示された。加えて、セル基準でのエネルギー密度向上のためには基板上での活物質の充填量を増やす必要があるが、Si 系負極の電極スラリーを厚塗りするほど特に充放電初期の特性が一時的に低下していることを明らかにした。

さらに、フルセルとして Si 系負極 | 溶媒とイオン液体 | S 系正極を構築し、その充放電作動を確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リチウム二次電池、硫黄系正極、シリコン系負極、溶媒とイオン液体

〔研究題目〕 イオン液体中でのリチウムデンドライト成長の抑制と保護層への適用

〔研究代表者〕 栄部 比夏里

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 栄部 比夏里、佐野 光

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

水系電解液を用いた Li-空気電池においては固体電解質を Li の保護層として用いる。Li と保護層間には直接の接触を避けるため異種電解質を充填する。本研究はその異種電解質にイオン液体を用い、Li のデンドライト析出抑制を行う手法を見出すことを目的とする。初年度である本年度には、Li 析出時の初期過程に着目し、核発生密度を高めることで局所的成長を防ぐ手法を検討した。その結果、Ni 上への析出においては電流密度を高めることで高い核発生密度を確認した。成長過程で電流密度が電荷移動律速領域を超える場合には、核発生密度が高くても局所的にデンドライト成長が始まり、さらに高くすると分極増大のため析出困難となった。電荷移動抵抗の制御も合わせて行う必要があることがわかり、電解液部分の選定と同時に望ましい電極/電解質界面の構築も合わせて行う。

〔分野名〕 環境・エネルギー

【キーワード】 金属リチウム、空気電池、水系電解質、
固体電解質、保護層、 dendrait 抑制

【研究題目】 棒状分子液晶と円盤状分子液晶間を光相
転移する液晶の液晶温度の低温化

【研究代表者】 清水 洋
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 清水 洋、奥田 大樹
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

液晶は、棒状分子からなるカラミチック液晶と、円盤状分子からなるディスコチック液晶に分類される。我々は、一つの分子が棒状と円盤状の間で分子形状を変えることで、分子の集合体の液晶相でもカラミチック液晶とディスコチック液晶間の相転移を引き起こす系を研究し、最近、熱と光でこれらの相間を可逆的に異性化する世界で最初の分子を見出した。本研究では、分子形状の異なるこれら液晶が、屈折率やホール輸送方向の異方性が異なることから、これらを光で迅速に制御しうる系のオプトエレクトロニクス材料への実用化を目指す。本プロジェクトでは液晶相発現温度を100℃以上低下させた分子を合成し、安定に繰り返すシステムを構築する。

研究代表者側で合成し、精製された棒状液晶性部を構成するアルコキシアゾベンゼン6個と円盤状液晶性部の中心となるトリフェニレン環をエーテル結合で結合した新たな光応答性液晶2種について、熱相転移挙動を明らかにした。その結果、いずれも棒状分子により形成されるスメクチック液晶相のみを示すことが判った。一方、屈折率の異方性を制御する観点から、棒状、円盤状両方の液晶相を示すエステル化合物でその末端アルキル鎖炭素数12と13の場合で生じる相転移挙動の変化を解析し、分子のコンフォメーションが互いに異なることから屈折率変化を利用する材料としてはアルキル鎖炭素数は13以上が必要との結論を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 棒状液晶、円盤状液晶、光応答材料

【研究題目】 マイクロカプセル化機能性文具の開発

【研究代表者】 藤原 正浩
(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 藤原 正浩 (常勤職員1名、他5名)

【研究内容】

豊かな生活環境は、日常生活においてストレスが少なく、穏やかで幸せ感や安心感のある快適で暮らしやすいものでなくてはならない。日常的に使用する筆記用具に代表されるステーショナリー類、文具類は、コンピュータ化が進んだ今日においても、日常生活において身近でかつ重要な製品分野である。さらに、ステーショナリー類・文具類は、用いる言語や伝統文化・生活文化に関わらず必要とされるグローバルな製品でもあるため、生活

環境に及ぼす価値は高い。したがって、これら製品の「使いやすさ」は、身近な生活環境における“快適さ”や“暮らしやすさ”を、人間の直の感覚に基づいて提供できる重要な要素である。

産業技術総合研究所では、これまでシリカ等の無機材料でできた中空粒子・マイクロカプセルを用いて、様々な高機能性材料を創出してきている。そこで本研究では、生活環境に快適さをもたらす高度な機能を持ったステーショナリー類・文具類を、この産業技術総合研究所が培ってきたマイクロカプセルを用いて創出することを目指す。マイクロカプセルは種々の文具薬剤類を取り込むことができ、それにより当該薬剤に新規な機能を寄与することができる。そして、マイクロカプセルと文具薬剤の機能を統合することで、これまでに無い快適性の新しい文具類を創出することを目指す。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 豊かな生活環境、機能性文具、マイクロカプセル、文具薬剤

【研究題目】 石英薄板へのタンパク質の固定化とバイオセンサーチップへの応用

【研究代表者】 松田 直樹
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

タンパク質は優れた生体機能を有し、近年では技術革新に伴い低価格化と高機能化が進み光利用バイオセンサーの実用化と市場拡大が期待されている。高価な石英ガラスを使う場合がある、光利用バイオチップでは光学材料の精密研磨、洗浄、表面修飾、タンパク質固定化等の多くのプロセスが必要で製造費用が高額になる、プロセス毎に専門性や習熟性が要求されバイオチップ毎に性能がばらつき再現性に問題がある等の理由から、精密研磨済み石英薄板を高機能化した“表面修飾済み光学チップ”の開発が求められている。

H25年度は石英薄膜にオクタデシルトリクロロシラン等のシランカップリング剤を用いて表面修飾を行った。末端が塩素のシランカップリング剤のほうが末端がメトキシ基やエトキシ基のものよりもきれいに、かつ多くの石英に修飾できることがわかった。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 タンパク質、チトクローム *c*、スラブ光導波路分光法、バイオセンサーチップ、

【研究題目】 ITO 電極表面修飾方法の確立と光電気化学バイオセンサーチップの開発

【研究代表者】 松田 直樹
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

石英薄板製のスラブ光導波路上に形成させた数十 nm 程度の ITO 電極上をホスホン酸等で表面修飾することでタンパク質の機能を保ったまま長時間安定に固定化させ、光と電気を検出に用いる光電気化学バイオセンサーチップを開発する。

その上に固定化させるタンパク質の直接電子移動反応等に伴う吸収スペクトルや電流電位曲線の変化を利用して溶液中に存在する物質やガスの濃度を選択的に計測する事が可能であり、新規なバイオセンサーの研究開発時におけるプラットフォームとして利用する。

そのため本研究では、①ITO 電極形成条件の最適化と光透過性の向上、②ITO 電極表面の表面修飾技術の確立、③バイオセンサーチップの機能確認、の3つの研究課題に取り組む。

H25年度は ITO 電極上に10-carboxydecylphosphonic acid (10-CDPA) の自己組織化単分子膜を形成し、そこに吸着させたチトクローム *c* の直接電子移動反応 (DET) をスラブ光導波路分光法及び電気化学測定法によるその場観察から評価した。その結果、DET 反応は未修飾の ITO 電極の場合と同様に観察することができた。更に1時間以上、連続して観察することができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】ITO 電極、表面修飾、タンパク質、バイオセンサーチップ

【研究題目】ソリューションプラズマ法の低電力化と直接燃料型燃料電池用合金ナノ微粒子の調製

【研究代表者】松田 直樹
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、従来1~2kV、3A、15kHz といった大電力を使用する必要があったソリューションプラズマ法 (以下 SP 法と略す) を、数百 V まで低電圧化することによって白金 (Pt) ナノ粒子合成時の消費電力を大幅に削減することを目標とする。また、ダイレクト形燃料電池やセンサー用のプローブへの応用を目指し、Pt 合金触媒を SP 法を用いて合成する手段を確立する。そのため実際に合成した Pt 合金をダイレクト燃料電池の触媒として用い性能検査を行い技術移転の可能性を検討する。

具体的には以下の三項目を検討する。

- ① SP 法を低電圧化し、消費電力を従来の半分 (380kJ/Pt 1g) 以下まで引き下げるとともに、低電圧合成条件においても、10 nm 以下の Pt ナノ粒子が担持できるように、合成条件を探索する。
- ② ダイレクト形燃料電池への応用を目指し、SP 法を用い Pt 合金触媒を合成する手法を確立する。
- ③ 実際に合成した触媒を用いてダイレクト燃料電池の発電試験を行う。

高電圧高周波ソリューションプラズマ法では、粒子径の小さな微粒子は比較的容易に実現できたが、低電圧低周波ソリューションプラズマ法による粒子サイズの低減は難航を極めた。しかしながら、申請時には数十 nm の白金微粒子しか作製できなかったものが、詳細な研究をすることにより現在は目標まであと一歩の14 nm まで粒子径を縮めることが出来た。しかしながら、技術移転には、やはり10 nm 以下がどうしても必要であり、今後も低電圧粒子径の低減の研究を推進していく予定である。

高電圧・高周波ソリューションプラズマ法による合金微粒子の調製については、電極間距離を0.2 mm まで縮めることにより、不純物である純金属の割合を低下させることに成功した。しかしながらまだ純金属が若干残っているため、更に電極間距離を縮めることにより、合金微粒子のみが生成する条件を見だしていく予定である。

触媒性能の評価については、金属微粒子サイズがまだ市販の触媒と比較して大きいため、ふるわない結果となったが、上記課題を解決し、10 nm 以下の貴金属微粒子の調製ができれば、市販品と同等以上の触媒が出来ること確信しており、更に研究を推進していく予定である。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ソリューションプラズマ、貴金属ナノ粒子、触媒、低電力化

【研究題目】解凍精液から元気な精子だけをオンサイトで簡便に得るための技術開発

【研究代表者】山下 健一
(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】山下 健一 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

精子や卵子、受精卵などについて、質の良いものを選別することは、不妊治療や動物繁殖の成否に直結する。加えて、所望の性別の個体を得るための技術開発は、畜産における生産性向上に必須である。このような問題の解決のため、マイクロ流体を用い精子が自力で運動することに着目した選別手法の研究を行い、牛を対象として、人工授精にも使える処理量で、高い運動能力の精子を回収する技術を確立した。さらに運動能力別に捕集できるという性能を活かし、性別特異的な生化学的性質を融合することで、性比に偏りのある精液調製技術とした。これまでも、精液の改質技術はいくつか知られているが、それらと比較して、精子の運動の理解と適切な流路設計によって、従来法の百万倍の処理効率を実現し、そのまま人工授精に用いることができる濃度と量と処理時間を実現した点が特徴である。さらに生化学分野の知見を融合し、精子を傷つけない性選別手法としたことも、従来の性選別技術と大きく異なる点であり、外国の特許に左右されず、任意の種牛の精液を処理できる国産の性選別技術とすることができた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕畜産、マイクロ流体、層流、牛、精子、農業

〔研究題目〕光電界センサを用いた静電気計測技術の開発

〔研究代表者〕菊永 和也
(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕菊永 和也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、非近接で静電気を計測する技術を確認することを目標として、ポッケルス効果を用いた光電界センサを駆使することで、その高感度な検出技術の確認を行った。そこでは直流電圧印加した標準サンプルを物理的に振動させ、それにより誘起された100 Hz の電界が検出可能な光電界センサを開発する。この光電界センサを用いた静電気計測において、測定距離50 mm 以上で、静電気検出感度誤差が5%以下の計測が可能な計測技術の開発を目標とした。

まず、従来のダイポールアンテナ型光電界センサの評価を行ったところ、対象物からセンサアンテナまでの距離を離すにつれて検出感度が悪くなり、対象物を中心として電界の強度が最大となるとともに、その横方向では対照的に大きく減少することが分かった。

次に、光電界センサのアンテナを平板型にして特性の評価を行ったところ、平板型でもダイポールアンテナ型と同様に対象物—センサ間距離を離すにつれてセンサ出力ならびに検出感度が低下したが、ダイポール型と比べてその低下が緩やかになることが分かった。また、アンテナを平板型にすることによってダイポールアンテナ型と比べて横方向における検出感度が向上することが分かった。さらに、対象物に10~100 V の電圧を印加させたときの対象物直上におけるセンサ出力値より、検出誤差が対象物—センサ間距離20 mm のとき1.3%、40 mm のとき3.5%、60 mm のとき4.7%、80 mm のとき9%であった。これより、当初の目標である50 mm 以上において、検出感度誤差5%以下を達成した。

さらに、開発した光電界センサの優位性を明らかにするために、この平板アンテナ型光電界センサを用いて、超低周波電界検出における対象物—センサ間の距離依存性の評価を行った。平板アンテナの面積を40 mm²~160 mm²と変化させたときに、対象物直上における光電界センサ出力値の対象物—センサ間距離依存性を評価したところ、平板アンテナの面積を大きくするにつれて検出感度が向上すること、平板アンテナの面積40 mm²以上では対象物—センサ間距離100 mm でも100 Hz の低周波電界の検出が可能であることを明らかにした。これより、非近接で静電気を計測する技術を確認した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕静電気、振動、光電界センサ

〔研究題目〕強磁性体ステージを有する超高密度ヘリコンプラズマエッチング源の開発

〔研究代表者〕本村 大成
(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕本村 大成 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

3次元に半導体デバイスを集積化させるためには、シリコン貫通電極の貫通孔形成による垂直配線技術が必要とされている。そのためには、シリコン基板の早掘り・深掘りプラズマエッチング技術の創成およびその装置開発が重要となる。研究計画として、エッチング速度の工場のために、1) プラズマの高密度化に伴うエッチング反応生成物の生成効率を増大させ、ならびに2) 外部磁場およびウエハ近傍磁場配位の最適化による高密度プラズマの効率的輸送の技術を融合させる。さらに、深掘りエッチングのために、3) イオンの運動量輸送方向を磁力線に平行にするために真空排気システムの最適化による低ガス圧力環境の実現も1), 2) に加えて同時に実現することが重要となる。

本年度は、高密度プラズマ生成法の確立のために、I) プラズマ生成システムの開発に加えて II) 磁力線をウエハ近傍に効果的に収束するために、ウエハ保持具に強磁性体をもちいた装置の開発を行って、当該装置を用いた原理実証実験を行った。その結果、数値目標として掲げていた強磁性体ステージ前面10 mm で、入力 RF パワー1 kW 以下を投入し、プラズマ密度 10^{18} m^{-3} を達成できた。また、本システムを用いたエッチング速度は1 $\mu\text{m}/\text{min}$ 以上であった。今後、本高速エッチング方式を用いて微細加工パターンが可能なエッチング条件を評価していくことで、新たなプラズマプロセス装置への応用展開を実施していく。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕プラズマエッチング、シリコン貫通電極、半導体製造

〔研究題目〕安全・安心な社会構築のための微小エネルギー応答型応力発光体の開発

〔研究代表者〕藤尾 侑輝
(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕藤尾 侑輝、徐 超男 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、0.01%の微小ひずみに対する応答性を発現させた応力発光体の開発を目標とする。本目標を達成するために、微小エネルギーに対する応答性の発現因子を明確にし、得られた発現因子を材料調製法の系統的な探索により応力発光体の調製条件を最適化し、0.01%の微小ひずみに対する応答性を発現させる。

まず、応力発光体を調製する際の焼成温度(粒子成長度に相当する)と最小ひずみ値との相関について、走査

電子顕微鏡による粒子形態観察や X 線による結晶構造解析、放射光 X 線吸収微細構造解析による発光中心元素の局所構造解析をおこなった。その結果、微小ひずみに対する発光特性は粒子径に依存せず、発光中心元素の局所構造や粒子形態に影響することが示唆された。次に、応力発光メカニズム（キャリアトラップモデル）に基づいた検討を行った。製造した応力発光体の応力発光メカニズムは、紫外光等で励起されたキャリア（電子またはホール）が SrAl_2O_4 母体中の欠陥に由来するトラップ準位に捕捉され、微小な力学的刺激によって解放されることで応力発光を引き起こしていると考えられる。そこで、微小ひずみ応答型応力発光体の熱ルミネッセンスグロウ曲線を測定したところ、室温から300°Cまでの昇温において50、130、200°C付近にピークが存在し、50および130°C付近のピーク強度が高いことがわかった。また、微小ひずみ応答性の乏しい材料と比較すると、微小ひずみ応答型応力発光体のピーク位置は10~20°C程度低温側にシフトしていることがわかった。これは、微小ひずみ応答型応力発光体中にトラップされているキャリアがより小さな熱エネルギーによって解放されることを意味する。すなわち、微小な力学的刺激によってもキャリアが解放されるため、微小ひずみに対して応答していることが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光体、ひずみセンサ、構造体診断技術

【研究題目】 安全管理を目指した高圧環境下における応力分布測定法の実現

【研究代表者】 寺澤 佑仁

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 寺澤 佑仁、徐 超男、末成 幸二、松尾 修身、久保 正義、古澤 フクミ、川崎 悦子（産総研特別研究員1名）

【研究内容】

近年、水素社会構築のため、70 MPa 級の超高压水素用複合容器の利用が検討されるなど、高压設備への関心が高まってきている。一方で、高压設備の強度解析の多くは比較的単純な特徴抽出や有限要素法などのモデリング手法に頼っていたため、推定精度の安定性が必ずしも高くはないという問題が残されており、実験的なアプローチにより高压環境下におけるひずみ・応力分布および、疲労き裂の進展挙動の可視化が切望されている。本研究では、高压環境下で応力発光センサを適用することで応力分布および、疲労き裂の進展挙動を実験的なアプローチにより可視化を行った。

応力発光センサを用いた実験的なアプローチにより圧力容器内部の応力分布測定を行うため、大きく分けて「(1) 圧力容器内部への応力発光センサ塗装条件の最適化」、「(2) 圧力容器に応力発光センサを実装し、疲労サ

イクル試験の実施」の2点について詳細な実験を実施した。

本研究では、まず始めに「(1) 応力発光センサの塗膜条件の最適化」を行い、40 MPa の水圧下において1週間以上の耐久性を持つ応力発光センサの開発に成功し、実際の過酷環境下でも応力発光技術による応力分布の有効性を示した。さらに、「(2) 圧力容器内の応力分布の可視化」では、(1)で最適化した条件を元に複合容器の内外に応力発光センサを設置し、水圧サイクル試験を行った。その結果、応力発光センサは、複合容器内部の応力分布のみならず、き裂の検知に対しても有用であることを実証した。

今後は、さらなるデータ取得を行い、発光の閾値を設定することで、き裂の進展具合の定量化や、圧力設備等の余寿命診断を行っていく予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光、センサ、高压環境、応力分布

【研究題目】 光透過性を可変できる保育器応用に資する調光デバイスの開発

【研究代表者】 田嶋 一樹

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 田嶋 一樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本事業における目標は調光用保育器に適する調光機能を有する材料開発ならびにプロセス開発が主である。実施例として薄膜材料を用い、方法としてクオリティの高い材料作製が可能であるマグネトロンスパッタリング法を選択した。種々材料性質の影響因子として、成膜時印加電圧、真空度、ガス混合比、膜厚、構造などがあり、特に当該開発において調光機能としての切り替え速度は、成膜時圧力が大きな要因であり、圧力を制御することで円滑な調光機能を発現する薄膜作製条件を見出した。当該用途においてはポリカーボネートを基材として用いるためフレキシブルデバイスの作製も可能とした。連携研究者は本デバイスの保育器への適用可能性を調査した。

より具体的には、本研究の目標として設定した調光機能の高機能化と実応用を勘案した実際の保育器用フードに使用されている材料（ポリカーボネート素材）へのデバイス構築の観点で主に研究開発を遂行した。より詳細は下記実施内容に記載するが、たとえば、当初提案においては、マグネシウムをベースにした金属材料を用いた調光デバイスの開発を実施し、当該材料においても材料組成と調光性能との相関など一連の関連性について系統的に分析・解析を行い、最適な調光性能をもたらす材料作製の手法を見出した。さらに得られた技術情報を発展させ、新規に酸化物材料を用いた調光デバイスの開発・設計にも取り組み、酸化ニッケルを適用した新たなデバイスを創出した。本関連研究成果において、2014年1月開催の nanotech2014に出展を行い、好評を博した。連

携研究者において実際の保育器への当該デバイス設置による具体的特性評価に関わる評価手法の検討を行っている。しかしながら、現状では、透過性能ならびに実際の保育器組み込み手法、材料の大型化などに課題があるため連携研究者とさらなる発展的な共同研究開発が必要であると考える。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 薄膜、スパッタリング、調光、色合い、保育器、医療応用

【研究題目】 高温耐酸化性を有するレアメタルフリー
工具用材料の開発

【研究代表者】 下島 康嗣

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 下島 康嗣、松本 章宏

(常勤職員2名)

【研究内容】

硬度と強度のバランスの良い WC-Co 超硬合金は、産業界で広く利用されてきた。ところがその主成分であるタングステンやコバルトは、レアメタルであるため、カントリーリスク等により供給が不安定であり、早期の代替材料への転換が求められている。本開発では、代替材料の有力候補である炭化チタンと金属間化合物である鉄アルミ合金による新規サーメットの開発を目的に、高温耐酸化性が優れ、スローアウェイチップとしての利用に耐えうる硬度 16GPa 以上、抗折力 2GPa 以上の材料の開発を目標とした。

本研究課題にて解決すべき課題は、結晶粒微細化と均質混合を目的とした混合粉砕プロセス時に発生する、抗折力、破壊靱性、高温耐酸化性の低下の原因となる、FeAl 粉末の酸化である。

この酸化の問題を低減することができれば、抗折力を向上させ、目標となる 2GPa をクリアできると考え、以下の技術開発を行った。

(1) 低酸化混合粉砕技術の開発

TiC と FeAl を用いて湿式混合粉砕を行う場合、過去の実験より溶媒の種類によって混合粉砕後の粉末の酸化量が有意に異なった。そこで、短時間で粉砕混合を可能としながら、粉末の酸化を減少させる有機溶媒を探索した。具体的には、粘性が低く、含水量が少なく、TiC ならびに FeAl に対して影響を与えない有機溶媒を探索した。また、有機溶媒の種類と混合時間が機械的特性に与える影響を明らかにし、TiC-FeAl 粉末の酸化を極小化しながら、結晶粒微細化と均質混合を同時に実現する低酸化混合粉砕技術の開発を行った。

(2) 雰囲気制御焼結プロセス技術の開発

酸化の進んだ TiC-FeAl 混合粉末を真空雰囲気において通電加圧焼結を行った場合、X 線回折分析の結果、TiC の炭素欠陥が認められた。そこで雰囲気を制御して焼結を行うことにより、炭素欠陥の少ないより健全

な TiC-FeAl 合金の焼結を試みた。具体的には、窒素雰囲気やアルゴン雰囲気にて焼結を行い、雰囲気が組成に与える影響を調べ、機械的特性、高温酸化試験などとの関係を解明し、より健全な TiC-FeAl サーメットの焼結を目指した。

これらにより硬度 16.7GPa、抗折力 2.0GPa、破壊靱性値 7.0 を達成した。また焼結雰囲気を制御することにより、硬度 15.3GPa、抗折力 1.9GPa、破壊靱性値 9.3 を達成した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 硬質材料、サーメット、レアメタル代替

【研究題目】 高耐久性・高意匠性を両立する木質成形
体の開発

【研究代表者】 三木 恒久

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 三木 恒久、関 雅子、重松 一典、

金山 公三 (常勤職員4名)

【研究内容】

本研究開発では、産総研のシーズである流動成形を用いて、これまでに無い全く新しいテクスチャ・外観をもつ高意匠性木質製品を創出する。このために、使用する木質素材や添加剤の種類と導入条件、更に温度や圧力などの成形条件を検討する。そして、製造条件と物性の関係を明らかにし、高耐久性・高意匠性を両立する木質成形体の開発を目指す。

本研究開発によって、得られる成形体の色について所定の色情報範囲で制御する方法と新たな加飾としての透光性の発現条件を導出した。また、汎用樹脂などの耐久性・強度を保持しつつ、流動成形によって生じる独特の柄を再現することも可能になった。これらの研究成果によって、既存の木質製品では実現することのできない薄肉製品や複雑形状かつ斬新な形状・色をもつ木質製品を創出できる新たなシーズを見出すことができた。そして、化粧筆柄・小物筐体などの実用サンプルを試作し、流動成形品が与える質感やイメージなどの感性工学的評価ならびにユーザによるアンケート調査・コスト試算によって、製品が展開できるより幅広い市場を模索した。

具体的な成果は以下のとおりである。

- ① JIS K 5600 CIELAB 色空間において、L*で50～60、a*で8～12、b*で15～30の範囲の色を再現する製造条件を導出した。
- ② 550nm での光透過率を10%～30%の範囲で再現可能な条件を導出した。
- ③ 曲げ強度100MPa、耐水・耐溶剤形状安定性1%以下を達成した。
- ④ サンプル製品官能評価およびユーザアンケートを実施するとともに、電子機器、スポーツ用品、環境を意識した商品などの展示会を調査し、本開発製品が適用できる商品分野の模索と実用化へ向けた物性

への対応や成形精度の向上など、今後の課題を探ることができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 木材、流動成形、意匠性、耐久性、塑性加工

【研究題目】 高融点材料の摩擦攪拌接合を実現するサーメット製ツール材料の開発

【研究代表者】 細川 裕之

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 細川 裕之、松本 章宏

(常勤職員2名)

【研究内容】

摩擦攪拌接合法は現在、主に軽量金属部品に利用されている。しかしながら、鉄系合金などの高融点材料の接合についての実施例は少ない。高融点材料においても原理的には摩擦攪拌接合は可能であるが、接合時にツール温度が高くなることで、ツールの酸化と軟化が起り、工具寿命が短くなる。その結果、コストが高くなるため、高融点材料には適応されていない状況にある。したがって、鉄系材料などの高融点材料の摩擦攪拌接合を実用的に可能とするツール材料開発が強く求められている。

そこで本研究開発では、Ti(C, N)-Ni系サーメットに着目し、摩擦攪拌接合ツール用材料を作製することを目的とした。組成の最適化を図った結果、耐高温酸化性 0.045kg/m^2 、硬度940HV、強度2910MPaを達成した。本材料でツールを作製、摩擦攪拌接合を行い、継手強度75%を達成した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 摩擦攪拌接合、硬質材料、破壊靱性、硬度

【研究題目】 研究領域「プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製」
「光神経電子集積回路開発と機能解析・応用」

【研究代表者】 下島 康嗣

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 下島 康嗣 (常勤職員1名)

【研究内容】

シナプス後膜に流れる電流を正確に測定できる培養型イオンチャンネルバイオセンサー内に、神経細胞ネットワークを形成してレーザー光で活動電位を制御して記憶や学習特性を測定することは、脳の高次機能の解明や神経変性疾患の診断、ならびに創薬に非常に有用である。

神経細胞の電位を効率よく測定するためには、神経細胞のサイズに適合した計測素子を精度よく複数配置して、さまざまな信号を同時に獲得することが可能なマルチチャンネルセンサー化が必要である。そこで本研究では、ナノ加工技術を駆使してイオンチャンネルバイオセンサー

の多チャンネル化のための微細加工技術開発を行ってきた。

これまで、多点計測素子開発においては、PMMA基板の微細貫通孔形成をX線リソグラフィで行っている。昨年度では、一つの神経細胞に対して、同時に5か所で計測を行うイオンチャンネルバイオセンサー用X線マスクを開発した。本年度では、4つの神経細胞に拡張し、それぞれの細胞を同時に5か所で計測を行うことのできるセンサー用X線マスクを開発した。その際の加工形状・深さならびに加工位置精度は、直径 $2\mu\text{m}$ の貫通孔、相対的な位置精度 $\pm 3\mu\text{m}$ であった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 微細孔加工、X線マスク加工、FIB

【研究題目】 「微細加工プラットフォーム実施機関」
ナノプロセッシング・パートナーリング・プログラム (超微細加工・計測・分析支援とその技術者養成によるイノベーション創出)

【研究代表者】 金山 敏彦 (つくばイノベーションアリーナ推進本部)

【研究担当者】 秋永 広幸、三沢 源人、島 久、和田 恭雄、増田 賢一、松野 堅吉、佐藤 平道、飯竹 昌則、羽山 和美、蜂谷 智央、山崎 将嗣、中島 忠行、大塚 照久、郭 哲維、唐澤 しのぶ、高村 雅美 (ナノエレクトロニクス研究部門) (常勤職員3名、他13名)
秦 信宏、浅沼 周太郎、落合 幸徳、島本 直伸、有本 宏、安宅 龍明 (つくばイノベーションアリーナ推進本部) (常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

目的：

産総研の強みであるナノエレクトロニクス、N&MEMS、マテリアルサイエンス、フォトニクスの研究領域と融合領域を中心とした役割を微細加工プラットフォームに属する各機関と連携して担うため、高い利用者満足度、産学官の利用者が支援を受ける機会の公平性、適切で公正な受益者費用負担、共用施設の安全管理、ナノテクノロジー研究の発展と産業界の技術課題の解決につながる支援・サービスの提供、ナノテクノロジープラットフォームの持続的な発展、並びに、同じプラットフォームに属する他機関及びナノテクノロジープラットフォーム事業全体との連携と貢献を運営の基本方針とする。

利用申請から支援実施への流れと利用料算出方式について、代表機関及びプラットフォーム内各機関と統一化による利用者の利便性最適化に向けての調整を行うとともに、微細加工プラットフォームの代表機関及び実施機関との間でこれらの共用システム、課金体系、入り口の

知財管理方式の整合をはかることにより、支援申し込み利用者に対してタイムリーで最適なサービスを提供することができるワンストップサービスの微細加工プラットフォーム共用システムを構築する。

共用設備運用機関の合同によるワークショップの開催、産業技術振興のためのイベントに共用設備運用事業紹介を出展、産学連携のためのオープンラボ出展、多機関合同による人材育成スクールの開催を通じた産学連携、異分野融合、新規利用者開拓活動を積極的に推進する。また微細加工プラットフォームの中では、代表機関のプラットフォーム運営責任者等に協力し、プラットフォームの運営に最大限の貢献を行う。本機関がこれまでのナノテクノロジー支援事業の中で培ってきたホームページ上での利用者登録、支援申請、装置予約のシステムや異分野融合の技術支援のノウハウをプラットフォーム内全体で共有してプラットフォーム運営システムの構築に貢献するとともに、プラットフォームの産学連携、異分野融合、新規利用者開拓を目的とした外部連携活動の実施に協力する。また、本機関の活動状況、実績をタイムリーに代表機関に報告するとともに、センター機関や各代表機関が行う連携・交流活動への積極的な協力を行う。

年度進捗状況：

① 共用施設の運用

本事業では、有料民間ファウンドリとは一線を画した、真のイノベーション・ハブ機能を備えた共用施設となることを目指した。いわゆる「ファウンドリ・サービス」機能としても最先端の研究環境を提供できる場であると同時に、プレコンペティティブ段階（前競争段階）にある研究内容に関しては、それら研究分野の融合、産学官の広範囲な研究者・研究機関のネットワーク、事業内外における人材育成を推進する場となるような取り組みを進めた。

より具体的には、産総研ナノプロセッシング施設において、機器利用、技術補助、技術代行、共同研究、技術相談からなる年間179件の支援を行った。また、本年度の機器利用に伴うトレーニング件数は目標を大幅に超える446件、要素技術スクール育成人数は年間119名であった（連携スクールの受講者数を含まない数）。また、外部共用率の目標値30%、このうち民間企業が占める割合の目標値12%を超える運用を行った。（平成25年度途中に本事業で再定義された計算式を用いると、外部共用率は約65%、民間企業が占める割合は約85%となる。）

② システム高度化と安全管理

本年度はシステム高度化の一環として本事業初年度である平成24年度の実施実績に基づいた各種規程類の最適化を行った。利用申請、安全管理のための規程類などについて、代表機関と協議してナノテクノロジープラットフォーム事業用に最適化した。施設面での管理を高度化し、より効率的な支援業務を目指して、施

設・装置の日常点検と安全管理、薬品管理、在庫品管理、マニュアルの見直し及び最適化を行った。

産総研外部研究者の利便性を高め、安全に上記研究支援活動を行うために構築してきた装置予約、利用時間管理、利用者による支援進捗状況の確認などを、インターネットを介して実現するネットワーク環境の改良を行い、外部共用率、特に企業ユーザーの利用を促進することができた。

③ 外部連携活動と人材育成事業

高校生や大学・大学院生の長期休暇を利用した実習、大学・独立行政法人の若手研究者、地域にある公設研の研究者や企業の中堅技術者など、多様な人材に対する要素技術の習得を目指したスクールを開催し、人材育成を通じて、受講者に要素技術等を習得してもらい、受講者の研究・開発の進展に貢献した。本年度は特に、微細加工プラットフォーム内の機関と連携した人材育成スクール・セミナーを企画し実施した。さらに、微細加工プラットフォーム内の機関と連携した人材育成スクール・セミナーにおいては、Web 窓口制作管理、アンケート集計・解析なども行った。

また、外部連携のための情報発信を進めるため、当該分野における最新情報、当事業で開発され公開可能なノウハウなどを、産総研外部研究者に向けてニュースとして発信し、当委託事業の成果を産学官の研究者に提供した。また、当委託事業参画機関、公設研など関連施設との連携を図るためのシステム構築も行った。この際、支援内容がプレコンペティティブ段階にある場合には、積極的に外部利用者（派遣元）同士の連携や研究分野の融合によるネットワークングを実施した。

④ 微細加工プラットフォームの連携促進

ナノテクノロジープラットフォーム事業の目的に鑑みて、センター機関、代表機関が実施する各種事業への積極的な貢献を引き続き行った。より具体的に、本年度は、利用者満足度調査の視点を含めた支援実績の報告を、微細加工プラットフォーム参画機関であるナノプロセッシング施設にて行うとともに、微細加工プラットフォーム実施機関と協力してその手続きフローの効率化を行った。この他、技術支援者集合研修プログラム「失敗に学ぶ」や技術的な討論を行う交流会の企画と運営に貢献した。

⑤ ナノテクノロジープラットフォームの総合的推進

プラットフォーム事業の総合的推進を行った。微細加工プラットフォーム内外機関との連携を密にして、微細加工プラットフォームの円滑な運営を進めるため、プロジェクト全体の進捗状況を確認し、計画の合理化を検討し事業の推進に資することとした。さらに、プラットフォーム事業の総合的推進を担うために重要となるコーディネータを雇用して、全国に展開しているプラットフォーム内を一つの構造物として活用し、各地域に無い機能をプラットフォーム内の他の地域の機

関が補完するようにマネジメントを行うことによりシームレスな支援を実現した。より具体的に本年度は、他のプラットフォームの代表機関や実施機関、センター機関、プラットフォーム運営統括会議、文部科学省等との連携・調整を実施し、運営統括会議、代表機関運営責任者会議、ナノテクノロジープラットフォーム総会、プラットフォーム調整会議、技術支援者集合研修プログラム等にて計画の調整、課題対策協議及び進捗・成果の報告を行うにあたり、代表機関へのサポートを行った。このほかにも、成果普及や広報活動、技術的なプラットフォーム内外の連携、より具体的には、つくば地区連携事業や9機関連携 MEMS セミナー・実習等を主体的に行った。さらには、センター機関からの依頼を受けて、アジアナノフォーラムにおける「Young Scientist Program」の企画と実施を行った。この他、コーディネータが現地に赴いて各機関の状況の把握と微細加工技術の共有化を推進するとともに、当該事業における課題の抽出なども行った。また、このコーディネート活動を含む産総研の体制、プラットフォーム事業参画形態等を逐次見直すとともに、持続的発展が可能な我が国における共用システム構築を目指して、事業全体の中長期計画検討を開始した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 極微細加工、ナノ造形、リソグラフィ

〔研究題目〕 BDNF 機能障害の分子病態の解明と難治化うつ病の診断・治療法の開発

〔研究代表者〕 小島 正己（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 小島 正己、上垣 浩一、清末 和之（常勤職員3名）

〔研究内容〕

目標：

BDNF の前駆体（proBDNF）から成熟体（mBDNF）へのプロセッシング障害、分泌障害といった BDNF の細胞メカニズムがうつ病の難治化やうつ病の特定の病態に関連するものと仮定し、その分子細胞病態の詳細解明、および、基礎研究者と精神科医の連携研究を行い、難治性うつ病の診断技術と治療法の開発を目標とする。

研究計画：

うつ病における BDNF 仮説は、うつ病モデル動物において BDNF 発現が低下するという1995年の報告以来、重要かつ有望なうつ病仮説として検証が続いている。しかし、BDNF 自身の検出技術、臨床症状と BDNF 分子病態との関連解析の遅れ、うつ病に特有な複雑な精神病理などから、BDNF を指標としたうつ病の診断と創薬には、有用なモデル動物、バイオマーカーの創出を目指した基礎研究が第一であり、精査された臨床試料を用いた検証が重要となる。本年度の研究では、proBDNF によるスパイン退縮において分子メカニズムの検討を行った

年度進捗状況：

proBDNF の受容体である p75受容体のノックアウトマウスを用いて、proBDNF のスパイン退縮作用を検証した。p75ノックアウトマウスから作製した低密度培養海馬神経細胞では proBDNF のスパイン退縮効果が認められなかった。これは、proBDNF のスパイン退縮作用に p75受容体の活性化が必要であることを示している。その結果、proBDNF は p75受容体の活性化を介しスパイン内部のアクチンフィラメントの含量を低下させること、さらに、アクチンフィラメント安定化によって proBDNF の効果が阻害されることを見いだした。これらの知見は、proBDNF-p75シグナリングがスパイン内部のアクチン細胞骨格系を制御している可能性を示唆する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経栄養因子、神経細胞、うつ病、脳疾患、治療、メカニズム

〔研究題目〕 化学処理による放射性セシウム汚染土壌の除染・減容化に関する研究

〔研究代表者〕 苑田 晃成（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 苑田 晃成、横田 洋二、チトラカー ラメシュ（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

高価な処理設備を必要としない経済性に優れた化学処理による放射性 Cs 汚染土壌の除染・減容化処理技術の確立を目指し、Cs 脱着液の濃縮技術と、Cs 選択性捕捉剤の検討を行った成果を以下に示す。

逆浸透（RO）膜を用いて、Cs 濃度2.0g/L 程度の模擬溶液の濃縮及び NH₃と水の回収について検討した。RO 膜透過液の Cs 濃度は約1.7g/L となり、Cs の85%が透過し、RO 膜法による Cs の濃縮はできなかった。一方、ドライアイストラップを付けた減圧蒸留装置を用いて、Cs 濃度が約2.0g/L の模擬脱着液を処理したところ、Cs 濃度は7.2-9.9g/L となり、約5倍まで容易に濃縮出来た。Cs は、溶液中に濃縮され、蒸気成分に分配することは殆どなく、NH₃と水を回収できた。このことから、Cs 脱着液の濃縮においては、RO 膜法よりも蒸留法の方が好適な事がわかった。

吸着剤を用いた Cs の減容化についても検討した。

Na 型パーネサイトをカラムに充填し、2mM CsCl 900mL を流速50mL/h（空間速度：2/h）で通水したところ、カラム溶出液に Cs が検出されず、全ての Cs を吸着出来た。水洗後、負荷した Cs を1M NH₄Cl 溶液で溶出し、溶出曲線を得た。Cs 溶出画分を集めると、平均濃度が23mM となり、Cs を10倍以上に濃縮する事が出来た。

Cs 吸着に及ぼす夾雑イオンの影響をバッチ法で調べた結果、Na 型パーネサイト単独では、Na や K 等の夾雑イオンを含む溶液中から Cs を吸着除去することは困

難であった。

大量合成に好適な K 型バーネサイトを合成し、Cs の吸着性能を評価した。K 型バーネサイトは、広い pH 範囲で高い吸着容量 (>1mmol/g) を示し、Na 型に比べて酸性側での Cs 吸着性が高かった。

また、新たに開発したニオブ酸カルシウム型吸着剤 ($\text{HCa}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10} \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}$) の Cs 吸着性能評価を行ったところ、K 型バーネサイトと同様に、酸性側で Cs 吸着性が高くなることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 セシウム、吸着、脱着、減容化、マンガン酸化物

〔研究題目〕 鶏卵バイオリクター化を目指したニワトリ生殖巣キメラ率改善技術開発

〔研究代表者〕 大石 勲 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 大石 勲、吉井 京子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究ではニワトリ遺伝子組換えにより、鶏卵をバイオリクターとして活用し、抗体医薬等の有用蛋白質を安価に生産する要素技術開発を目指した。特に、本研究では組換え始原生殖細胞をレシピエント胚に移植する際に、レシピエントの内在性の始原生殖細胞を減少させることで、ヒヨコ生殖巣キメラ率を従来の10%程度から90%程度に大幅に向上した。また、成鳥精巣内キメラ率も50%以上に達した。一方、精液内細胞のキメラ率は0.1-0.5%に留まり、組換え後代もこれまでの所得られていない。鶏卵バイオリクター技術のボトルネックである低い生殖巣キメラ率を本研究によって大幅に改善することに成功し、組換え系統は得られていないものの、移植始原生殖細胞の分化不全の解決等次の課題も明確となった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ニワトリ、遺伝子組換え、始原生殖細胞、キメラ、細胞移植

〔研究題目〕 光分解性バイモダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用

〔研究代表者〕 Biju Vasudevan Pillai
(健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 Biju Vasudevan Pillai、
Edakkattuparambil Sidharthan Shibu、
杉野 紗貴子 (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、MRI における光分解性蛍光磁性バイモダルナノパーティクル (PUNPs) の潜在的用途を探ることと、*in vitro*、*in vivo* および光線力学的治療 (PDT) における蛍光画像を開発・評価することであ

る。

最初に、リンカー分子としてクマリン系化合物アリルエステルを、磁性部位としてガドリニウム錯体もしくは超常磁性の鉄酸化物ナノパーティクル (SPIONs) を、蛍光部位としてポルヒリン放出させた NIR、Au25量子クラスター (QCs)、あるいは CdSe/ZnS 量子ドット (QDs) を用いて PUNPs の精製を行った。あるいは2光子放射化することで、リガンドとナノパーティクルを連続的にフォトアンケージした。次に、有機分子、成長ホルモン、もしくは神経ペプチドを用いて、PUNPs をバイオコンジュゲートに変換した。そしてそれは、ヒトおよび動物細胞のラベリングとイメージングを連続的に行うことを可能にした。

最後に、バイオコンジュゲートした PUNPs をマウスの静脈に注入し、*in vivo* 分解でも同様に行った。パーティクルは初期段階では血液内を循環し、その後肝臓に蓄積され、48時間以内に尿を通して除去された。それは MRI と NIR 蛍光イメージング、尿サンプル分析が見られた結果と同じである。さらに、金 QCs とポルフィリンから構成されるナノパーティクルの PDT における潜在性を確認した。これは、生体細胞内外での一重項酸素の創製、検出、解析によって行われ、PDT における基礎となりうる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ナノテクノロジー、ナノパーティクル、バイモダリティ、*in vivo* 画像、細胞画像、光線力学的療法

〔研究題目〕 超高真空、低温チップ増強ラマン分光イメージング装置の開発

〔研究代表者〕 伊藤 民武 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 伊藤 民武 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

概要：

分子中の構造情報まで測定可能な唯一のナノイメージング手法であるチップ増強ラマン散乱イメージング (TERS イメージング) を安定に測定できる装置を目標とし、そのために超高真空、低温 TERS イメージング装置、探針、標準サンプルの開発を行う。従来の大気中 TERS 装置は、TERS 信号強度の安定性に欠け、材料研究などの評価ツールとしては基礎研究レベルにとどまる。本研究では探針の最適化手法を構築し、安定性、再現性の高い TERS 測定を実現に貢献する。

目標：

本開発では、電磁解析計算として FDTD 法を用い TERS 探針先端のプラズモン増強場の強度とスペクトルを明らかにすることを最終目標としている。FDTD 法ではマクスウェルの方程式を直接、空間・時間領域での差分方程式に展開して逐次計算をすることで任意の探針先端周囲の電場を決定できる。本実施期間では 0.5nm

程度の空間刻み条件で探針先端のプラズモン増強電場を現実的な計算時間で定量的に評価するために必要となるコンピューターの性能と計算ソフトウェアの調査・選定する。

電磁解析計算で取得された探針先端のプラズモン増強電場を評価するためには実験的にプラズモン増強電場を計測しなければならない。本実施期間では、新しい手法として弾性散乱スペクトルを利用する準備を行う。探針先端からの弾性散乱スペクトルを選択的に取得できれば探針先端のプラズモン共鳴の情報を簡便に得られる可能性がある。

進捗状況：

FDTD 法を用いた探針先端のプラズモン増強電場の評価について、市販のグラフィックボード増設した PC と市販の FDTD ソフトウェアを組み合わせ使用すれば実現可能となることを明らかにした。

探針先端のプラズモン共鳴について、既存の暗視野顕微鏡を用い企業から供給された探針先端からの弾性散乱スペクトル測定可能とする光学システムを構築した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 チップ増強ラマン散乱（チップ先端のラマン散乱増強で計測する手法）、プラズモン（伝導電子の集団振動）、グラフェン

【研究題目】 超高速リアルタイム PCR システムを用いた性感染症起炎菌の高速（即日）診断

【研究代表者】 永井 秀典（健康工学研究部門）

【研究担当者】 永井 秀典（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

超高速リアルタイム PCR システムを用いて multiplex DNA probe PCR 法による性感染症起炎菌を即日診断するツールの開発の可能性を検証する。本システムを用いた PCR 法は、クラミジアと淋菌あるいは両者の混合感染を識別する。各 PCR に要する時間は約10分であり、今回の目標値としては淋菌感染と診断された症例でも30分以内の診断を達成できることを目指す。

研究計画：

本研究では、青・緑・赤の3色の蛍光を同時計測可能な多色蛍光検出器を利用し、multiplex PCR 法を実行できる超高速リアルタイム PCR システムを開発した。3種類の標的 DNA に対する標識蛍光色素の異なる TaqMan プローブを使用することにより、リアルタイム PCR 法に基づきサーマルサイクリングの伸展により標的 DNA が増幅するにつれ増加するサイクル毎の蛍光強度変化を記録し、蛍光強度がある閾値を超えるサイクル数（Ct 値）を算出することで、初期の標的 DNA 量を定量することが可能である。DNA probe 法を併用することにより淋菌及びクラミジア、さらにコントロール

としてヒトβアクチンに特異的な遺伝子の同時検出について検討を行った。

年度進捗状況：

超高速リアルタイム PCR には、高速な DNA ポリメラーゼを利用する必要があり、それに合わせ溶液組成やアニーリング条件の最適化が必要であることから、クラミジア抽出 DNA および淋菌抽出 DNA をターゲットして DNA ポリメラーゼ濃度、アニーリング温度、リアルタイム PCR による定量性について検討した結果、45サイクルのサーマルサイクル時間は、9分40秒と目標の約10分以内であった。これにより同一試料からの多項目同時計測を達成した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 PCR、マイクロ流路、POCT、感染症

【研究題目】 エネルギー集中型マイクロ波照射装置による微粒子表面の局所加熱効果を用いた高効率顔料表面改質プロセスと機能性顔料の実用化開発

【研究代表者】 西岡 将輝（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】 宮沢 哲、西岡 将輝、宮川 正人、千葉 怜美衣（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

インクジェットやカラーフィルターに用いられる顔料は、顔料そのものが持つ発色性に加え、微粒子である顔料の分散性も顔料性能に大きな影響を与える。そこで本研究では、発色性を損なわない表面改質処理プロセスを新しく開発することを目的とする。すなわち従来湿式法（バッチ型・外部加熱）に代わり、顔料原体表面近傍を選択的に加熱し反応場を局在化することで、不要な場所での反応を最小限に抑えることで、少量の添加剤使用で膜厚の均一性を保てることが可能な表面改質プロセスの実現を目指す。反応場の局在化にはマイクロ波による非接触・選択的加熱を用いる。

平成25年度は既存のエネルギー集中型流通型反応器マイクロ波反応装置をもとに、10L/day の顔料分散溶液を表面処理できるマイクロ波表面改質反応装置を完成させた。この装置は、複数のマイクロ波リアクターモジュールを並列・直列に接続できる構成となっており、逐次的な表面処理反応にも対応可能である。また、マイクロ波反射波から反応器内の状態（温度、気泡の発生、反応管の汚れの付着）をリアルタイムに監視することができる。本表面改質反応装置を用い、複数種類の顔料に表面改質剤導入処理を実施し、導入効率について評価を開始した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 顔料、表面処理、マイクロ波

【研究題目】 希釈溶剤代替として高圧 CO₂を用いた低環境負荷型建設機械塗装技術の実証研

究

〔研究代表者〕 川崎 慎一郎（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 川崎 慎一郎、弦巻 武久
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、建設機械向けに CO₂塗装技術を適用することを目標として、産総研は操作条件の検討、微粒化及び成膜メカニズムの解明を研究課題とし、日立建機は大流量噴霧が可能な実証試験装置を製作し、その装置を用いた噴霧試験を研究課題としている。建設機械塗装は、2液硬化型塗料を用いた10～15MPaの条件から噴霧する圧力噴霧塗装（エアレス塗装）である。希釈溶剤を高压 CO₂に代替することで VOC を削減し、塗膜乾燥のエネルギーを低減できる。また、被塗装物が大きく、ロボット塗装が適用できないため、塗装ブースに作業員が入って塗装を行っている。よって、希釈溶剤を CO₂に代替ができれば作業環境も大幅に改善できる。

現在までの検討により、希釈溶剤半減の状態で良好な成膜性能を得る操作条件を把握した。今回用いている塗料は、CO₂を添加して粘度を低下させ、スプレーを行う際、微粒化させ過ぎると、真溶剤中の溶剤成分も揮発することが分かり、塗着時の粘度が上昇してレベリングが悪化して塗膜性能が悪くなる。従って、あえてノズル穴径を少し大きめにして微粒化抑制を行うことで、良質な塗膜を得ることができることが分かった。

今後、微粒化解析と併せて塗着粘度の計測を検討し、良好な成膜を得るためのメカニズムを検討する計画である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 低環境負荷、製造技術、VOC 削減、省エネ

〔研究題目〕 反応性イオン液体の CO₂吸収機構解明

〔研究代表者〕 金久保 光央（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 金久保 光央、牧野 貴至、
新妻 依利子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

膜分離法は、体積効率の高い省エネルギー技術であり、種々の条件の CO₂発生源を対象として、脱炭酸を実現可能な技術である。本研究開発では、室温から高温、常圧から高压（～3 MPa）、低湿度から高湿度までの全ての性状ガスに対応できる、イオン液体を利用した CO₂選択透過膜を創製する。そのためには、分離膜の設計にあたり、イオン液体の CO₂吸収量や輸送特性、及び水蒸気の影響等を明らかとし、熱力学的な見地から CO₂吸収メカニズムを考察することが不可欠である。

平成25年度は、各種アミノ酸イオン液体の基礎物性および CO₂吸収量を測定し、分子構造が各物性に及ぼす

影響を明らかにした。CO₂はアニオンと化学反応し、カチオンの関与は小さいことを分光分析により見いだした。また、平衡関係に基づく熱力学的解析から、アミノ酸イオン液体に化学的および物理的に吸収された CO₂の割合を明らかにし、高 CO₂分圧域におけるイオン液体の分子設計指針を得た。さらに、各イオン液体の CO₂吸収前後の自己拡散係数を測定し、カチオンならびにアニオンともに CO₂吸収により拡散係数が減少することを示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 分離膜、二酸化炭素、イオン液体、省エネルギー

〔研究題目〕 木質バイオマスの全炭素成分有効利用を目指した触媒化学変換技術の開拓

〔研究代表者〕 山口 有朋（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 山口 有朋（常勤職員1名）

〔研究内容〕

二酸化炭素排出量削減や、化石燃料資源の枯渇・価格の高騰に対応する脱化石燃料社会の実現のために、再生可能資源から有用物質の製造が世界的に求められている。特にバイオマスは炭素資源であり、現在石油から作られているプラスチックの代替化学品を製造可能なことからバイオマスの利活用技術の開発が求められている。本研究では、木質系バイオマスを反応物として利用し、セルロース・ヘミセルロース・リグニンのすべての炭素成分からそれぞれプラスチックや医薬品の原料を製造する触媒化学変換技術を確立する。

木質バイオマスは、主にセルロース、ヘミセルロース、リグニンで構成されている。本研究ではそれらの成分を分離する前処理過程を省き、木質バイオマスを反応物として反応条件を変えて化学変換を行い、すべての炭素成分を有用物質に変換する。本研究により開発される技術により、木質バイオマスの全炭素成分をバイオプラスチック原料へと変換可能になり、二酸化炭素資源化に貢献可能である。

木質バイオマスの全炭素成分有効利用を実現するために、木質バイオマスに含まれるセルロース・ヘミセルロースを有用化学物質に変換する反応を行った。木粉を反応物として、水素化分解反応による糖アルコールへの効率的な変換反応に成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 木質バイオマス利用、担持金属触媒、高温水反応場

〔研究題目〕 セルラーゼとリジン脱炭酸酵素の高機能化・低コスト化技術開発（Ⅰ）—解析と改良

〔研究代表者〕 石川 一彦（バイオマスリファイナー

研究センター)

【研究担当者】石川 一彦、片岡 未有
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

この研究は、低炭素社会実現に貢献するバイオポリマー原料であるモノマー（ジアミン）を非可食性バイオマスから低コストかつ省エネルギーで製造するための革新的製造プロセス開発を目的とした酵素の研究開発である。産総研では、本工程に必須の耐熱性セルラーゼ（5種類）の開発を行った。5種類のうち2種類は好熱菌ゲノムより見出し、タンパク質工学的的手法で改変した後、大腸菌により大量発現生産することに成功した。さらに、糸状菌においても特殊な形態で発現生産可能であることが分かった。また、その他2種類の酵素遺伝子を糸状菌からクローニングし、その構造情報を用いてタンパク質工学的に改良することで目的温度域での利用の可能な新規酵素の構築に成功した。また、ポリマー原料であるジアミン生産に関わるアミノ酸関連酵素の耐熱化と実用化を目指した酵素開発研究を行った。好熱菌ゲノム情報から本酵素遺伝子を見出し、その遺伝子クローニングおよびコドン最適化することで大腸菌による大量発現生産に成功し、得られた酵素タンパク質の機能解析を行い70℃での安定性および酵素活性を確認した。しかし、実用化において比活性が低いことが分かり、本酵素の基礎的データの収集を行うとともに、タンパク質工学的的手法による酵素改良実験に必須である酵素の結晶構造解析を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】糖化酵素、耐熱性酵素、結晶構造解析

【研究題目】高感度 in situ 蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニックディッシュの作製

【研究代表者】田和 圭子（健康工学研究部門）

【研究担当者】田和 圭子、清末 和之、細川 千絵、
笹川 知里（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

これまでに、細胞培養ガラスベースディッシュの代わりに、プラズモニックチップ上で神経細胞を長期培養することに成功し、蛍光顕微鏡下で明るい細胞の蛍光像を撮影することができた。本研究では、①汎用的に使える細胞培養プラズモニックディッシュを作製し、ディッシュで培養された細胞を明るく高 S/N で蛍光観察できること、②プラズモニックディッシュで免疫染色することなく培養細胞を in situ に蛍光観察できる系を確立することを研究課題としている。

今年度は、作製したプラズモニックディッシュ上で蛍光性タンパク質を発現させた細胞の培養を行い、生きた状態での細胞観察を行った。培養細胞の細胞膜上に SNAP-tag タンパク質を現させた細胞をプラズモニック

ディッシュ上で培養し、生きたまま可視化可能な標本系として蛍光像を観察することができた。正立落射蛍光像でガラスベースディッシュ上よりも10倍明るい像を得ることができた。また、作製プラズモニックディッシュ上で神経細胞を培養し、正立透過蛍光像をとると、ガラスベースディッシュよりも空間分解能の高い像を得ることもできた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞培養ディッシュ、神経細胞、プラズモニックチップ、周期構造、蛍光顕微鏡、高感度イメージング

【研究題目】データセンター用光ネットワーク技術の開発

【研究代表者】並木 周（ネットワークフォトンクス研究センター）

【研究担当者】河島 整、鋤塚 治彦、森 雅彦、
堀川 剛、土田 英実、山本 宗継、
工藤 知宏、高野 了成、亀井 利浩、
昌原 明植（常勤職員11名）

【研究内容】

ビッグデータ処理に対する需要から、近い将来、データセンターはスーパーコンピュータに匹敵する演算能力を持つことが求められるようになって考えられている。一方、スーパーコンピュータのノード当たりの演算能力は飽和しつつあり、今後、演算能力がこれまでと同様に伸びるためには、ノード間のネットワーク帯域を大きく拡大させる必要があることが認知されるようになった。そのためのフイージビリティスタディとして、本研究では、次世代のデータセンターに、光通信の幹線で用いられる波長多重（WDM）方式を導入することでネットワーク帯域をどの程度増やすことが可能であるかを検討した。このために、波長バンクと呼ばれる新規の多波長供給方式を考案し、その得失を検討した。演算コアについても帯域を大きくするために、メモリーへのダイレクトアクセスを行う新しいアーキテクチャを考案した。公衆網に比べてデータセンターはコストに厳しいため、化合物半導体や石英平面光回路に比べて、より量産性の高い WDM 部品が必要であり、シリコンフォトンクスを利用して集積度を高める必要があることが判った。本研究では、今年度、チューナブルフィルタ試作に向けてレチクルの設計を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】データセンター、光ネットワーク、光インタコネクト、コンピュータ

【研究題目】メタデータの付与とヒト遺伝子関連オンロジー構築

【研究代表者】今西 規（創薬分子プロファイリング研究センター）

〔研究担当者〕 今西 規、村上 勝彦
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

公的研究機関から公開されている既存のデータベースの中にはデータを統合すれば利用価値が高まるものが多いが、実際にはまだあまり統合化が進められていない。本研究の目的は、データベース統合化に必要な技術開発を通じて統合データベースのコンテンツを増やすことにより、統合データベースの価値を高めることである。今年度はデータベースアーカイブ化および遺伝子データのオントロジー構築の2点について研究を行った。

データベースアーカイブ化については、KNAPsAcK-Family の DietDish (食物間の食べ合わせ DB)、FoodProcessor (加工食品 DB)、MetaboliteActivity、およびかずさ DNA 研の Metabolonote (かずさ DNA 研) の合計4つのデータベースについて、データを統合しやすい形式 (CSV や RDF) に変換し、新たなメタデータを付与して、NBDC への引き渡しを完了した。以上は NBDC アーカイブサイトから公開される予定である。

遺伝子データのオントロジー構築については、H-InvDB (ヒト遺伝子データベース) の数百あるデータ要素の中から、選択的スプライシングのタイプ、多型情報など、特異な表現を持つデータ要素を選別してオントロジーを構築した。これにより、例えばカセットエクソンをもつ遺伝子群の検索や、FALDO オントロジーを使った特定領域 (コーディング領域など) に SNP をもつ遺伝子群の検索などが行えるようになった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 データベース統合、ヒト遺伝子、RDF、セマンティック Web、オントロジー、メタボロミクス、食物、加工食品

〔研究題目〕 再生医療のための細胞システム制御遺伝子発現リソースの構築

〔研究代表者〕 五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 五島 直樹、鍵和田 晴美、
福田 枝里子、高坂 美恵子、
久保 葉子、東 久美子
(常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

再生医療における iPS 細胞の誘導、分化誘導、体細胞のダイレクトリプログラミング等では、遺伝子導入による細胞システム制御技術が極めて重要である。

我々は、再生医療研究の加速を進めるために、細胞の初期化や分化等に関わる時空間特異的な cDNA (スプライシングバリエーションも含む) を重点的に取得する。そして、再生医療実現拠点との連携を密に取り、細胞システム制御遺伝子発現クローンを整備し、供給体制を整え

る。

また、再生医療技術の知識基盤として重要な、細胞初期化メカニズムや分化誘導メカニズムの解明のために、注目すべき細胞システム制御遺伝子の機能的プロテオミクス解析を独自のプロテインアレイを駆使して実施する。

① 初期化、分化誘導遺伝子の情報収集

再生医療実施拠点との情報交換を行う目的で、下記3件の研究課題との共同研究契約を締結し、連携内容に関する打合せを開始した。

i) iPS 細胞研究中核拠点：京大 CiRA：山中伸弥教授／升井伸治講師

ii) 疾患・組織別実用化研究拠点 A：慶応大：岡野栄之教授

iii) 技術開発個別課題：京大 CiRA：長船健二准教授

② 細胞システム制御遺伝子発現クローンの作製

2つの連携先から合わせて41クローンのリクエストを受け、その内1クローンについては全長シーケンス解析まで終え、クローン供給を完了した。残り40クローンについては引き続き作製を進める。

③ 細胞システム制御遺伝子発現クローンのデータベース作成

既取得のヒト遺伝子クローンと本プロジェクトで取得した細胞システム制御遺伝子クローンの種々の情報を格納し、検索、表示が可能なデータベースとして HGPDRM (Human Gene and Protein Database for Regenerative Medicine) の基本構造を構築した。データベースは随時連携先に公開し、利用可能クローンのアップデートな情報を提供することを可能とする。HGPDRM を元にして各再生医療実現拠点との連携を密に行い、必要なクローンの取得状況、クローン作製のリクエスト、取得予定等、情報交換可能な仕組み作りが基本的に可能となった。

④ プロテインアレイによる機能的プロテオミクス解析

高密度なプロテイン・アクティブアレイの作製を可能にするため、ピンツール自動分注機 (H24年度補正予算) の購入・立ち上げ作業を行った。アレイ作製に適したピンの検討を行った結果、先端部直径0.457 mm でスロットタイプ (溝の容量10nL) のピンが最適であった。このピンを用いて、1536~6144スポット/基板の密度でアレイ作製を行うことに成功した。ピン方式であるため現時点ではランダムにスポットの抜けが生じやすく (30-40スポット/6144スポット)、スポット抜け無くアレイ作製することを次年度以降の課題とする。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療、細胞システム制御遺伝子、初期化、分化誘導、iPS 細胞、免疫モニタリング

〔研究題目〕 生体防御系を利用した疾患診断の基盤技

術開発

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】福田 枝里子、小野 智央、塩谷 美夏（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本開発では生体防御系である血液中の抗体をプロファイリングし、疾患診断に結び付けることを目的とし、その基盤技術開発を行う。これまでに開発してきた未変性タンパク質のプロテインアレイは血清中の自己抗体の検出は技術的に可能であったが、アレイ基板1枚に対して384種類の抗原タンパク質しか搭載することしかできず、網羅的な自己抗体検出は極めて困難であった。また、多検体の血清サンプルを解析して疾患との関連性を調べるためには労力とコストが大幅にかかっていた。本プロジェクトでは、これまでに開発したプロテインアレイ技術をベースとし、多検体を低コストで網羅的に自己抗体測定を可能とする実践的プロテインアレイシステムの作製技術の開発を行い、網羅的自己抗体検出システムを利用した総合的疾患診断システムの構築を行う。また、多数の血清を基板にスポットし、抗原をプローブとして横断的に自己抗体を検出するシステムの開発を目指す。これらの自己抗体解析システムを使用して、今後の自己抗体による診断システムの基礎となる健康人（各年齢別、男女別）および各種疾患患者の自己抗体プロファイリングデータを取得する。さらに自己抗体形成に大きく関与する HLA データを取得し、疾患と自己抗体の関連解析を行うための基盤データを構築する。本システムと基盤データをもとに総合的診断、早期診断、免疫治療の評価を可能にする。

本開発では、ヒトタンパク質16000種類以上を抗原タンパク質としてアレイに搭載することを目指し、1536ピンヘッドを既存の分注機に装着し、タンパク質合成時の未変性状態で基板に結合させるオリジナル技術を開発する。未変性タンパク質をアレイ化することで立体構想認識抗体の検出も可能になる。本アレイを使用して、自己免疫疾患として知られている炎症性腸疾患（クローン病、潰瘍性大腸炎など）の患者血清70名分の自己抗体プロファイリングデータを取得する。その結果、以下の成果を上げた。

1) 高密度プロテインアレイの開発

1536ピンを使用してオイルタンパク質溶液からなる W/O 液滴の形成によってタンパク質を未変性状態で高密度にアレイ化する技術開発のため、ピンの仕様の検討を行った。SBS 規格プレートの GSH 修飾-aC 基板に約6144タンパク質/SBS 規格プレートの密度でスポットが可能でピン仕様を決定した。

2) 高密度プロテインアレイの作製

新規アレイ作製プロトコルを作成し、75セットのプロテインアレイを作製し、北里大学で採集した炎症性

腸疾患患者の血清中の自己抗体プロファイリングに使用した。

3) 健康人および疾患の血清サンプルおよび LA タイピング用 DNA の採集のための医師との連携

千葉大学医学部の羽田明教授に、10代以下の男女20名、10代前半の男女10名、10代後半の男女10名、20代前半の男女10名、川崎病患者70名の血清および DNA サンプルの収集を依頼し、採集を完了した（合計120人分のサンプル）。

4) 血清サンプルの HLA タイピングのための連携

上記の3) で取得した DNA サンプル（120人分）を用いて HLA タイピングを DNA シーケンスレベルで測定業務を国立遺伝研・井ノ上逸朗逸朗教授に依頼し、解析を完了した。

5) 炎症性腸疾患（潰瘍性大腸炎、クローン病患者等）血清の自己抗体プロファイリング

従来のプロテインアレイで絞り込んだ抗原タンパク質および DNA チップで絞り込んだタンパク質を中密度プロテインアレイ（384スポット）に搭載し、71例の炎症性腸疾患血清および10名の健康者血清（ミクスチャー）のサンプルに対して自己抗体プロファイリングを実施した。測定データは参画機関のダイナコムによって統計解析を行った。

以下の多変量解析（Logistic LASSO）を行った。

- ・クローン病（active）、潰瘍性大腸炎（active）とそれら以外の腸炎の判別
- ・クローン病（active）と潰瘍性大腸炎（active）の判別
- ・クローン病（active）とクローン病（remission）の判別
- ・潰瘍性大腸炎（active）と潰瘍性大腸炎（remission）の判別

解析の結果、上記1)～4) 全てで70～90%程度の確度で判別可能であるという結果を得た。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】自己抗体、プロテインアレイ、免疫モニタリング、抗体プロファイリング、炎症性腸疾患、クローン病、潰瘍性大腸炎

【研究題目】分散 Structure-from-Motion 法を用いた自由視点画像合成 Web サービスの実用化

【研究代表者】山崎 俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山崎 俊太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、大規模な分散メモリ計算環境を利用して自由視点画像合成 Web サービスの実用化を目指して、未校正の画像集合から計測対象の3次元構造を復元する Structure From Motion 法を並列化するソフトウェア、および復元された3次元モデルを用いて Web ブラウザ上で

自由視点画像合成を行うシステムを開発した。GPGPUを用いた画像特徴量抽出、特徴量の相関計算、確率伝搬法を用いた並列 Bundle Adjustment 法による高速化を行い、従来システムと比較して100倍以上の高速化を実現した。画像撮影から画像合成までの一連の処理を自動化したプロトタイプシステムを PC クラスタ上で稼働し、iPhone5で撮影した1000画像を用いた3次元復元と Safari ブラウザ上で自由視点画像合成を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】Structure-from-Motion、Web サービス

【研究題目】効果の高いチャイルドシート着用推進コンテンツ「本当に子どもを愛するのなら」の作成・効果評価・社会周知

【研究代表者】北村 光司（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】北村 光司、大野 美喜子、西田 佳史、山中 龍宏（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

交通事故が発生した場合に、チャイルドシートは子どもの命を守るのに重要であるが、使用率は約6割と低いのが現状である。本研究では、この使用率を高めるための教育プログラムを開発し、それを普及させることを目的としている。平成25年度は、保護者の行動・意識の実態調査、子どもの行動観察、教育コンテンツの開発を行った。

行動・意識の実態調査については、週に1回以上、子どもを車に乗せることのある保護者1008名を対象に Web アンケートを実施した。その結果から、約40%の子どもは嫌がること、約30%の保護者は子どもが嫌がるとチャイルドシートから降ろすこと、自動車の衝突実験の映像は重傷度の認知の向上に効果があること、チャイルドシートを使うことが難しい状況のうち、他人（友人、両親、義理の両親）が関わると、その難しさを乗り越えて使用することが難しいことが分かった。チャイルドシートを着用する頻度が半分以下になる割合は、年齢が上がるごとに増加するが、特に4歳で顕著に増加することが分かり、介入対象であることが分かった。子どもの行動観察研究では、小型カメラを自動車に設置し、子どもがチャイルドシートの使用を嫌がる姿の撮影に成功した。また、チャイルドシートを使用している、子どもが嫌がって激しく動いた際に、肩ベルトから片腕が外れていても、保護者は子どもをあやすだけで、ベルトを着け直すといった行動が見られない、という実態も分かった。

これらの調査から分かったことをもとに、教育コンテンツ用の基礎となるアニメーションを開発した。2年目では、教育コンテンツの有用性の評価・改善を行い、普及のためのキャンペーンを実施する予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】啓発支援技術、教育支援、傷害予防、意

識変容、行動変容

【研究題目】高運動機能性製品設計のための高分解能4次元計測技術の研究

【研究代表者】山崎 俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山崎 俊太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、高速度3次元スキャナを開発し、計測対象の全周から、同時に、高いフレームレートで、高精度の距離画像を取得する方法を提案した。構造化光投影とステレオ復元を併用した3次元復元によって、モーションキャプチャと同程度のフレームレートと、静止物体の3次元計測と同程度の計測精度を実現した。また、計測によって得られた距離画像の時系列に人体モデルを当てはめ、人間の皮膚の伸縮や皮下組織の移動、着装品の変形をモデル化する方法を研究した。

計画の全体を3つのステップに分け、段階的に遂行した。第1に、高輝度と高フレームレートを同時に実現する新しい DLP プロジェクタを開発した。第2に、開発したプロジェクタと2台の高速度カメラを同期し、高フレームレート・時間コード化光投影・ステレオ3次元スキャナを構築した。第3に、計測できなかった領域の補完と、人体上の解剖学的特徴点の自動抽出を同時に行う手法を開発した。

研究期間を通じて、人体運動を計測する技術とモデル化する技術を研究した。今後は、複数の被験者実験を行い、統計的な手法によって人間工学的な知見を取得する研究に取り組む予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高速度3次元計測、構造化光投影、人体形状モデル

【研究題目】実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究

【研究代表者】加賀美 聡（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】加賀美 聡、松井 俊浩、西脇 光一、Simon Thompson、石綿 陽一、梶田 秀司、金広 文男、安藤 慶昭、尹 祐根、佐々木 洋子（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

ロボットなど多様な環境で運用される組み込みシステムにとって、想定外の使われ方をした場合や、さまざま機能を組み合わせたサービスを行った場合などに発生する仕様外のエラーは避けられない。また使っているうちに仕様が変わってきたり、ハードウェアやソフトウェアのバージョンが改変されることによりエラーが発生する可能性がある。そこでこのようなエラー時にもクリティカ

ルな事故を起こさないで、システムのダウンを最小限にし、発生した事故の原因を後から明らかにすると共に、効率的に PDCA のサイクルをまわすという、ディペンダビリティ向上の仕組みが重要となってくる。

本研究では、a) ～ c) の3つのディペンダブル機能を提供する OS を実現することを目的とする。a) カーネルおよびアプリケーションの異常をリアルタイムで検出し、分散ネットワークによりその異常をリアルタイムに伝達する機能、b) システムを安全に停止させる非常機能を保護する機能、c) カーネル、アプリケーション、デバイスドライバの何が悪かったかがログギングにより事後に解析可能な機能。

この目的を実現するために Linux に、1) 実時間、2) AMP 機能を実現し、3) カーネルとユーザー空間アプリケーションの監視、非常機能の保護、およびログギング、に関わるコードを AMP 機能を利用して独立に実時間で実行する機能を開発した。

開発した ART-Linux はユーザー空間から実時間タスクを実行するシステムコールを提供する OS であり、複数のコアを非実時間 SMP-Linux と実時間 ART-Linux の組み合わせにより用いることで、ディペンダブルなシステムが構成可能な設計となっている。H25年度は、昨年度に Sourceforge より公開した OS のサポートと機能拡張、Linux のバージョンアップへの追従作業を行った。

開発したOSをヒューマノイドロボットHRP2, HRP3, HRP4や移動ロボット Pen2, Segway RMPなどで利用し、つくばチャレンジ等において実証実験を行った。また開発したOSを搭載した組み込み用ボードが GRX から販売された。Shaft社は開発したOSを搭載したヒューマノイドロボットS1で災害ロボットの競技会の試技会に参加し、1位の成績を収めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、ディペンダビリティ、実時間OS、ヒューマノイド、サービスロボット

【研究題目】外傷記録評価システムおよび ISS 版総合安全学習プログラムの実装

【研究代表者】西田 佳史 (デジタルヒューマン工学研究センター)

【研究担当者】山中 龍宏、西田 佳史、本村 陽一、北村 光司、大野 美喜子、高野 太刀雄 (常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

本課題の目的は、地域安全の世界基準であるセーフコミュニティ、学校安全の世界基準であるセーフスクールの認証に必要な「根拠に基づいたプログラム」、「事故・暴力等による外傷の発生頻度とその原因を記録するプログラム」および「プログラム、そのプロセス、変化による影響を評価する基準または方法」SC 版総合安全学

習プログラム「安全意識評価システム」「傷害記録評価システム」「総合安全学習プログラム」の社会実装技術を進めることにある。この中で、産総研は、「傷害記録評価システム」「総合安全学習プログラム」の開発と社会実装を担当する。具体的には、以下を実施する。

1. 小中学校の校内における外傷に関するデータ (負傷者の属性や事故の種類、発生場所等) を簡単に入力して記録し、図面上に各種データを重ね合わせて表示できるソフトウェアを作成し、事故の要因を分析・評価できる簡易なシステムを開発し、モデル校において検証する。
2. 小中学校およびその通学路における「子どもの犯罪からの安全」を起点にしながらも、交通安全や損傷事故予防などの他の安全分野を包括し、パッケージ化された小中学校における総合的な安全学習プログラムを開発し、モデル校において検証を行う。

傷害記録評価システムに関して、以下を行った。モデル校である神奈川県厚木市立清水小学校において、現在使用している外傷記録用紙を用いて収集されたデータを分析し、小学校等で行う予防活動のための教育コンテンツ (校舎・遊具の事故) を作成した。昨年発生した自転車の加害事故に対応した教育コンテンツのニーズが高まったことから、そのための教育コンテンツを作成した。清水小学校と協力し、作成した事故予防コンテンツに関して、朝会を活用し全校生徒に対するレクチャーを行い、意識変容効果調査を行った。防活動・安全学習のための項目が入力できる外傷データ記録ソフトウェア (GIS 機能を有する) を試作した。外傷データ記録ソフトウェアの導入には至っていないが、紙版の記録票に関しては、長崎県大村市立三城小学校への導入を行い2013年12月～2014年1月までに140件のデータ収集を行った。今後、導入意志のある学校に協力することで記録票やソフトウェアの検証を進める計画である。日本スポーツ振興センターと協力し、厚木市の小学校の事故データ (2009年～2012年の災害給付・事故データ (3854件)) を入手し、特定の学校の事故の経年変化や他校との傾向の比較などが可能であることを検証した。

総合安全学習プログラムに関しては、以下を行った。大阪教育大学と産業技術総合研究所が協力し、小学校の5・6年を対象とした科学的根拠に基づく安全学習プログラムの作成を行った。5-6年生の保健体育の時間の4コマを想定したプログラムであり、以下の内容から構成されるものである。①45分 学校の校舎内の危険のレクチャー、②45分 学校の校庭の危険のレクチャー、③45分 学校の校舎内・校庭の危険に関するグループワーク、④45分 児童による安全アクションプランの発表会さらに、そのための指導案 (教育観、児童観、指導観、指導計画) を作成した。東京都台東区立金竜小学校にて、3年生、6年生を対象に開発した安全教育プログラムを活用した授業を行うことで開発プログラムの検証を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】デジタルヒューマン、傷害データベース、統計数理、データマイニング、虐待対策、傷害予防、傷害サーベイランス技術、意識変容、行動変容

【研究題目】単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発

【研究代表者】加藤 一実
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】加藤 一実、安井 久一、木村 辰雄、増田 佳丈、三村 憲一、馬 強、瀧川 玲子 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

本研究の目的は、誘電体セラミックナノ粒子を低温で結晶形態制御して単結晶ナノキューブ化する技術、誘電体単結晶ナノキューブを様々な基板上において配置・配列・接合・界面制御する技術を確認し、単結晶ナノキューブが大面積に密に詰まり結合することによって形成される極薄の誘電体単結晶超薄膜や、多種類の誘電体ナノキューブが任意に配列した超格子構造の薄膜を形成する技術を開発にすることにより、スーパーキャパシタを実現することにある。また、開発技術はセラミックス部材の製造に関する分野横断的な基礎・基盤技術の確立に繋がり、蓄電デバイスなどのエネルギー関連未来型デバイスの開発を加速することが可能になる。

平成25年度は、前年度までに得られた知見を基に、誘電体単結晶ナノキューブの合成方法および配列制御方法を高度化し、一辺15nm サイズのチタン酸バリウム単結晶ナノキューブが精緻かつ緻密に配列した精密マイクロ構造において、上部および下部電極を配置した金属-絶縁体-金属 (MIM) 微小キャパシタ構造を形成し、その誘電特性を評価した。その結果、単結晶ナノキューブからなる精密マイクロ構造体は、バルク単結晶よりも高い誘電率と比較的低い誘電損失を示すことを明らかにした。これらの結果は、単結晶ナノキューブを構成単位とした新たなナノ構造セラミックスの部材化のための先行的な基礎的知見であり、関連基盤技術の強化に資する。また、外部共同研究者との連携により、単結晶ナノキューブの局所結晶構造解析、LB 法によるモノレイヤー形成、誘電体以外のエネルギー関連材料への適用可能性、他材料との複合化に関する検討を継続し、初期的な知見を蓄積した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】単結晶ナノキューブ、ナノクリスタル、ボトムアップ製造技術、誘電体、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム、誘電デバイス、スーパーキャパシタ、蓄電デバイス

【研究題目】低酸素濃度を計測する半導体式酸素センサシステムの開発

【研究代表者】伊藤 敏雄
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】伊藤 敏雄、申 ウソク、伊豆 典哉、赤松 貴文 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

低濃度からの酸素濃度を高分解能・高速応答で計測可能な酸素濃度計を安価で提供できれば、高純度工業ガスの製造・出荷・輸送、工業ガスを用いる製造ライン等の分野における品質管理及び品質保証の為に酸素濃度の常時モニタリングが可能となり、環境面・経済面に大きな効果をもたらすことが期待出来る。

本課題では、酸化セリウムによる半導体式酸素センサによる低酸素濃度計システムの実現に向け、ガスセンサ技術課題である干渉ガスによる影響の低減により酸素濃度計測の精度を向上させると共に、実用化に向けた簡便な駆動回路での制御を可能にするセンサ素子の低抵抗化とモジュール化の最適化を行う。

ガスセンサ厚膜の構造の最適化および材料の多様化により、干渉ガスが与える影響の低減を可能とし、酸素濃度計測の精度が向上した。櫛型電極を微細化することによって、簡便な駆動回路での制御が可能なレベルまでセンサ素子の抵抗の低減を達成した。酸素濃度切り替え時のガスセンサの応答速度に対して、センサモジュール体積溜りのガス置換不良による応答速度の低下が見られたため、電極及びヒータデザインの最適化とセンサ基板のヒータが与えるセンサモジュール部材への熱伝達の影響を考慮してセンサモジュールの小型化を図ることで体積溜りを縮小した小型センサモジュールを試作した。模擬的な実環境下における低酸素濃度下での評価を実施し、低酸素濃度計センサシステムの設計に向けた基礎データを取得した。

今後、試作システムの試作と評価、及び工業ガス製造ラインでの実環境試験を行い、実用化を目指す。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ガスセンサ

3) その他の外部資金

〔研究題目〕グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

〔研究代表者〕横山 直樹

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕横山 直樹、金山 敏彦、新谷 俊通、手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、臼田 宏治、小池 正浩、上牟田 雄一、小野 瑞城、鎌田 善己、守山 佳彦、池田 圭司、Jevasuwan Wipakorn、三枝 栄子、太田 裕之、田邊 顕人、右田 真司、森田 行則、水林 亘、宮田 典幸、森 貴洋、多田 哲也、前田 辰郎、小倉 睦郎、福田 浩一、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、柳 永勲、大内 真一、畠 賢治、二葉 ドン、桜井 俊介、小橋 和文、Li Shisheng、佐藤 信太郎、原田 直樹、近藤 大雄、佐藤 元伸、伊藤 正勝、林 賢二郎、山口 淳一、山田 綾香、中払 周、中野 美尚、二瓶 瑞久、川端 章夫、富永 淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter、小高 貴浩、添谷 進(常勤職員54名)

〔研究内容〕

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を1/10-1/100とするためのコア技術を開発するため、下記三つのサブテーマの研究開発を実施し、本研究課題の目標を達成した。

- ① 低電圧動作 CMOS : InGaAs-nMOSFET と Ge-pMOSFET において、0.4 V 未満動作で、45 nm 世代の Si MOSFET と同等の真性遅延時間を持たせるための移動度と SS 値を両立して得ることに成功した。SiGe-OI と InGaAs-OI トランジスタによるインバーター動作を、電源電圧0.2 V まで確認した。Si 系としては世界最高のオン電流と、世界最高のオン電流/オフ電流比を持つ TFET の開発に成功、デバイスシミュレーションにより、さらなる EOT の低減により、0.2 V 未満動作が可能であることを示した。
- ② ナノカーボン材料の開発と応用 : 多層グラフェン層に異種分子をドーピングする技術を開発し、8 nm 線幅のグラフェン配線において、微細 Cu 配線よりも低い抵抗率 (3.2 $\square\text{cm}$) を得ることに成功した。CNT ピアとグラフェン配線の接続部を選択的に電子線照射することにより、低抵抗3次元配線を実現した。2層グラフェンに対し分子ドーピングによりバンドギャップが形成できることを確認、移動度として2500 cm^2/Vs と良好な値が得られた。CNT を TIM として実装実験を行い、In を TIM 材料とする従来法と比べ

て、熱抵抗を49.6%低減できることがわかった。

- ③ バックエンドデバイス : SnTe/Sb₂Te₃超格子相変化材料の積層サイクル数を低減することにより、消費電力を1/10000に削減することができた。窒素をドーピングした GeTe/Sb₂Te₃超格子において、消費電力が1/100で、セット化温度が従来の合金材料よりも40°C程度高くなることがわかった。GeTe/Sb₂Te₃超格子において、GeTe 層の厚みを最適化することにより、ディラック半金属になり、巨大磁気抵抗が発生することがわかった。SET 状態では、空間反転対称性が失われているため、磁気メモリ効果も発現することがわかった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕CMOS、ナノカーボン、バックエンドデバイス、TFET、CNT (カーボンナノチューブ)、グラフェン、TIM、相変化、巨大磁気抵抗、磁気メモリ

〔研究題目〕フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

〔研究代表者〕森 雅彦、堀川 剛

(電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕青柳 昌宏、榊原 陽一、岡野 誠、古屋 克己、亀井 利浩、吉田 知也、前神 有里子、鈴木 基史、高橋 正志、平山 直紀、埜口 良二、武井 亮平、眞子 祥子、面田 恵美子、佐野 作、越野 圭二、大塚 実、関 三好、横山 信幸、山岸 雅司、Bui Tung、山口 英一、鈴木 政雄(常勤職員10名、他15名)

〔研究内容〕

将来の情報通信機器の高性能化、小型化、省電力化、低コスト化に資することを旨とし、CMOS プロセス技術を基にしたシリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術を構築するとともに、電子回路等の他のデバイス上に3次元光回路作成が可能な、水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 光回路の基盤技術を開発する。具体的には、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携し、つくば西事業所スーパークリーンルーム産官学連携棟 (SCR 棟) の CMOS 技術を用い、単一シリコン基板上に、マルチチャンネルアレイレーザーダイオード、シリコン光変調器、ゲルマニウム受光器、シリコン細線光導波路を集積した、光電子融合システムを作製し、光インターコネクタ動作を実現する。また、積層型アモルファスシリコン3次元光回路において、異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイス構造を試作、評価する。また、積層構造光変調器を試作する。

平成25年度は平成24年度までに開発した光電子システムを高度化し、30Tbps/cm²の信号伝送密度を実証した。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光

源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度、室温から120℃までの動作を実証した。3次元光回路においては、波長依存性が小さく、広帯域で変換効率の高い層間信号トランスファードバイスを試作、評価し、1.8dBの低損失を実証した。さらに、積層型アモルファスシリコン光変調器を試作し、電流注入キャリアプラズマ効果による屈折率変化を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、光源実装、細線導波路、低損失化、光変調器、受光器、光回路、大規模集積、立体交差光導波路、3次元光配線

【研究題目】強相関量子科学・モットロニクス基礎

【研究代表者】長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】長谷川 達生、澤 彰仁、堀内 佐智雄、伊藤 利充、堤 潤也、山田 寿一、峯廻 洋美、渋谷 圭介、福地 厚、野田 祐樹（常勤職員8名、他2名）

【研究内容】

本研究では、モット絶縁体が示す巨大かつ高速の応答性を各種の電子デバイスに結実させることを目標に、モット絶縁体の物性制御法の確立と、強相関太陽電池／強相関抵抗変化メモリ／強相関トランジスタ等のプロトタイプデバイスの実証研究を行う。最終年度である本年度実施した研究開発を以下列挙する。遷移金属酸化物を用いた界面デバイス開発においては、大きな強誘電分極を有する強誘電体 BiFeO₃を常誘電体 SrRuO₃で挟んだ強誘電抵抗変化メモリを新たに開発し、強誘電分極の反転に伴う非対称バンド構造の変化により誘起される新原理の抵抗変化型メモリ動作を示すことを明らかにした。さらに前記デバイスが高繰り返し耐性と、界面常誘電層の厚さによる制御性を示すことを確認した。強相関有機半導体デバイス技術の開発においては、インクジェット印刷法による単結晶薄膜デバイスの印刷製造を可能にする微小液滴プロセスの発現機構を明らかにするため、異なる微小液滴が固着液滴上で接触する初期過程に関し、高速度カメラによる詳細な検討を行った。これら初期過程において微小液滴に特有な強い表面張力に起因し、濡れ・弾き・沈みの3種の現象が競合する新しいタイプの流体不安定性が発現することを見出すとともに、塗布条件の適切な制御によって瞬間的な薄液層の形成を促す「濡れ」を発現させることにより大面積の結晶性分子薄膜を形成できることを実証することに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】モットロニクス、強相関電子系、モット絶縁体、強相関太陽電池、抵抗変化メモリ、強相関トランジスタ、強相関酸

化物、ポリマー半導体

【研究題目】遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発

【研究代表者】藤原 すみれ（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】藤原 すみれ（常勤職員1名、他8名）

【研究内容】

我々は、植物の遺伝子の働きを調節する転写因子の働きを人為的に制御してスーパー植物を開発することにより、人類が抱える様々な問題を解決することを目指している。具体的には、二つのアプローチで研究を進めている。一つ目の「転写抑制機構に関わる新規因子の単離およびメカニズムの解析」では、植物の転写抑制の基本メカニズムを解明し、得られた知見を応用して斬新な遺伝子発現制御法を開発することを目指す。二つ目の「転写抑制因子を転写活性化因子に転換する植物の作出・解析」では、転写抑制因子を人為的に活性化因子に転換することで、過酷な環境下でも生育できるなどの有用植物を作出・解析し、応用化を目指す。両者とも、植物の力を利用してグリーン・イノベーションの推進を目指すものである。

一つ目のプロジェクトでは、転写抑制時に特異的に転写因子と共に複合体を形成する候補因子を複数同定し、そのうち一つが直接転写抑制因子と相互作用し、正常な転写抑制機構に必須な因子であることを解明した。また、その他にも転写の制御に関わる因子や分子機構を発見した。

二つ目のプロジェクトでは、転写抑制ドメインを持つほぼ全て（約300個）の転写因子に転写活性化ドメインを付加し過剰発現させる系統の形質転換体の作成を完了し、全系統の形質データ取得と T2種子回収を完了した。通常では見られない強い形質を示す植物を多数発見し、機能未知だった複数の転写因子の機能も発見した。また、各種の過酷な条件下でのスクリーニングにより得られた凍結や乾燥耐性などの系統の解析により、植物の新規のストレス耐性獲得機構を発見した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】植物、シロイヌナズナ、転写因子、環境変動、グリーン・イノベーション

【研究題目】最先端研究開発支援プログラム／低炭素社会創成に向けた炭化珪素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発

【研究代表者】奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】奥村 元、福田 憲司、米澤 喜幸、児島 一聡、田中 保宣、松畑 洋文、石田 夕起、高塚 章夫、八尾 勉、田中 保宣、中川 博（常勤職員12名、他47名）

【研究内容】

SiC（シリコンカーバイド）は Si（シリコン）に比べて、小型・低損失で、冷却が簡略化できるなど、パワーデバイスとして著しく優れた性質を有しているため、低炭素社会創生に向けた革新的なキーデバイスとしてその将来が大いに期待されている。特に、太陽光発電、風力発電、コジェネレーション等の分散電源が接続されたエネルギーネットワーク（スマートグリッド）において、電力の安定供給を行うために用いる電力変換器には、耐圧13kV以上の電子デバイスが必要であるが、Siを用いたデバイスでは、耐圧13kV以上は実現していない。スマートグリッドの構築のためには、超高耐圧デバイスの早急な開発が不可欠である。SiCは、Siよりも絶縁破壊電界が約1桁高いので超高耐圧のデバイスに適しており注目されている。SiC-MOSFETに代表されるユニポーラデバイスの研究は、各国で進んでいるがSiCを使ったといえども素子耐電圧が5~6kV位までが低損失実現のための限界であり、それ以上の素子耐電圧の領域では、SiCバイポーラデバイスの実現が強く望まれている。本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kV/20A級のPiNダイオードとIGBTの開発を行うことを目標にしてプロジェクトを実施した。平成25年度は、最終年度にあたり、16kV、20AのFlip型nチャネルIGBTの作製に成功し、250℃で5kV/20Aのスウィッチング試験に成功して最終目標を達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【研究題目】スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓

【研究代表者】齋藤 秀和

（ナノスピントロニクス研究センター）

【研究担当者】齋藤 秀和、掛場 聡、ロン ヤンセン
（常勤職員3名）

【研究内容】

強磁性体から半導体へのスピン偏極電子注入（スピン注入）は不揮発性トランジスタ（スピントランジスタ）実現のための基盤技術である。これまでの研究により、強磁性トンネル接合を実用半導体であるGeやSi上へ作製し、それを用いたスピン注入の実証実験に室温で成功している。デバイス化に向けては半導体中へ注入された電子スピンの偏極率を求めることが必要である。そこで本年度はGeへ注入されたスピン偏極率を得るために、Geを用いた発光素子の作製に挑んだ。また、III-V族半導体ベースのスピン検出用発光素子の作製も行った。更に、電流に代わるスピン注入技術の開発を目的として、熱を利用したSiへのスピン注入に関する詳細な実験を行った。

近年、Si基板上に作製されたGe発光素子は光・電子デバイスの集積化の観点より盛んに研究されている。し

かし、従来はGeの光スピン素子の観点からは研究がなく、強磁性体（金属）電極を有するGe基発光素子は報告されていない。そこで、これまでの研究で確立したGe上の高品位強磁性トンネル電極作製技術を生かして、強磁性/トンネル層/n型Ge/p型Siから構成される発光素子を作製し、東京大学深津研究室と共同で発光実験を行ったところ、Ge層からの発光観測に室温で成功した。

GaAs等のIII-V族半導体による発光素子の作製は、これまで、GaAs/AlGaAs多重量子井戸の成膜条件およびそれを発光層に用いた発光素子の作製を行った。作製した素子の発光実験を行い、スピン偏極率測定に十分な光量が室温で得られることを確認した。また、無磁場中にてスピン偏極測定を行うために必要である垂直磁気異方性を有する強磁性電極の開発も並行して行った。具体的にはTb/Fe多層膜を分子線エピタキシー法にて作製し、室温にて高品位の垂直磁化膜を得ることができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、スピン注入、ゲルマニウム

【研究題目】ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

【研究代表者】中村 史（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】中村 史、小林 健（集積マイクロシステム研究センター）、山村 昌平（健康工学研究部門）（常勤職員3名、他9名）

【研究内容】

本研究では、従来標的に出来なかった細胞内のマーカータンパク質を標的とした新しい細胞分離技術の開発を目的とした。5mm角のシリコンウエハ上に、直径200nm、長さ20μmのナノニードルが、100×100本、計1万本規則正しく配列したナノニードルアレイを作製した。このナノニードルアレイを、標的タンパク質を結合する抗体で修飾し、基板上に配列した1万個の細胞に同時に挿入する。細胞内部の標的タンパク質を抗体で結合しナノニードルアレイを引き上げることにより、標的細胞のみを機械的に釣り上げ、分離することを原理とする。

従来の化学修飾法による抗体修飾では、数nNの抗体結合力であった。MPCポリマーと、ZZ-BNCを用いた抗体修飾を検討したところ、いずれもネスチン陽性のP19細胞で30nNを超える結合力を達成した。また10nN以上の結合力を再現性良く得るには、ZZ-BNCの方が優れていることが分った。一方で、ネスチン陰性のNIH3T3では、平均2nNの非特異的相互作用が観察され、細胞アレイでは2nNを越える接着力に調製する必要があることが明らかとなった。細胞アレイ調製の各種条件を最適化した結果、ナノニードル直下に1個1個細胞が配列した細胞アレイの作製が可能となり、最大で95%の細胞充填率を達成した。検討の結果、P19、NIH3T3ともに約10nNに調製することが可能であった。P19、

NIH3T3混合細胞アレイと抗体修飾ナノニードルを用い、細胞分離の検証を行った結果、24%の P19の回収に成功した。また、NIH3T3の誤回収率は5%に留まった。これらの結果はネスチン陽性の P19に特異的な細胞分離が可能であることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

【研究題目】 細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明

【研究代表者】 廣瀬 哲郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 廣瀬 哲郎、佐々木 保典

(常勤職員2名、他6名)

【研究内容】

本研究では、哺乳類ゲノムから産生される機能未知の非コード RNA (ncRNA) の中から、特に細胞内構造構築に携わる RNA の作用機構と生体機能を明らかにすることを目標としている。本研究では、実施者グループが同定した NEAT1 ncRNA による核内構造体パラスペックルの構造構築の分子機構の解明、パラスペックルの生体内機能解明と疾患への関わりについて研究を行う。この他に、新しい細胞内構造構築 RNA を探索し、細胞内構造構築 RNA の存在意義を明らかにする。まず NEAT1によるパラスペックル構造構築に関わる新しい因子であるクロマチン再構築因子複合体の作用機序の解析を行った。その結果、クロマチン再構築複合体が、複数の必須パラスペックルタンパク質と NEAT1 ncRNA と直接相互作用し、これらの分子間相互作用ネットワーク形成に重要な役割を果たしていることを明らかにした。こうしてパラスペックル構造構築は、NEAT1生合成と密接に共役して進行することが明らかになった。次に抗癌剤プロテアソームの阻害による NEAT1の発現誘導を通したパラスペックル肥大化現象の分子機構を解明した。肥大化によって核質中の転写制御因子がパラスペックル内に係留され、その結果制御される遺伝子を複数発見した。理研との共同で作出した NEAT1の KO マウス由来細胞を用いて、複数のプロアソーム阻害による細胞死誘導が NEAT1の欠失によって著しく亢進することを見いだした。これによって NEAT1には細胞死抑制機能があることが明らかになった。慶応大との共同で、神経変性疾患患者運動ニューロンで特異的な異常なパラスペックル形成を検出した。この他に、パラスペックルに続く、新規な細胞内構造構築に関わる ncRNA の探索を、産総研保有 FLJ クローンリソースを用いて行い癌抑制タンパク質を含む複数の新しい RNA 依存的核内構造体を発見した。さらにその構造体の環境特異的な動態を明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸、RNA、遺伝子発現制御、細胞内構造、疾患

【研究題目】 高感度微量水分計測システムの開発

【研究代表者】 阿部 恒 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 橋口 幸治、D. Lisak、阿部 恒

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、キャビティリングダウン分光法 (CRDS) を測定原理とする高感度微量水分計測システムの開発を行った。重要開発項目として、(1) 光学音響素子 (AOM) を用いたスイッチングシステムを組み込む、(2) He-Ne レーザに光学キャビティを安定化させる、の2つがあったが、これらを実現し、周波数安定化 CRDS (FS-CRDS) の開発に成功した。

産総研・計測標準研究部門、金沢大学大学院自然科学研究科、東京理科大学理学部第一部化学科、広島大学大学院理学研究科の4箇所で、CRDS に関する研究セミナーを行った。産総研でのセミナーを除くと、聴衆は主に学部生・大学院生であり、4箇所での合計人数は約90名であった。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 微量水分、キャビティリングダウン分光法、ppb、高純度ガス

【研究題目】 骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発

【研究代表者】 中川 誠司 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中川 誠司、大塚 明香、伊藤 一仁、

保手浜 拓也、藤幸 千賀、庵地 圭子、

籠宮 隆之、藤坂 洋一

(常勤職員1名、他7名)

【研究内容】

従来の補聴器を使用しても聴覚を回復することができない重度難聴者は、日本国内に約85,000人存在する。一方、骨導にて呈示された周波数20kHz 以上の高周波音 (骨導超音波) であれば、聴覚健全者はもとより重度感音性難聴者であっても知覚することができる。本研究では、骨導超音波知覚を利用した重度難聴者用の新型補聴器 (骨導超音波補聴器) に実用的な性能を持たせることを目的として、信号処理方式や振動子呈示方式の最適化や、安全基準・適用基準策定のための神経生理メカニズムの解明などに取り組んだ。

2013年度は前年度までに得られた知見を利用して、新型試作器の開発に取り組んだ。様々な音声信号処理機能を搭載し、使用者の聴覚特性に応じた決め細やかなチューニングを可能とした。特に変調方式として新方式の Transposed modulation を選択可能とし、聞き心地の向上を達成した。また、専用筐体と専用電池を開発し、搭載機能を特に有用なものに限定することで、小型化お

よび携帯しやすい人間工学的デザインの実現と、実用に耐え得る頑健性、および電池寿命の大幅な延長を達成した。

骨伝導技術を応用した他の機器開発にも取り組んだ。タブレット端末と骨導超音波補聴器を利用した難聴幼児用の音声学習ボードを試作した。また、骨導パネルスピーカの最適化に係る諸検討を進めた。耳介などの軟組織に呈示した場合の、末梢伝搬メカニズムや知覚メカニズムの解明を進めることで、より最適な形状や呈示方法に係る知見を得た。

さらに、昨年度までに得られた知見に、重度難聴者を対象とした電気生理計測や心理物理計測の結果を合わせて、骨導超音波知覚の末梢～中枢神経モデルを構築した。また、可聴音から超音波に至る骨導音知覚のラウドネス特性や頭部振動特性など、骨導技術の基盤となるデータ収集を引き続き行った。その結果、皮膚の粘弾性が振動子の出力特性に関与する可能性を示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨導、超音波、補聴器、明瞭性、知覚メカニズム、頭部内伝搬

【研究題目】 ハロモナス菌による木材から3-ヒドロキシ酪酸等の生産技術開発に関する研究

【研究代表者】 河田 悦和 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 野尻 昌信 (森林総合研究所)、
川崎 一則、河田 悦和
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

木材等を原料としたバイオエタノール生産の研究においては、副生する C5糖の利活用が課題である。一方、日本の石油消費の21%を占める化成品も、再生可能資源への原料転換が求められている。我々は、木材利用に好適な独自のハロモナス菌 KM-1株を発見した。本菌は、高アルカリ高塩濃度環境で生育するため、培養液を殺菌する必要がなく、C6糖のみならず、利用が難しい C5糖も利用し、菌体内にバイオプラスチックを蓄積した後、そのモノマーの3-ヒドロキシ酪酸 (3-HB) を分泌する。そこで我々は、C5糖を含む木材糖化液等を利用して、ストレス抑制に関連する生理機能を持ち、化成品原料として有望な D 体の3-ヒドロキシ酪酸等を分泌生産する基礎技術の確立を目的に研究を実施する。

本年度は、森林総合研究所が、北秋田市のバイオエタノール生産プラントで製造したスギ木材糖化液を用いて、主にバッチ培養により、3-HB の生産性、メカニズム等について検討した。プラント製造のスギ木材糖化液で培養、3-HB の生産8g/L を確認し、その後生産性は向上している。さらに、3-HB の生産性については、総培養時間72時間で45g/L を達成した。ポリマーの蓄積量は90g/L を達成していることから、菌体密度などに注視して研究を進めれば、最終的な目標値3-HB の分泌量100

g/L、生産速度1.0g/Lは十分達成可能と推察している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオプラスチック、ヒドロキシ酪酸、バイオマス、微生物、ハロモナス

【研究題目】 ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発

【研究代表者】 安部 博子 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 安部 博子、藤田 康子
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

高価なバイオ医薬の原料となる糖タンパク質を安全かつ安価に提供するだけでなく、低抗原化と薬効の向上を目指して、生体内と同じ糖鎖もしくは高機能化できる糖鎖構造を均一に持った糖タンパク質を高効率に生産する出芽酵母株を開発する。

これまでに開発してきた GlcNAc2Man5 (M5) を合成することができる酵母株に GlcNAc 転移酵素遺伝子を導入することによって GlcNAc2Man5GlcNAc (M5GlcNAc) 糖鎖を合成する酵母株を開発する。GlcNAc の転移活性をあげるため、UDPase 活性をもつ分裂酵母 gda1遺伝子および GlcNAc トランスポーターである GINSt1 遺伝子をクローニングし、GlcNAc2Man5 (M5) 糖鎖合成酵母に形質転換し、GlcNAc 転移活性の向上について解析を行ったが、これら遺伝子導入の高い効果は得られなかった。次に M5GlcNAc がより多く合成できる株のスクリーニングを行い、M5GlcNAc が細胞壁マンノタンパク質の糖鎖の4%程度まで合成できる株を得ることができた。

糖鎖改変酵母株によるターゲットタンパク質の高分泌生産株を開発するために、インターフェロンβ (IFN-β) のコドン最適化および目的遺伝子をタンデムに連結し糖鎖改変株へのゲノムインテグレーションを行った。タンデム連結遺伝子の発現能の向上効果は得られなかったが、糖鎖改変株へのプロテアーゼ遺伝子破壊では IFN-β の分泌生産能の向上が確認できた。

糖鎖改変酵母の増殖回復株である YAB100株の全ゲノムシーケンシスの解析結果から ORF 中に変異をもつ遺伝子をいくつか見つけることができた。実際にこれらの遺伝子について YAB100株のゲノムをサンガー法にて解析した結果、一遺伝子のみに変異を確認することができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、酵母、バイオ医薬品

【研究題目】 しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

【研究代表者】 大内 真一

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 大内 真一、松川 貴
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値可変型 FinFET を導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはデジタル・アナログ混載による低コスト化を目指す。具体的には、しきい値可変型 FinFET が導入された提案型低電圧演算増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7V での動作実証を行うことが、本研究の目的である。

昨年度は、更なる低電圧化・高性能化を可能とする回路方式を考案し、トランジスタ・配線層を含めて、すべて EB 直接描画によって形成を行う試作プロセスを構築した。更に、このプロセスに基づいて、演算増幅器の詳細設計を行い、プロセスを流動させた。

今年度は、昨年度に引き続いてプロセス流動を行い、初ロットを完成させ、評価を行った。評価の結果、高性能化に重点を置いて設計した0.8V 回路動作可能な演算増幅器は、ほぼ設計どおりに動作することが確認された。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 FinFET、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ (SoC)

〔研究題目〕 短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開

〔研究代表者〕 斎藤 毅

(ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 斎藤 毅、柴田 怜那

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

カーボンナノチューブ (CNT) を切断することは、炭素-炭素結合で構成される強固なグラフェンネットワーク構造を切断することに他ならず、切断はおろか格子欠陥を導入することも困難であるが、酸化性の強い酸処理などによる過度な切断反応では CNT の優れた特性の起源である電子構造までも深刻なダメージを受けてしまい、デバイス応用に不適となってしまう。本研究では CNT 自身の反応性を制御でき、少なくともグラフェンネットワークになるべく欠陥を導入しない切断や長さ分級の技術開発を行い、CNT トランジスタへの展開を目指している。昨年度において本プロジェクトの最終目標を前倒しで達成したことから、平成25年度は更なるデバイス特性向上を目指して、オンオフ比 10^7 以上と移動度が $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上の両立の可能性を探索するために、デバイス特性の測定手法に関する検討を交えながら、オンオフ比を低下させる原因となっているゲート電極からドレイン電極へのリーク電流の原因を詳細に検討し、これを抑制するためのデバイス製造プロセスを開発した。

本プロジェクトによって印刷プロセスによる CNT を

半導体材料として用いたトランジスタの性能は飛躍的に向上し、実用特性に近づいたと言える。今後はこの塗布型 CNT トランジスタを生かした大面積のセンサーやディスプレイといった応用へと研究開発を展開する。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

〔研究題目〕 エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

〔研究代表者〕 山本 泰之 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 山本 泰之、松本 壮平 (集積マイクロシステム研究センター) (常勤職員2名)

〔研究内容〕

MEMS 技術を用いた小型の粘性センサの実用化を目指した研究開発を行った。

本年度は最終年度 (3ヶ月) として、ダブルスパイラル形状を用いた粘性センサの測定性能の検証を進めるとともに、実用化に向けたパッケージの製作を行った。

ダブルスパイラル構造の粘性センサは、センサ本体を液体中に直接投入して手軽に粘性を測定することが可能で、頑丈で、安価という特徴を有している。産業界における粘性測定の世界での、簡易的な測定シーンの多くを代替できると考えられる。

開発した粘性センサのフィジビリティスタディとして各種の粘度計校正用標準液の測定を継続して行い、おおむね数%程度の不確かさで測定が可能で、洗浄等においても不具合を発生させないことを確認した。

実用化に向けて、より小型のセンサーパッケージを製作した。製作したセンサホルダは USB メモリとほぼ同じ程度の大きさで、それごと液体に直接投入して液体の粘性を測定できる。センサとはコンタクトプローブを介して電氣的に接続するようになっており、交換が容易である。また接液部は柔軟テフロンパッキンが使用されている。

製作したホルダを用いて実際に液体に投入して測定を行い、これまでと変わらない結果を得ることができ、パッキン等のシーリングに問題が生じないことも確認した。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 粘度、粘性率、センサ、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

〔研究題目〕 光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

〔研究代表者〕 渡辺 博道 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 渡辺 博道、山下 雄一郎
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

高温機器の設計や材料開発に必要な $200\sim 3000^\circ\text{C}$ 超に

おける固体の複数の熱物性値を同時測定する装置を開発することを目標とする。本装置は、通電加熱とパルス光加熱を高速制御して試料を物性測定する際に必要な境界条件（温度・熱流環境）に瞬間的に保持すると共に試料の温度、電流、電圧、形状、光学特性を同時測定することで熱伝導率、熱拡散率、比熱、全放射率、分光放射率、電気抵抗率、熱膨張率を同時測定する。測定を1秒以内で終了させ、試料汚染を回避できると共に測定効率を画期的に向上させることを目指す。

H25年度は、本研究助成による成果の実用化の一環として、民間企業と共同で高速加熱技術と垂直配向カーボンナノチューブを利用した平面黒体炉の開発に向けた共同研究を開始した。また、タングステン基板上に成長させたカーボンナノチューブの高温における半球全放射率の測定を行い、その結果をドイツで開催された国際学会（10th International Workshop on Subsecond Thermophysics）にて発表した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】熱物性、金属、炭素材料、フラッシュ法、熱量法 放射率

【研究題目】高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化物薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発

【研究代表者】田嶋 一樹

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】田嶋 一樹（常勤職員1名）

【研究内容】

調光ミラーデバイスは電氣的に反射（鏡）状態と透明状態を可変できるため複層ガラスあるいは遮熱フィルムへの応用により優れた省エネルギー効果を期待できる。本研究では、当該デバイスの実用化のため特に生産性を律する機能性酸化物薄膜の省使用化技術開発を行い、新規の高効率成膜プロセスを適用する。さらに使用環境に対する適合性を調査し、優れた耐環境性能を有するデバイス構造の開発を行う。

以上に関連した本年度の主な成果は以下の通りである。

① 酸化物系薄膜材料の省使用化技術・代替材料開発

材料の省使用化技術開発の一貫として酸化タングステン薄膜の作製方法として湿式法による検討もを行い、膜厚制御と調光性能の相関を調査した。その結果、湿式法で作製した酸化タングステン薄膜を用いた調光ミラーデバイスにおいてもスパッタ法を用いた全国体型デバイスと同様の切り替え速度で動作した。

② 調光ミラーデバイスの環境性能把握による耐環境性能の向上に資する構造開発

ソーラーシミュレータを用いた耐光性試験と恒温恒湿槽を用いた耐候性試験を組み合わせることで、様々な温湿度雰囲気、太陽光照射環境におけるデバイスの

耐久性調査を行った。特に太陽光照射においては、ほとんどデバイスに劣化を生じないことが分かった。

③ 大面積コーティングに適するスパッタ法を用いた酸化物系薄膜の高効率・高速成膜技術開発

パルス電源を用いた高速成膜試験を行い、通常の1/10程度の速度で酸化物成膜を完了し、かつ、短時間でフィルム上にも積層することで、将来的な Roll to Roll 法の適用可能性も勘案した。フィルム上デバイスも同様に駆動することを確認したが、性能は不十分であるため、今後の検討課題も示唆された。

④ 高い耐環境性能を有する調光ミラーデバイスの創出種々デバイス構造の構築を試み、表面シール材適用あるいはサンドイッチ構造を用いることで、高い耐久性を有するデバイスの開発を検討した。継続課題としては、環境に対する耐久性は向上するもののデバイスの動作速度は遅くなる傾向も観察されたので、これら克服を行う必要がある。

【分 野 名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】薄膜、スパッタリング、調光ミラー、高速試験、耐環境性能、希少金属省使用化

【研究題目】新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発

【研究代表者】栗津 浩一（電子光技術研究部門）

【研究担当者】栗津 浩一、藤巻 真（常勤職員2名）

【研究内容】

感染症は人類の安全安心をたびたび脅かしてきた。感染症の一つであるインフルエンザは軽く見られがちであるが、20世紀だけで3回の新型インフルエンザに直面している。1918年に出現したスペイン風邪（スペイン・インフルエンザ）、1957年のアジア風邪、1968年の香港風邪である。スペイン・インフルエンザでは、7ヶ月で世界的大流行（パンデミック）となり、世界人口18億人の内、10億人が感染し、8000万人が死亡している。本研究の目的は、新型インフルエンザの感染の有無を迅速かつ簡便に判定するための携帯型センサを開発して、パンデミック化を阻止することである。従来から使われている簡易検査技術であるイムノクロマトグラフィと、我々が開発した導波モードセンサの感度を、感染力のある H3N2 Udorn ウイルス（インフルエンザウイルスの一種）と比較すると導波モードセンサはイムノクロマトグラフィより100倍感度が高いことが明らかになった。導波モードセンサは研究開発当初は1m×2m の定盤上に載るほどの大型装置であったが、本開発によって、片手で持てるサイズにまで小型化できた。これは、光学系を抜本的に見直し、角度掃引から波長掃引に変えたことによる成果である。また、シアル酸を用いたウイルスの亜型検出を行い、H3N2型ウイルスと H5N1型ウイルスの識別に成功した。今後は、インフルエンザウイルスのみでなく、あらゆるウイルス、バクテリアなどを網羅的

に把握し、感染症の拡大を防止できるセンサへと育てていく。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 センシング、ウイルス、光

〔研究題目〕 ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発

〔研究代表者〕 堀部 雅弘（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 堀部 雅弘（常勤職員1名）

〔研究内容〕

標準器を用いたミリ波・サブミリ波帯の導波管ベクトルネットワークアナライザ（VNA）の測定精度向上のため、導波管については、1.1 THz までの導波管（電磁波伝搬する開口部が250 μm ×125 μm ）について、高精度接続可能な導波管による TRL（スルー・リフレクト・ライン）校正を行った。VNA の測定不確かさについて、接続の再現性が課題であるため、導波管の開口寸法を小さくした基準器を用い、接続時の再現性を改善し、測定不確かさ低減を実証した。また、測定用に開発した VNA 測定用のプラットフォームおよび高精度簡易接続クランプについても、性能実証を実施して、普及に努めた。一連の評価方法を用いた評価について、IEC 標準化における基本技術として用いている。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 導波管インターフェース、アライメント精度、接続用クランプ、国際標準化

〔研究題目〕 ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発

〔研究代表者〕 馬場 創

（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 馬場 創、佐藤 宏司、舟橋 良次

（ユビキタスエネルギー研究部門）

（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

シート状熱電発電モジュールを検討するために、幅25mm のテープ状熱電発電モジュールに対応したロール・ツー・ロール機構を開発して AD 装置に導入した。幅25mm のテープ状熱電発電モジュールのアプリケーションとして、人間の体温と外気温の温度差から電気を得るエネルギーハーベスティング応用（腕時計型情報端末）に注目し、テープ状熱電発電モジュールが実装される部分として手首を想定した。デバイス設計には一般成人男性の平均的な手首の外周（170mm）とテープ状熱電発電モジュールの幅（25mm）から熱電発電素子に外力が加わらないパターンを算出し、実際に熱電発電素子を成膜するテープおよびマスクを設計した。その結果、PET テープ（25mm 幅×10mm 長さ×25 μm 厚さ）上に

銅電極（20mm 幅×4mm 長さ×35 μm 厚さ）が1mm ピッチで複数パターンニングされた基板を試作して AD 成膜を行った。その結果、300mm 長さのテープ状 p 型熱電発電モジュールを試作することができた。また、一般に熱電発電モジュールは熱起電力が小さいために DC-DC 昇圧コンバーターで実デバイスを動かすことができる電圧までブーストする必要がある。そこで市販品である DC-DC 昇圧コンバーターに2台の電圧/電流発生器を接続してコンバーターの変換効率を調べた。その結果、コンバーターに接続する外部負荷抵抗が150k Ω の場合に50mV の入力電圧が3.3V の出力電圧にブーストされて、その場合にコンバーターとしての最大変換効率を得られることが分かった。この条件は開発した熱電発電モジュールの場合、高温側の温度が35.3 $^{\circ}\text{C}$ 、低温側の温度が19.9 $^{\circ}\text{C}$ 、すなわち温度差が15.4 $^{\circ}\text{C}$ の場合に相当し、おおよそ人間の体温と外気温の温度差から発生した熱起電力を最大変換効率で利用できることが分かった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 熱電変換、フレキシブル、ロール・ツー・ロール、エナジーハーベスティング、DC-DC 昇圧コンバーター、エアロゾルデポジション

〔研究題目〕 能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発

〔研究代表者〕 瀬川 武彦

（新燃料自動車技術研究センター）

〔研究担当者〕 瀬川 武彦、松沼 孝幸、前田 哲彦、

湯木 泰親、小方 聡

（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

自動車エンジンシステムを始めとする流体機械のエネルギー効率を飛躍的に向上できる革新的な流体制御デバイスの実用化を目指し、プラズマアクチュエータとファイバー-Bragg グレーティング（FBG）センサを組み合わせた剥離流れフィードバック制御システムを開発する。フィールド及び自動車テストコースにおいて実施する小型風車を用いた性能評価試験に向け、本年度は野外実験用流体制御ユニットの構築を行った。流体制御素子の開発では、3次元局面に対して安全かつ柔軟に装着できるひも型プラズマアクチュエータと併せ、露出電極の細線化により従来のプラズマアクチュエータから噴流されるジェットに対して2倍程度まで高速化できる微細構造電極型プラズマアクチュエータの試作に成功した。さらに楕円形やメッシュなど微細電極構造を多様化し、露出電極近傍に発生する誘電体バリア放電分布を変化させた結果、ジェット高速化に向けた新しい知見を獲得することができた。剥離流れの検出では、FBG センサ及び光フ

ファイバロータリジョイントの高度化により、回転場に設置した片持ち梁構造の歪み情報を高精度で取得し、変動する流れ場においてもリアルタイムで剥離流れ判定が行うことが可能となった。また、剥離流れ判定時に出力される TTL 信号により高電圧出力できる小型電源を開発し、剥離流れフィードバック制御をリアルタイムで行うシステムを試作した。小型電源はバッテリー駆動型に加え、対向するフェライトポットコアを用いた非接触電力伝送型の2種類を開発した。これらは、発電モータ回転軸片端に対して光ファイバロータリジョイントと同軸に設置できるモノコック構造であるため、1kW 級小型風車ナセル内に実装することが可能となった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】空力、アクチュエータ、剥離制御、プラズマ技術、ファイバグレーティング、光ファイバロータリジョイント、非接触電力伝送

【研究題目】次世代パワー集積回路の実現に向けた低抵抗 P チャネル型 GaN 素子の開発

【研究代表者】中島 昭 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】中島 昭、劉 璞誠
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

GaN (窒化ガリウム) は絶縁破壊電界強度が高いことから、次世代のパワー半導体素子としての期待が大きく、世界中で研究・開発が進められています。これまでは N チャネル型 GaN 素子の開発が主に行われており、一部で市販化が始まっています。さらに P チャネル型素子が実現できれば、電力変換器システムの大幅な低コスト化・小型化が可能になると考えられます。しかし、Mg 不純物ドーピングによる従来の方法では、デバイス応用に十分な移動度・キャリア濃度を得ることが非常に困難です。近年我々は、GaN の特長である分極を利用した PN 接合 (分極接合) により高濃度のホール (2次元ホールガス) を得ることに世界で初めて成功しました。

本研究は、この成果をさらに進め、次世代電力変換器のシーズ技術として、2次元ホールガスの移動度の向上、および2次元ホールガスを用いた P チャネル型 GaN 素子の研究開発を行っています。平成25年度は、2次元ホールガスの輸送機構および発生メカニズムを明らかにしました。また、2次元ホールガスを用いた P チャネル型 GaN 素子の動作実証に成功し、また世界で初めて N チャネル型とのワンチップ動作を実現しました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率電力変換、ワンチップ集積回路、ワイドバンドギャップ半導体、窒化ガリウム

【研究題目】化学反応を駆動源とする超省エネ型・新

規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

【研究代表者】原 雄介 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】原 雄介 (常勤職員1名)

【研究内容】

本提案では、化学反応を直接力学的なエネルギーに変換して駆動する超省エネ型・新規自励振動型ゲルアクチュエータをマイクロポンプ等の動力源として応用することで、外部制御装置フリーのマイクロ流体素子を開発する挑戦的な研究課題である。マイクロポンプ等を駆動させるゲルアクチュエータは、化学反応を駆動源とするため外部制御装置・外部電源を不要とすることを特徴とする。自励振動ゲルをマイクロ流体素子へと応用するため、マイルドな環境で駆動する新規ゲルアクチュエータの開発を行った。またマイクロ流体素子を設計するため、ゲルアクチュエータの発動力測定を行った。最終的には、マイクロチップ内部にゲルアクチュエータを埋め込むことで、外部制御装置・外部電源不要のポンプを開発することに成功した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】高分子ゲル、ソフトアクチュエータ、マイクロチップ

【研究題目】高圧水素中における破壊靱性試験法の確立とデータベース化

【研究代表者】飯島 高志 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】飯島 高志、安 白、孫 正明、阿部 孝行 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

汎用金属材料 (SUS304、SUS316、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼など) などを対象として、高圧水素ガス中で破壊靱性試験を実施し、データベースを構築することで高圧水素ガス関連機器において使用可能な鋼種を拡大し、低コスト化を図る。具体的には、115MPa の水素ガス中で、荷重が漸増あるいは漸減する際のき裂進展メカニズムを明らかにし、蓄圧器を設計する際に破壊靱性値 (KIH) を用いることの有用性を評価する。

平成25年度は、35MPa 級水素ステーション蓄圧器用材料として使用実績がある低合金鋼 SCM435を対象として、き裂進展試験における繰返し荷重速度の影響を調べた。また、荷重漸増試験 (JIC) を実施し、試験データと破面観察の結果を比較し、破壊メカニズムについて検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素脆化、き裂進展試験、高圧水素ガス

【研究題目】製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型 静電気計測技術の開発

【研究代表者】菊永 和也

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 菊永 和也、山下 博史、江頭 正浩、
檜枝 龍美 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究は、様々な分野において深刻化している製造プロセスの静電気問題において、アクティブ型の静電気計測技術を開発することで、これまで計測不可能な環境・プロセス中で静電気計測を可能にすることである。平成25年度は、これまでの帯電体振動法を用いた静電気計測技術の二次元分布への応用展開を行った。そこでは静電気分布計測の高速化のために、空気中で1 gf 以上、集束径20 mm、走査面積300 cm²の集束超音波が得られるデバイスを用いて、1点当たりの励振時間を4ミリ秒以下にすることを目標とした。

これまで開発してきた集束超音波発生デバイスにおいて音圧制御するための改良・拡張を行った。そこでは、超音波の周波数である40 kHz の矩形波信号において、そのデューティ比を変えることによって、0~1.4 gf の範囲の提示力を624段階で制御することに成功した。また、走査面積内における集束音波の音圧分布計測を行いその特性を評価したところ、デバイスからの距離170 mm において20 mm の集束径が得られることが分かった。さらにこの集束超音波において、塩化ビニルシートに照射ならびに走査過程をラインレーザー変位計で評価したところ、半値全幅30 mm の局所的励振と100ミリ秒の走査が確認できた。ラインレーザー変位計のサンプリング時間が100ミリ秒より短くできないため、それ以上の励振に関する評価はできなかったが、このデバイスでは18cm×18cm (324 cm²) の範囲において1ミリ秒単位での集束超音波走査時間を達成にした。これらにより、静電気分布計測のための局所的励振技術とその走査技術を確立することができた。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 静電気、振動、集束超音波、誘起電界、非近接、製造現場

【研究題目】 風力等自然エネルギー技術研究開発／風力発電高度実用化研究開発／10MW 超級風車の調査研究 (発電機)

【研究代表者】 淵野 修一郎
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 山崎 裕文、淵野 修一郎、古瀬 充穂、
名取 尚武、岡野 眞
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

昨今の我が国のエネルギーに関する諸事情から、風力発電は以前にも増して注目され、導入拡大が期待されている。一層の導入拡大のための課題は、設備利用率の向上と、発電コストの低減である。これらを克服するため、近年は2MW~5MW 級の風車が主流となっており、さ

らに大容量風車の実現のための技術開発が世界的に盛んに行われている。風車の大型化に伴い顕在化してきた問題は、ナセル重量の増大である。

この問題を解決するため、現用発電機と同じく磁性材料を使用し、界磁巻線導体を酸化銅系高温超電導線材に置き換える「レトロフィット」方式を採用することにした。最大磁束密度は磁性材料の飽和磁束密度によって制限されるが、超電導の高い電流密度を活かすことにより、発電機の小型軽量化が実現できることが明らかになった。この超電導発電機の回転子は直径が約6m もあり、磁性材料を使用していることから、回転子全体ではなく、超電導界磁巻線だけを低温に冷却する機構の開発が求められる。各極の超電導界磁巻線をそれぞれ真空容器に納め、低温のガス配管と接触させて伝導で冷却する方式を採用した。

風車に合わせて回転する回転子に極低温のガスを供給する方法として、回転・静止型熱交換器と回転子内蔵型循環ポンプの開発を行っている。従来の超電導回転機では、回転子全体を円筒状の真空断熱容器で囲い、その中に外部から直接極低温の冷媒を供給する方法がとられてきた。高速回転による遠心力を利用して、冷媒を自然循環させることが可能であった。しかしコイルモジュール方式採用し、タービン発電機に比べて回転速度が2桁程度遅い風力発電機の場合、極低温の冷媒を長尺の配管に沿って圧送する必要があり、静止系から回転系に高圧力で冷媒を供給しなければならない。ところが、極低温高圧の冷媒のシール技術は確立していない。そこで、回転系と静止系の冷媒を分離し、熱交換により回転子内部の冷媒を冷却し、回転子内に設置した循環ポンプによりモジュール内配管に冷媒を供給する方式を考案した。

H25年度は考案した循環ポンプの各要素の動作を確認するために常温で動作する軸受および回転往復機構、駆動機構、さらに循環ポンプ部を備えた常温循環ポンプの設計と製作を行った。また、回転・静止型熱交換器に関しては、一次側、二次側がともに、ガス流体のため、熱交換効率を上げるために、対向流タイプにすること、接触面積を増やすために、フィン付チューブにする等の対策を検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 超電導風力発電機、コイルモジュール、冷媒給排装置、循環ポンプ、回転・静止型熱交換器

【研究題目】 木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開

【研究代表者】 三木 恒久
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 三木 恒久 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

木質素材を高い比率で含有しつつ、高強度、高耐熱、難燃化性能を持つ木材・プラスチック複合材（WPC）の高生産な塑性加工技術を開発する。木質細胞の階層構造に各種バインダを選択的に導入することで、プレス成形時に細胞実質の高機能化と同時に細胞間層のセミソリッド化による3次元大変形を実現する。この技術により、既存 WPC では困難である自動車用部材の実用化を図り、自動車産業のグリーンイノベーション化に貢献する。

産総研独自技術である「木材の流動化（セミソリッド）成形」を核にして、木質細胞の階層構造に各種バインダを選択的に導入することで、プレス成形時に細胞実質の高機能化と同時に細胞間層のセミソリッド化による3次元大変形が可能となった。バインダとして、低分子フェノール樹脂を木質素材に導入することによって、流動化が促進し、50MPa 以下の圧力で成形が可能となった。そして、側方押し出し成形を適用して、50wt%以上で木質素材を含有した WPC を得た。この物性値として、曲げ強度120MPa、剛性8GPa、シャルピー値3kJ/m²、熱たわみ温度100℃、難燃性能1.2mm V-1を持つ木材・プラスチック複合材を高生産（成形時間1プレス5分以下）で得ることができた。また、3次元形状への後方押し出し加工も可能になることを確認した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 木質材料、階層構造、複合高分子、塑性加工

〔研究題目〕 固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究

〔研究代表者〕 山地 克彦（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 山地 克彦、西 美奈、岸本 治夫、Katherine Bagarinao、堀田 照久、趙 度衡、呂 佩玲、石塚 香（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

これまで、平成17年度より平成19年度まで行われた NEDO「固体酸化物形燃料電池システム技術開発／信頼性向上に関する研究開発」をスタートとして、平成20年度から平成24年度には NEDO「固体酸化物燃料電池システム要素技術開発／耐久性・信頼性向上に関する基礎研究」の下、SOFC のスタック・モジュールメーカー及び他の研究機関と連携し、SOFC の耐久性向上に向けた基礎研究を遂行してきた。弊所では熱力学解析をベースに、二次イオン質量分析法やラマン分光分析法など種々の分析技術を駆使し、SOFC 材料の信頼性を向上させるべく、その劣化挙動の把握とメカニズムの解明に取り組んできた。その成果を踏まえ、本年度から新たに、NEDO「固体酸化物形燃料電池等実用化推進技術開発／固体酸化物形燃料電池の耐久性迅速評価方法に関する基礎研究」が開始され、弊所もこれまでの成果を踏

まえ、発展的に成果を排出すべくプロジェクトにかかわることとなった。そこでは、10年間の耐久性（劣化率0.1%/1000h）を早期に見通すことを目標に、主に3つの課題、①中温筒状平板形の耐久性評価、②熱力学的解析による劣化機構解明と加速要因分析、③耐久性迅速評価方法の開発、に取り組むことになる。本年度は①について、都市ガス燃料仕様は20,000時間運転の2009年度機、LPG 燃料は10,000時間運転の2011年度機を対象に、フィールド実証機の解体分析を開始した。②については、各セルスタックの劣化挙動解明に向け、SIMS 分析とラマン分光分析を中心に解体分析を開始し、空気極の被毒現象について、実機に近い条件での加速試験を開始した。③については、電解質の経年劣化を予測するためのデータ整理と定式化の検討を開始した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池、SOFC、耐久性、信頼性、不純物、2次イオン質量分析計、セルスタック

〔研究題目〕 電気的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発

〔研究代表者〕 三重 安弘（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 三重 安弘、館山 絵美（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目的：

高い生体親和性を有する導電性材料を合成・作製すること、及びこれらを用いて電極界面上に様々なナノ構造を構築する手法の確立を目標とする。これにより、酵素反応を利用するバイオプロセスの高効率化・低コスト化を実現するための「電気的酵素反応駆動技術」を開発するための基礎が確立される。

研究計画：

本研究では、導電性ナノ構造を有する電極界面を用いて、該ナノ空間に酵素分子を埋め込み固定することで、「電極から酵素への迅速電子移動」と「電極上での酵素の失活防止」を実現する。

年度進捗状況：

本年度は、昨年度に開発した有用な修飾電極を用い、複数種のシトクロム P450酵素について基質変換反応を電気化学的に進行させ、種々の反応を調査した。酵素種と基質の組み合わせによっては、複数の生成物（変換物質）が検出され、溶液系での酵素反応とは異なる物質が生じることが明らかとなった。電極界面の修飾分子の種類、反応時間、印加電圧等種々の条件での検討を行い、特定の基質についてはその要因の一つをつきとめることができた。しかしながら、他の要因も寄与していることが推察され、それらを明らかにすることが課題として示された。今後は、更なる要因の解明を行い、該要因を制御することで多様な物質を生産可能な系の開発に繋げて

いきたい。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオプロセス、酸化還元酵素、電気的酵素反応駆動、ナノ構造界面

【大項目名】低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発

【中項目名】高効率・高耐久性色素増感太陽電池のための原理究明と材料・モジュールの開発

【研究代表者】杉原 秀樹（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】杉原 秀樹、北尾 修、草間 仁、小野澤 伸子、船木 敬、小西 由也、春日 和行（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

色素増感太陽電池の超高効率実現のためには、従来型ルテニウム錯体や酸化チタンに代わり、赤外光まで効率良く利用するための革新的な材料開発を進めることが必須である。特に赤外光領域の小さなエネルギーの光を利用する場合、電子移動のためのポテンシャル差を大きく取ることが出来ないため、材料固有のエネルギー準位が非常に重要になる。高効率実現のためには、電子移動が十分速く起こるぎりぎりのエネルギー差をもつよう材料を組み合わせる必要があり、様々なポテンシャルをもつ多種類の材料情報をもつことが重要である。

平成25年度は、東京大学と共同で中項目課題を実施した。産総研ではルテニウム錯体を対象として新規増感色素の探索を行った。テルピリジントリカルボン酸とトリフルオロメチル基の導入位置の異なるフェニルピリミジン誘導体、チオシアナト基を配位子とするルテニウム(II)錯体を新たに合成し、電子吸引性基導入位置の効果について知見を得た。

二つのキノリルピリジンジカルボン酸と2-フェニルピリジン、又は2-(2-チエニル)ピリジン、又は2-(4-メトキシフェニル)ピリジンを配位子とするシクロメタルルテニウム錯体を新たに合成しその増感色素としての特性を検討し、近赤外光である900nmでの光電変換量子効率として非常に大きい25%を実現した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、有機系、ルテニウム、色素増感

【研究題目】「金属系構造材料の高性能化のためのマルチスケール組織設計・評価手法の開発」の推進

【研究代表者】香山 正憲

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】香山 正憲、田中 真悟、

Sharma Vikas（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

実用材料の特性を支配する微細構造（析出相、粒界、

転位などの集合体）の構造や性質、力学挙動を、大規模第一原理計算により、原子・電子の挙動から解明し、乱れた原子配列や合金成分、各種添加物の効果を探るとともに、Phase Field法などメゾスケールの計算技術と繋ぐことで、マルチスケールの組織設計・特性評価技術を構築する。また、計算材料科学分野における高性能汎用計算機の活用のための各種計算技術の構築、融合、普及を推進し、計算材料科学技術推進体制の構築を支援し、これにより独創的な成果の創成を推進し、プロジェクト全体の戦略目標の達成に貢献する。平成25年度は、前年度に引き続き、鉄鋼材料中のFe/析出相界面の構造モデルの大規模第一原理計算をOpenMXコードを用いて進めた。さらに、QMASコードを用いて、界面近傍の局所応力や局所エネルギー分布の精密解析も行った。これらにより、異相界面での原子、電子の振る舞いが明らかになり、界面の格子歪の効果、応力や界面エネルギーの起源、整合界面から部分整合界面への遷移を定量的に掘り下げて理解することができた。また、鉄鋼材料中の転位芯構造のモデルを構築し、OpenMXによる大規模第一原理計算を進めた。転位芯の6回対称が再現され、合金成分(Si)との強い相互作用が電子挙動から明らかになった。こうした第一原理計算結果をメゾ・マクロのシミュレーションに連結させるための手法開発として、第一原理計算をPhase Field法に繋ぐ方法論について、理論的・計算技術的な検討を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大規模第一原理計算、次世代スパコン、計算材料科学、異相界面

【研究題目】車載電池の性能評価手法の技術開発

【研究代表者】小林 弘典

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】小林 弘典、鹿野 昌弘、小池 伸二、奥村 豊旗、廣瀬 道夫、金光谷 和彦、和合 由美子、森 里織、山本 博文、山口 洋一、鈴木 友美、竹井 かずえ、古谷 恭代、平井 順、名倉 規代、中島 美幸、松本 勝、山野 由美子（常勤職員4名、他14名）

【研究内容】

管理下走行試験および走行を模擬した電池単体の加速劣化試験によって劣化した車載蓄電池について内部分析を行い、電池構成材料を直接調べることで劣化要因を解明することを目的とする。今年度は、「車載蓄電池単体について、加速劣化試験により特性劣化させた電池の内部分析を行うことで、電池の種類・使用条件の違いによる劣化モードや劣化要因の違いを明らかにし、電池単体での将来の残存性能評価に適した余寿命推定式を提案する」ことを研究開発目標として実施した。1) 車載蓄電池の電池試験の実施：車載蓄電池単体のサイクル試験お

よび保存試験を実施した。取得したデータに対して各種解析手法を適用することで、将来の残存性能評価に適した余寿命推定式について検討し、有効と思われる手法について提案した。また、試験終了後の一部の蓄電池については解体を実施し、内部の材料について分析を実施した。2) 18650型円筒電池を用いた電池試験の実施：電気自動車型小容量モデルセルを試作し、加速条件抽出のためのサイクル試験及び保存試験を実施した。また、電池特性評価・寿命評価方法について検討を行い、小容量モデルセルで検証した。3) 定量分析手法の検討：電極材料の物性の定量化を可能にする電池内部分析手法について、精度向上についての検討をした。SPring-8等の量子ビーム施設を利用し、試験後の特性劣化した電池構成材料のバルク構造や表面構造の変化について、データを収集／蓄積することで、特に、正極電極の二相解析結果の構造パラメーターの精度向上が図れた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】車載蓄電池、解体試験、量子ビーム

【研究題目】「京都大学 構造材料元素戦略研究拠点」

構造材料の粒界・欠陥の基礎物性の第一原理計算

【研究代表者】香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】香山 正憲、田中 真悟

(常勤職員2名)

【研究内容】

耐熱材料や構造材料の特性は、結晶粒界や界面、欠陥の構造とエネルギー、諸性質に大きく支配される。特に、粒界・界面・欠陥の応力下での挙動の理解が重要である。本研究課題では、まず、こうした粒界・界面・欠陥の構造や安定性、諸性質、応力下での挙動を、第一原理計算を用いて高精度に解明するための方法論、手法を検討する。とりわけ、威力を発揮すると期待される「局所エネルギー・局所応力の解析法」の整備とその適用方法の検討を進めた。構造材料中の粒界や欠陥の構造・エネルギー、それらの応力下での振る舞いを原子・電子挙動から解明する手法として、局所エネルギー・局所応力の第一原理計算法の開発と適用を引き続き行った。前年度に開始した鉄粒界への適用を拡張し、四種の回転角の〈110〉傾角の対応粒界に適用した。回転角に応じて界面構造ユニットの種類・配列が変わり、界面原子の局所エネルギーや局所応力の様子も相関して変化の様子が明らかにされ、鉄粒界の安定性・強度解析への有効性が示された。また、鉄粒界への不純物偏析として Si 偏析を取り上げ、偏析機構が局所エネルギー分解により効果的に解析できることが見出された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】第一原理計算、粒界・界面、局所エネルギー

ギー、局所応力

【研究題目】定置用リチウムイオン二次電池の安全性評価技術等の開発

【研究代表者】小林 弘典

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】小林 弘典、小池 伸二、鹿野 昌弘、永井 功、松島 壽一

(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

本研究開発では、定置用リチウムイオン電池に係る国際標準の検討に対応した安全性試験等の試験方法の開発及び第三者認証の構築を視野に入れた試験方法の開発に資するため、耐熱試験に適用可能な単電池熱暴走方法の開発および製造直後の電池を評価する事で、電池のライフサイクルにおける安全性評価を代表することが可能であるかを検証することを目的とする。そのために、長期的な電池性能評価を実施しつつ劣化電池の安全性を検証する事とする。今年度は「耐熱試験用単電池熱暴走方法の開発」と共に、「長期的な電池性能・安全性の評価と検証」を合わせて実施した。「耐熱試験用単電池熱暴走方法の開発」に関連して、昨年度までに案出した耐熱試験用単電池熱暴走方法を定置用リチウムイオン単電池に適用し、いずれの電池も熱暴走に至ることを確認することで、試験方法として有効であることを実証した。また、「長期的な電池性能・安全性の評価と検証」に関連しては、昨年度から実施している1つの電池系の試験を継続し、本年度中に長期的な電池性能試験を完了するとともに劣化電池の安全性試験も概ね終了した。その結果、この電池系は温度による加速劣化が効果的で、劣化電池の安全性についても未使用品と比較して安全性が低下することはなく、劣化電池の安全性試験を改めて実施する必要がないことが実証された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】定置用リチウムイオン電池、第三者認証、安全性試験

【研究題目】ダイヤモンド金属-半導体電界効果トランジスタ (MESFET) の開発

【研究代表者】鹿田 真一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】鹿田 真一、梅澤 仁、坪内 信輝、渡邊 幸志 (常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

過酷事故環境へ適用可能な基盤技術として革新的原子炉システムの安全性・信頼性強化に資するため、耐熱・耐放射線性 (X 線、 γ 線、中性子線) にすぐれた前置増幅器用ダイヤモンド電界効果トランジスタを開発することを目標とした研究を分担している。

研究計画全体は、①バルク結晶、電気特性評価用基本

的電子デバイスに対する X 線、 γ 線、中性子照射による放射線照射実験、②エリアモニターならびに CAMS 用 γ 線検出器の開発、③前置増幅器用金属-絶縁体-半導体電界効果トランジスタ (MISFET) 及び金属-半導体電界効果トランジスタ (MESFET) の開発、④ダイヤモンド FET をもちいた前置増幅器の検討からなり、当機関では③の MESFET を研究主体として遂行し、①の支援研究を実施している。

H25年度は、ダイヤモンド薄膜の耐放射線性を評価するため、p 型ダイヤモンド薄膜試料を合成し、X 線照射前後における試料の結晶性および電気伝導特性について評価を行い10kGy 照射前後のホール効果測定で、優位差が見られないことを確認実証した。擬似縦型構造ショットキーダイオードを基本素子として、同様に X 線照射前後における特性の変動を評価して放射線耐性を確認した。10kGy 照射後一部の素子でもれ電流が1~3桁程度上昇していることがわかった。表面リークパスの形成などが原因として考えられる。過酷事故環境下の高温度状態にあって、FET 増幅回路を高利得・低雑音・低損失で動作するために重要な低抵抗コンタクト層選択形成を行い、構造設計知見をもとに、高品質エピ成長を行い FET に最適な膜厚とドーピング濃度をもつ p 型 CVD エピ膜を得た。耐熱性ショットキー電極を用いてコルビノ型素子による基本 MESFET を試作し評価した。

【分野名】環境エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、耐放射線、トランジスタ

【研究題目】分子モデリングに基づく高度創薬支援

【研究代表者】広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】広川 貴次、本野 千恵
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

創薬標的タンパク質を対象に、ホモロジーモデリング、ドッキング計算 (タンパク質-タンパク質、タンパク質-低分子、タンパク質-核酸)、分子動力学計算要素技術に基づいた、立体構造に指南されるドラッグデザインを高精度で実施するための高度分子モデリング技術の支援と高度化を行う。申請者らが取り組んできた、GPCR やキナーゼなど代表的な創薬標的タンパク質に対する分子モデリング実績や、網羅的モデリングデータベース SAHG の活用による外部研究者への「支援」活動と、次世代の標的とされるタンパク質-タンパク質 (核酸) 相互作用や、分子認識に大きな構造変化を伴う難易度の高い標的タンパク質への創薬支援を目指した、大規模計算、分子動力学計算を積極的に活用した「高度化」研究を実施する。

平成25年度では、支援と高度化合わせて15件の共同研究 (うち共同研究契約2件、事業内連携2件、事業外連携11件) および2件のコンサルテーションを実施した。現

在も10件の採択支援課題を進行中。成果として誌上発表6報。複数の支援課題で、化合物の提案も済み、活性評価が期待される。課題内の高度化研究から、誌上発表1報、リバイス中1報、ツールの外部公開1件。創薬に関する技術者養成コースをのべ12コース開催、研究講演会を1回開催。大学・企業からの人材へのオンザジョブトレーニングをのべ8名に実施した。論文成果は以下の通りである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】分子モデリング、タンパク質-化合物複合体予測、薬物分子シミュレーション、インシリコ創薬

【研究題目】インフルエンザウイルス複製に関与する宿主因子とウイルス因子のインターフェースを標的とした新規抗ウイルス薬探索の基盤研究

【研究代表者】夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】夏目 徹 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

インフルエンザウイルスの増殖過程の中の、ウイルスゲノムの複製とウイルス遺伝子の転写過程に焦点をあて、独自に開発した活性を指標とするアッセイ系である cell-free 系と酵母内ウイルスレプリコン系を基盤として、基本的でユビキタな感染体と宿主因子の重要な相互作用ネットワークを同定する。得られたネットワーク情報を基に、新規な抗ウイルス薬開発ターゲットの発見を目指す。

これまでの、変異率の高いウイルス因子を標的としたものが主であるので、本研究ではウイルス因子と宿主因子のインターフェースの構造基盤を明らかにし、これをもとに宿主因子を標的としてウイルス因子との相互作用を阻害する新しい作用機序の抗ウイルス薬を探索することを目指し、インフルエンザウイルスの制御戦略に資する。

今年度は、感染体ゲノムにタグ付けを行い、網羅的にコンピテント細胞に遺伝子導入する準備を整え、システムティックなネットワーク解析を行う準備を整えた。

また、感染体の遺伝子転写に関わる、重要な因子間の相互作用を阻害する低分子化合物のスクリーニングを、感染体因子の精密な構造情報に基づき実施した。得られたヒット化合物の中から、ブランクアッセイ、in vitro の転写活性評価などから、毒性がなく高い抗ウイルス活性を有するリード化合物候補を得た。得られた化合物と感染体因子との相互作用について NMR 法を用いて測定し、相互作用情報を加えた形でドッキングシミュレーションを行い化合物-感染体因子複体の構造情報を得ることができた。今後は化合物を合理的理論設計から最適化を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ウイルス、宿主感染体ネットワーク、質量分析、インフルエンザ

【研究題目】 B型肝炎ウイルスにおける糖鎖の機能解析と医用応用技術の実用化へ

【研究代表者】 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 成松 久、梶 裕之、久野 敦、
梅谷内 晶、佐藤 隆、安形 清彦、
助川 昌子、我妻 孝則、平野 朋子、
高野 慶子、辻川 紫華子
（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

日本には約140万人のB型肝炎ウイルス（HBV）保有者がいると考えられ、我が国ではユニバーサルワクチン接種が行われておらず、母子感染に加え水平感染による新規感染が起きている。B型肝炎においてはインターフェロンによる治療成績が悪い場合が多く、核酸アナログ薬の継続投与でも薬剤耐性ウイルスの出現が問題になっており、逆転写酵素に代わる創薬ターゲットの発見が必須である。本研究は、平成25年度厚生労働科学研究費補助金（B型肝炎創薬実用化等研究事業）として採択され実施した。本研究では、肝疾患やHBV作製・感染実験の専門家とグライコプロテオミクス技術などの糖鎖機能解析技術を開発・実用化して来た糖鎖生物学者との協力体制（医工連携体制）により、HBVの感染過程における糖鎖の役割を明らかにし、他研究課題と連携しB型肝炎の新規治療薬の開発を目指している。

- 1) HBV (HBs 抗原) の糖鎖解析：多数の検体からHBV (HBs 抗原) を調製し、レクチンアレイ技術を応用した解析法の開発や、質量分析によるHBs 抗原と糖鎖の構造解析を行った。N型糖鎖修飾がPre-S領域のN末側にある事が確認された。3種のHBs (S, M, L) の糖鎖付加はほぼ50%であり、S領域のN型糖鎖修飾の割合に依存しており、ウイルス粒子内における配向性との関連が考えられる。また、開発した技術によって異なる背景肝について多数サンプルの糖鎖構造を分析・比較していく事が可能になった。HBV感染と肝線維化や肝がん発症とのマーカー開発に繋がれば治療の効率化に繋がると考えられる。
- 2) HBV 感染可能細胞の糖鎖解析：産総研独自のグライコプロテオミクス技術を用いHBV 感染可能細胞と非感染可能細胞の糖鎖プロファイリング、次世代シーケンサー等を用いた糖鎖遺伝子の発現解析を行った。HBV 感染機構における肝細胞側の糖鎖の役割は全く分かっておらず、宿主肝細胞の糖鎖合成系がHBV上の糖鎖構造にどのように影響を及ぼすかは不明である。これまでに5種の肝がん細胞とヒト肝細胞の次世代シーケンサーによる解析を終了しており、糖鎖関連遺伝子の発現における差が明らかになったので、HBV感

染との関係をより詳細に解析していく必要がある。また、福島県立医科大・伊藤先生との共同研究により、HBs 抗原上の糖鎖構造解析（N-glycan/O-glycan 解析）を行った。N結合型糖鎖とO結合型糖鎖はともに単純な構造であったが、肝細胞の膜糖タンパク質の糖鎖構造と異なる結果となった。

- 3) HBV-宿主細胞における糖鎖の役割：感染に関わる分子探索のために、肝細胞で発現し感染不可能な肝がん細胞で発現していないHBV糖鎖受容体候補分子を探索した。肝細胞に発現する内在性レクチンをクローニングし、血清より精製したHBs抗原との結合を解析した結果、有意に結合が確認される分子を確認した（幹細胞研究センター・館野研究院との共同研究）。肝臓内局在やHBV感染との関連性を検証中である。
- 4) 糖鎖改変のHBVの増殖・感染能への影響：HBVを産生する肝細胞の糖鎖合成系を阻害し、HBV粒子の形成・分泌能を解析した。糖鎖遺伝子を2群（抑制目的と過剰発現目的）に分け、cDNAとsiRNAライブラリーの作成を進め、糖鎖改変細胞作製の準備を行った。また、糖鎖遺伝子siRNAを用いHBs抗原の分泌を抑制する遺伝子のスクリーニングを行った。糖鎖改変細胞の影響を詳細に解析する事により、創薬ターゲットの選定に繋げる。
- 5) 糖鎖修飾を受けたHBs抗原の大量精製：現行のワクチン接種により得られた抗体（富山大・田尻先生）を解析した結果、糖鎖の付いていないHBs抗原のみを認識する事が分かった。生物プロセス研究部門・千葉研究員との共同研究として、ヒト型糖鎖を有するL-HBs抗原を発現する酵母を作製した。2種のcDNAに由来するクローンでL-HBs抗原の発現に成功し、少なくとも一つのN型糖鎖修飾を有する事を確認した。大量精製のために、酵母株、培養条件、精製法の条件検討を行った。今後、免疫試験を行い糖鎖の影響を解析し、より有効なワクチンの開発に繋げる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 B型肝炎ウイルス、糖鎖、グライコプロテオミクス、レクチンアレイ、ワクチン

【研究題目】 肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化

【研究代表者】 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 成松 久、梶 裕之、久野 敦、
梅谷内 晶、佐藤 隆、雄長 誠、
曾我部 万紀、清原 克恵、萩原 梢、
海野 幸子、橋本 美香、鉄羅 奈央子
（常勤職員5名、他7名）

【研究内容】

C型慢性肝炎患者の多くは、肝線維化が進展し、肝硬変を経て、やがて肝がんを発症する。この慢性肝炎の治療には抗ウイルス療法が適用されるが、その効果判定や

肝硬変、肝がんハイリスク群のエンリッチには肝線維化の程度を知ることが重要である。しかしその判定は高侵襲性の生検によるため、臨床上の隘路となっている。また、現行の肝がんマーカーでは、早期発見は難しい。我々はこれまでに肝臓由来血清糖タンパク質の糖鎖構造が、肝疾患の進展に伴って変化することに着目し、肝線維化および肝がんマーカーの候補糖タンパク質を多数見いだした。本年度は、

- 1) 肝疾患、特に肝がんに対する診断マーカーの探索、正当検証及び簡易測定系の開発
- 2) 2つの開発済み肝疾患病態指標マーカーの多施設多検体検証

を行うことを目的とする。以下にその成果を示す。

- 1) 新規肝疾患病態指標マーカーの簡易測定系開発

新規肝がんマーカーの探索においては、AFP 非産生肝がん群に相関するレクチンに結合する、肝がん細胞由来の糖タンパク質として同定された候補分子について、データマイニングの手法により候補分子絞り込み、優先順位付けを行った。絞り込んだ分子のうち6種については抗体オーバーレイレクチンアレイにより比較糖鎖プロファイリングを実施し、マーカーとなる可能性を検討した。

また、レクチンアレイによる肝細胞がん組織標本の比較糖鎖解析を行った。背景肝の異なる複数のがん組織標本を用い、がん部・非がん部組織領域についてレクチンアレイ解析を行った。データ規格化後の統計解析の結果、がん部で有意にシグナルが増減するレクチンをいくつか見出した。特にレクチン X はがん部でのシグナルが高値であった。組織染色により、レクチン X はがん細胞の特定領域を染めることが判明した。

- 2) 多施設多検体検証

昨年度に引き続き線維化マーカーWFA⁺-M2BP の多施設多検体解析を実施し、1600例分の測定が追加された（累計総数として5695検体）。以上より、マーカーの有効性や特性がさらに明確になった。それとは別に、新規マーカーWFA⁺-CSF1R についても、臨床的有効性検証を行った。血中における総 CSF1R 量（total CSF1R）を抗体サンドイッチ ELISA 系によって測定することで、total CSF1R に対する WFA⁺-CSF1R の割合（WFA/total）を算出した。その結果、（i）WFA⁺-CSF1R 値によって肝硬変患者の予後予測が可能であること（ii）早期 HCC 発症予測が可能であること（iii）WFA⁺-CSF1R /total CSF1R は HCC の発症予測が可能であることを示した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、肝臓疾患、肝線維化、迅速診断

【研究題目】CHP/NY-ESO-1ポリペプチドがんワクチ

ンの術後食道癌症例を対象とした多施設共同前期第 II 相臨床試験

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】五島 直樹、小川 浩二（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

転移・再発固形腫瘍例に対する化学療法を始めとする薬物治療の限界を改善するため、宿主の免疫反応を利用する免疫的治療が注目されている。近年、T リンパ球に認識される腫瘍抗原が多数同定されてきているが、これら同定抗原を免疫源とする「癌ワクチン」が有望な特異的癌免疫療法の一つとして期待されている。これまでに癌ワクチン投与後に抗原特異的免疫反応が患者体内で誘導され、また低頻度ながら腫瘍縮小反応がみられることが挙げられる。癌ワクチン投与後の免疫反応として、免疫源に対する抗体産生だけでなく種々の抗体産生が誘導されることが報告されている。本研究では、癌ワクチン投与後に生じる体内での免疫反応をプロファイリングし、対象群と比較することによって治験研究の補助的データとすることを目的とする。

我々が開発した世界最大のヒトタンパク質発現リソース（HuPEX）から cancer/testis antigen（CTA：癌と精巣のみに発現する遺伝子群）の240種を選択し、コムギ無細胞タンパク質合成系で合成した。傍腫瘍性神経疾患患者の血清をテストサンプルとして使用し、血清中の自己抗体のプロファイリングを、Beads 方式とアモルファスカーボン（aC）基板方式によって作製したプロテインアレイを使用して検出を行った。Beads 方式のアレイは240種の CTA タンパク質に対して14種のタンパク質に対する自己抗体を検出した。一方、aC 基板方式のアレイは19種のタンパク質に対する自己抗体を検出した。Beads 方式のアレイは1基板あたり180種のタンパク質を搭載しており、aC 基板方式は356種のタンパク質を搭載可能である。

どちらのアレイ化方法も、タンパク質の高次構造を維持し、ネイティブなタンパク質を基板上に整列化する我々オリジナルのものである。新規開発の aC 基板方式は自己抗体検出の再現性が高く、スポットの高密度化も行いやすい特徴を有する。バイオテック社の EDR-384SX 分注機を利用し、独自開発のプロトコールにより aC 基板上に384~1536スポットを1ショットでタンパク質をアレイ化できる。プロテインアレイの評価として、傍腫瘍性神経疾患患者の血清をテストサンプルとして使用し、血清に含まれている自己抗体の解析結果を指標に行う（（独）産業技術総合研究所の倫理委員会で承認を得た。）

（独）産業技術総合研究所のヒト由来資料実験申請書を提出し、倫理委員会で承認を得ている。また、医師主導治験におけるプロテインアレイ測定機関に対する治験

前監査を実施した。治験における検査実施に必要な組織や手順書等は整備されていることを確認した。

傍腫瘍性神経疾患患者の血清（40μL）を使用し、血清中の自己抗体のプロファイリングを、aC 基板方式のプロテインアレイを使用して行った。aC 基板方式のアレイは、384スポットと比較して1536スポットのアレイにおいても全く同じ抗体シグナルパターンを検出した。また、複数のアレイを作製し、その抗体シグナルパターンの再現性を検討し、非常に良い再現性を示した。さらにハイスルーブットな抗体プロファイリングが可能であることを確認した。

従来法の Beads 方式よりも aC 基板方式のプロテインアレイのほうが血清中の抗体シグナルを検出する上で、非常に再現性が高いことが明らかになった。また、Beads 方式（7mL）よりも aC 基板方式（40μL）の方が少量のプロブ溶液量で反応させることができ、高濃度の血清溶液で反応させることが可能である。さらに aC 基板方式は基板のカーボン素材の特徴により自家蛍光がほとんどなく、蛍光検出において高感度検出が可能であり、測定の実量性も非常に良い。

疾患患者の血清中の自己抗体プロファイリングを行う方法として、タンパク質スポットの高密度化のしやすさ、高感度の抗体検出において aC 基板方式が有効である。また、図3の結果で分かるように aC 基板方式では弱いシグナルの検出の再現性も非常に高い結果を示した。したがって、本治験での血清中の自己抗体プロファイリングには aC 基板方式が適していると考えられる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 がんワクチン、免疫療法、食道癌、自己抗体、免疫プロファイリング、免疫モニタリング、プロテインアレイ、CTA、癌特異的抗原

【研究 題 目】 中小規模事業場向けのリスクアセスメント手法の開発

【研究代表者】 和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】 和田 有司、牧野 良次、松倉 邦夫
（常勤職員2名、他1名）

【研究 内 容】

近年の労働災害による休業4日以上死傷者数はおよそ11万人で推移している。平成22年では死傷者数の50%、死亡者の65%が従業員30人未満の事業場に所属していた。このことは労災被災者数の削減を促進するには中小規模事業場に着目する必要があることを示している。一方で、労災削減においてはリスクアセスメントの実施が望まれているにも関わらず、リスクアセスメントが行われるべき中小規模事業場でむしろ普及が進んでいない現実がある。そこで本研究は中小規模事業場で導入容易なリスクアセスメント手法の開発を目的とする。

中小規模事業場は人員や資金確保の面で厳しい状況に

あり、それがリスクアセスメントの導入阻害要因になっていると考えられる。普及可能なリスクアセスメント手法が備えるべき条件として「少人数で・短時間で・小額で実行可能」であることが必須である。同時に、事故削減という目的上十分な精度でリスクを定量化する必要がある。中小規模事業場でのリスクアセスメントを普及させかつ事故削減に貢献するためには、上記の条件を満たす評価手法の開発が急務である。

安全工学会が開発し本研究代表者および分担者も関与している「保安力評価システム」を開発のベースとする。しかしながら、現行の保安力評価システムは大規模事業者への適用を念頭に置いた手法であり、そのまま中小規模事業場に適用することはできない。そこで本研究では、現行の保安力評価システムを簡易化し中小規模事業場向けに改良したリスクアセスメントのための質問項目を作成した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 中小規模事業場、労働災害、リスクアセスメント

【研究 題 目】 妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究

【研究代表者】 吉川 裕之（筑波大学大学院）

【研究担当者】 江馬 眞（安全科学研究部門）
（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本研究の目的は、妊婦及び授乳婦に対する医薬品の催奇形性等の発生毒性のリスクを臨床現場で正しく理解するために、本邦独自のリスク分類を確立することである。そのためには動物実験による胎児及び新生児に対する有害影響を正確に把握する必要がある。動物を用いた発生毒性試験結果の正確な解釈のためには試験に用いた動物の背景対照データが必要不可欠である。

本年度は、ラットの発生毒性試験の背景対照データを昨年に引き続いて整理した。1994-2010年に実施されたラットを用いた発生毒性試験に関する背景対照データを国内の19機関（製薬会社：10社、受託研究機関：9社）から収集した。試験のデータは1994-2000年及び2001-2010年に分けて解析した。最近、我が国に導入されたハノーバー・ウイスター・ラットに関するデータについても収集・整理した。研究機関間の胎児異常の頻度の差は各研究機関における観察指標、判定基準と分類、異常に関する用語の違いによると考えられた。これらの背景データは発生毒性試験結果の評価には必要不可欠であり、ラットを用いた発生毒性試験結果をより正確に解釈するためには、今後も引き続き背景データを収集・整理することが必要である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 動物実験、発生毒性、催奇形性、胎児毒性、ラット

〔研究題目〕被災後の子どものこころの支援に関する研究

〔研究代表者〕 西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 西田 佳史、本村 陽一、北村 光司（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、被災後に閉じこもり、セルフコントロールの困難などの問題を抱える子どもの心のケアの新たな試みとして、センサ遊具（対話的遊具）を通じて、個々の子どもにあった様々なチャレンジを提供することで、それを乗り越える楽しさ、身体をコントロールするスキルを身につける楽しさ、他の子どもとコミュニケーションを取り知識伝承の楽しさなどを育める環境を開発し、その効果検証を行うことにある。

平成25年度は、産総研が保有しているノボレオンと呼ばれる対話遊具を改造し、小学生のための遊びプログラムと、SNS を組み合わせた包括的な支援システムを実現するために、システムの改良に加え、そのシステムを運用する方法論及び、持続的に発展させるための利用者 と支援者コミュニティ作りの検討とイベントの実施を行い、持続的な活動を可能にするための方策を検討した。

具体的には、改良型の対話型センサ遊具を被災地以外の地域に導入して、地域に適した遊びプログラムの開発とイベントの実施を行った。対象地域としては、冬季や雨天時でもイベントの実施が可能である富山市の総曲輪グランドプラザを選び、地域活性化のために設置されている支援団体や主に富山大学の学生によって活動が支えられている「富山まちなか研究室」と連携できる連携体制を構築した。富山市総曲輪グランドプラザにおいて開催される子ども向けのイベント期間（12/13～1/13）において、ノボレオンを使用した子どもの遊びイベントを活用した継続的な活動を実施し、その問題点や改良方法を調査した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 スキル評価、行動モデル、行動シミュレーション、こころのケア、センサネットワーク、遊具

〔研究題目〕蝸牛遅延を考慮した聴覚末梢系情報処理メカニズム解明及び情報処理技術への応用

〔研究代表者〕 饗庭 絵里子（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 饗庭 絵里子、中川 誠司、津崎 実、長田 典子（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、蝸牛遅延特性を活用し、蝸牛から脳幹に至るまでの聴覚末梢系における情報処理メカニズムの全体像明らかにすることである。蝸牛遅延とは、蝸牛基底膜の物理的な固さが、鼓膜側から蝸牛頂側にいくにつれて次第に柔らかくなることから、その固さに応じてよりよく共振する周波数が異なり、低音域に情報処理の遅れが生じる現象のことである。本成果は、将来的に、音情報を聞き取りやすく加工する情報処理手法の開発にもつながる。

現在までに、ヒトの聴覚が音のオンセットの同時性を知覚する際の精度を推定するための実験を実施し、聴覚システムは低音域の遅延に対してのみ同時性の知覚精度が低いことが明らかになっている。また、その高音域に対する遅延が約40msであったとしても、約10msの遅延との区別がつきにくいことも示された。

これに加え、音のオンセットの同時性の知覚精度推定に対する日常的な聴取訓練の影響も観察した。その結果、楽器演奏などに伴う日常的な注意深い聴取訓練が、同時生判断の精度の向上を向上させることが明らかになった。さらに、蝸牛遅延による時間的な情報の崩れの処理に関わるようなシステムとは別の段階で生じている可能性が示唆された。

さらに、聴性脳幹反応と呼ばれる音のオンセットに対して引き起こされる脳波との比較を行ったところ、長期にわたる訓練を行うことで、刺激のオンセットと聴性脳幹反応との同期が高まっていることが示唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 聴覚、蝸牛遅延、時間情報処理

〔研究題目〕科学技術週間ポスター「一家に1枚—鉱物」の制作

〔研究代表者〕 奥山 康子（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 宮嶋 敏（埼玉県立深谷第一高校）、鮎沢 潤（福岡大学）、赤井 純治（新潟大学）、川手 新一（武蔵高等学校・中学校）貴治 康夫（大阪府立箕面東高校）、黒澤 正紀（筑波大学）田中 陵二（（財）相模中央化学研究所）、土山 明（京都大学）長瀬 敏郎（東北大学）、宮島 宏（糸魚川フォッサマグナミュージアム）宮脇 律郎（国立科学博物館）、山田 隆（日本医科大学）（常勤職員1名、他12名）

〔研究内容〕

「一家に1枚」ポスターは、文部科学省が毎年4月第3週の科学技術週間に発行し、全国規模で配布する、科学に親しみ理解を深めることを目的としたポスターで、2005年発行の「一家に1枚 元素周期表」に始まる。2013年4月の科学技術週間に向けた企画に奥山を代表とし日本鉱物学会に所属する上記メンバーの提案「鉱物—地球と宇宙の宝物」が採択され、2012年度後半に制作活動を進めた。ポスターは24万5000枚印刷され、4月19日からの科学技術週間で全国の博物館・展示館で配布されたほか、小・中・高等学校にて教材利用された。産総

研ではサイエンス・スクエアーが1,000枚、地質標本館が5,000枚のポスターを一般配布用に受け取り、科学技術週間を中心とするイベントにて配布した。

「鉱物—地球と宇宙の宝物」ポスターは、「一家に1枚」ポスターとして地球科学分野はもちろん自然史全般で初めて企画採択・発行されたものである。地球科学分野ではアウトリーチへの関心が高く、今後企画を取りたい諸学会・機関から本企画について数多い問い合わせがあった。関心に応えるため、本企画実現までの経緯などを簡略に取りまとめ、日本地球惑星科学連合ニュースレターにて紹介した。なお奥山以下の担当者は、本企画実現にたいして日本鉱物科学会から学会表彰を受けた。

【分 野 名】地質

【キーワード】科学技術週間、ポスター、鉱物、アウトリーチ

【研究 題目】可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発

【研究代表者】永井 秀典（健康工学研究部門）

【研究担当者】永井 秀典、鳴石 奈穂子、
駒場 リリアン 楓、高島 瑞紀
（常勤職員1名、他3名）

【研究 内容】

目標：

病原性微生物を検知するバイオセンサを搭載した、小型軽量で携帯可能なシステムを開発する。超高速なセグメントフローPCR を搭載し、測定開始から結果表示まで15分以内に危険濃度の検知を実現する。

研究計画：

生物剤・化学剤検出用ユニットを統合したプロトタイプ装置を大阪大学と共同で開発し、炭疽菌検出用バイオセンサの性能について、炭疽菌芽胞の擬剤を用いて、大気捕集から検出までの分析時間を最適化する。プロトタイプの大気捕集装置を用いた検討により、発症・致死濃度程度に対して、10cell/μL の捕集能を達成できたことから、本濃度以下を検出できる最短時間を検討する。

年度進捗状況：

炭疽菌擬剤の遺伝子を迅速に検知する技術として、既存のリアルタイム PCR キットによる蛍光検出を用いていたが、既存のキットに使用している反応系が高速化に適していなかったため、検出する遺伝子断片長の短縮と、検出試薬である蛍光プローブの種類を改良することにより、炭疽菌検出用バイオセンサの捕集後の検出時間を15分から8.5分まで高速化することに成功した。エンドポイント検出における再現性も良好で、8.5cells/μL の感度を実現した。

【分 野 名】ライフサイエンス

【キーワード】PCR、POCT、遺伝子、炭疽菌

【研究 題目】データベース（研究成果データベース）

リレーショナル化学災害データベース

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】和田 有司、若倉 正英、中島 農夫男、
松倉 邦夫、伊藤 俊介、阿部 祥子、
河辺 圭美、伊藤 貴子
（常勤職員1名、他7名）

【研究 内容】

「リレーショナル化学災害データベース」は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式などの付帯情報（画像情報）へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。

本研究では、日々化学災害事例の収集、分析を行い、事故の概要文を作成した約200件の事例について、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながらデータベースへの登録、公開を行った。また、事故分析手法 PFA の結果である事故進展フロー図約10件を Web で公開するフォーマットに整える作業を行い、データベースに登録、公開を行った。

公開 URL : <http://riscad.db.aist.go.jp>

【分 野 名】環境・エネルギー

【キーワード】リレーショナル化学災害データベース

（RISCAD）、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

【研究 題目】住宅の Dampness による健康損失の評価と建築的防除に向けた因果構造の解明

【研究代表者】篠原 直秀（安全科学研究部門）

【研究担当者】篠原 直秀（常勤職員1名）

【研究 内容】

日本や欧米先進国では、幼児や児童のアレルギー性疾患が増加傾向にあり、居室等のダンプネスがアレルギー性症状や呼吸器疾患の発症を誘発している可能性が高いことが指摘されている。本研究ではアンケート調査と実測調査を通して、ダンプネスとアレルギー性症状等との因果関係を解明することを目的としている。

5,000軒程度のインターネット調査により得られた住まい方や居住者の健康状態とダンプネスの度合いに対してロジスティック回帰分析を行い、ダンプネスの頻度や対策に関する知見を得た。

【分 野 名】環境・エネルギー

【キーワード】室内環境、ダンプネス、カビ、真菌、湿度、断熱仕様、アレルギー

〔研究題目〕複合リスクガバナンスーリスク俯瞰マップ、領域別事例比較、制度的選択肢

〔研究代表者〕岸本 充生（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕岸本 充生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

日本において、すべてのハザードを対象とするナショナル・リスク・アセスメント（NRA）を毎年実施するような仕組みを実装することを目標として、平成25年度は、客観的な評価である NRA の調査と、主観的な調査である専門家へのアンケートの予備調査を実施した。前者は、欧州諸国における NRA の実施体制や結果について、オランダとスウェーデンは担当者へのインタビュー、英国とノルウェーについては文献調査を行い、これらの結果をまとめて日本リスク研究会年次大会において発表した。共通するガイドラインはまだなく、各国が独自に工夫して方法論を開発していることが分かった。後者は、世界経済フォーラムが実施している専門家向けのグローバルリスク調査の日本版を作成し、予備調査として約40名の専門家に対してウェブアンケートを実施し、そのデータを解析した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ナショナル・リスク・アセスメント、リスクマッピング、リスクガバナンス、発生頻度、影響の大きさ

〔研究題目〕リスクに対する頑健性と柔軟性を備えた環境調和型サプライチェーン設計手法の開発

〔研究代表者〕田原 聖隆（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕田原 聖隆、工藤 祐揮、村松 良二、藤井 千陽、横田 真輝（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

本研究課題は、リサイクルを含む国内のサプライチェーン全体を対象として、リスクに対する頑健性・柔軟性と、低炭素や循環型といった環境調和性を併せ持ったサプライチェーンの構築に向けた分析・設計手法を開発することを目的とする。そのために、1900品目分類以上の製品・サービス間の地理的分布を含めた物質連関を可視化し、それに地理的偏在性などのリスク要因を付加した「サプライチェーンマトリクス」を整備する。また、サプライチェーンの「頑健性・柔軟性」を指標化し、それらと環境調和性の分析手法を確立する。実装した分析手法によって、リスク回避と環境調和性の観点から産業プロセスの立地の検討や原料供給源としてのリサイクルの再評価を行い、国家レベルでのサプライチェーン再構築に向けた戦略的な提言につなげる。

本年度は、我々が開発しているインベントリデータベース IDEA に、統計データやヒアリング調査により収集した量的情報（生産量、貿易量）を加えることにより、

1900品目分類以上の製品・サービス間の物質連関を可視化した暫定版 IDEA マトリクスを作成した。作成したマトリクスを用いサプライチェーン寸断の影響分析のケーススタディを実施した。その結果、地震により直接の影響を受けない製品においてもサプライチェーン寸断により供給側および需要側に被害が生じ、波及していくことが定量的に示すことができた。その一方で、サプライチェーンの地理的情報の考慮、物流の寸断の考慮、製造業以外の初期被害率の設定を含め、より精度の高い評価が可能ないように、IDEA マトリクスの改善および評価方法の検討が必要であることも明らかとなった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕サプライチェーン、リスク管理、サプライチェーンマトリクス、物質連関

〔研究題目〕持続可能な資本主義に関する実験経済学的研究

〔研究代表者〕本田 智則（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕本田 智則（常勤職員1名）

〔研究内容〕

社会的責任投資（SRI）は急速に発展しており、欧米においては投資市場の10%以上を占めるまでになっている。SRI を中心的な存在として据える経済は「持続可能な資本主義」とも呼ばれるが、こうした投資行動を支える行動原理は、いまだ十分に解明されていない。本研究では、経済実験の手法を用いて、SRI 投資家の意思決定メカニズムを明らかにし、これまで不十分であった新たな投資市場メカニズムの理解を深め、長期的な市場の安定性を追求する役割の一端を担うことを目的とするものである。

そこで、約100名の被験者を対象とした経済実験を神戸大学にて共同研究者と実施した。本実験では、一般的な株と CSR 株（CSR 活動を実施している企業の株式）の二種類の株式を、54名ずつ異なる環境で売買させた。株式の売買は1期間180秒で、10期間継続して行われ、各期終了後、前期の被験者個人の投資結果が本人にのみ表示された。被験者の半分には、被験者全員の ID、顔写真、CSR 株保有数の情報が全員に公開される設定とした。この設定により、社会的プレッシャーを実験室に作り出し、CSR 株への買い注文数、取引成立数、取引成立価格の上昇が発生するのかどうか検証した。社会的プレッシャーが存在する状況下では、CSR 株への買い注文及び取引成立数の増加につながることが明らかになった。この結果は、CSR 株を購入するという向社会的行為に対し、他人から賞賛されたい欲求及び、CSR 株を購入しないことで他人から白眼視されることを回避したいという気持ちの現れであると考えられる。しかしながら、CSR 株の取引成立価格には有意な影響を及ぼさないことがわかった。

〔分野名〕環境・エネルギー

【キーワード】 社会的責任投資、実験経済学、被験者実験、企業の社会的責任、CSR、SRI

【研究題目】「MHz 級デトネーションエンジンの物理機構解明：バルブ共振型と回転爆轟波型エンジン」

【研究代表者】 榎田 創（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 榎田 創（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、デトネーションエンジンの MHz 作動での理論上限モデルを構築すること、プラズマ理工学、可視化技術を駆使したナノ秒オーダーでのデトネーション開始に関する研究を行い、MHz 作動に適した開始方法を解析すること、自律作動バルブと同軸管回転バルブを組み合わせた10～100kHz 作動用の自律回転バルブの機構を構築すること、回転爆轟型 MHz デトネーションエンジン及びバルブ共振型 MHz デトネーションエンジンの物理機構を実験、数値解析によって確認・解明することを研究目的とし、これらエンジンの実証試験機を製作・テストし、デトネーションエンジンとしての実現性を確認することを目標としている。本分担研究では、誘電体バリヤ放電（DBD）プラズマ技術によるデトネーション現象の高度化を図るため、プラズマ生成時のガスの可視化を行っている。

25年度は、プラズマと中性流体との相互作用の結果としての乱流化現象に関して、その原因を明らかにするため、プラズマジェットに電界を印加する実験を行った。その結果、プラズマ中のイオンが深く関与していることを見出した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 デトネーション、ロケット、燃焼、大気圧プラズマ、可視化

【研究題目】 急速合体加熱と定常中性粒子ビーム加熱を駆使した球状トーラスの限界ベータ検証実験

【研究代表者】 榎田 創（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 榎田 創（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、プラズマ合体を用いた超高ベータ球状トカマク（ST）と磁場反転配位（FRC）の生成に、産業技術総合研究所と東京大学の中性粒子ビーム入射（NBI）装置0.75MW と0.3MW を組み合わせて、40%を超える超高ベータ状態を100アルヴェン時間維持して第2安定状態の ST の限界ベータと ST-FRC 境界領域の安定性を解明することを目的としている。そこで、不安定の成長時間より Sweet-Parker 時間の1/10以下で急速合体形成する超高ベータの圧力・電流分布を NBI で維持して、その安定性を検証する実験を行う。ベータ限界を決めるバルーニング（キンク）、電流駆動型キンク等

の不安定と磁気井戸とプラズマ流、壁による安定化効果との釣り合いを検証する。リコネクションによる圧力・電流分布の幅広い制御に加え、複数の NBI でプラズマ流の制御を試み、限界ベータを人為制御できるかを実験的に明らかにする。

本分担研究において25年度は、NBI 装置導入により流速分布を制御することにより、40%を超える超高ベータ状態を数十マイクロ秒維持することを目標として、NBI 加熱・流速駆動実験を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 プラズマ、中性粒子ビーム（NBI）、実験室天文学、磁気再結合、太陽フレアー

【研究題目】 錯体水素化物における原子・イオン輸送機構の解明—中性子散乱と陽電子消滅の相補利用

【研究代表者】 榎 浩司（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 中村 優美子、榎 浩司（常勤職員2名）

【研究内容】

目標：

錯体型水素化物は質量あたりの水素密度が高いことで知られている。その代表例である NaAlH_4 は金属イオン (Na^+) と錯イオン ($[\text{AlH}_4]^-$) から形成されている。錯イオン中で水素と Al が強く結合しているため、水素放出反応温度が高く、速度も遅いという課題を有している。これら課題は NaAlH_4 に Ti をドーブすることで解決できることが知られているが、そのメカニズムは不明である。本研究では中性子全散乱及び陽電子消滅その場観察を実施し、空孔を含めた構造の乱れを評価し、空孔や欠陥の制御方法を検討し、反応特性改善を目指している。科研費研究代表者（高エネルギー加速器研究機構・大友教授ほか）との分担により研究を実施する。

実施内容：

上記目標を達成するためには、陽電子消滅と中性子全散乱による空孔の解析を行うための標準試料が必要である。産総研では中性子全散乱と陽電子消滅での相補的利用のための標準試料 ($\text{Pr}_{1-x}\text{Ni}_2$ および $\text{Y}_{1-x}\text{Ni}_2$) の作製及び評価を行った。また、大友らにより測定された NaAlH_4 の中性子全散乱測定及び EAFS 測定を行い、Ti 添加による構造変化についても議論した。

年度進捗状況：

中性子全散乱と陽電子消滅での相補的利用のための標準試料として、 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ni}_2$ 及び $\text{Y}_{1-x}\text{Ni}_2$ 合金をアーク溶解・熱処理にて作製した。昨年度の試料は第2相として PrNi_3 相が混在していたが、熱処理条件等を最適化した結果、不純物のほとんど存在しない標準試料の作製に成功した。 NaAlH_4 の XAFS 測定で得られた XANES スペクトルでは過去の論文と類似のデータが得られた。そして NaAlH_4 の Al の吸収端のエネルギーは AlH_3 と同程度

であることがわかった。来年度以降、陽電子消滅と中性子全散乱の結果を踏まえた構造解析に取り組む予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵材料、中性子全散乱、陽電子消滅、構造解析、格子欠陥

【研究題目】錯体水素化物における原子・イオン輸送機構の解明—中性子散乱と陽電子消滅の相補利用

【研究代表者】中村 優美子
(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】中村 優美子、榊 浩司
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、高性能な錯体系水素貯蔵材料開発のため、中性子回折及び陽電子消滅のその場観測を実施し、空孔を含む構造の乱れに着目した解析により、錯体水素化物における原子・イオンの輸送機構を解明することを目的とする。科研費研究代表者（高エネルギー加速器研究機構・大友教授ほか）および榊研究員（エネルギー技術研究部門；M010）との分担により研究を実施する。

昨年度は NaAlD_4 を合成し、中性子回折による構造解析を行い、リートベルト解析を実施した。Ti が Al サイトの一部を置換している可能性および D が一部欠損している可能性が示されたものの、主相以外の NaD 、 Na_3AlD_6 、 AlD_3 が混在していたことから、多面的な解析の必要が示唆された。

本年度は、錯イオンの電子状態と局所構造に着目し、XAFS 測定を中心に研究が進められた。種々の濃度で TiCl_3 を添加した試料について調べた結果、 TiCl_3 の添加により電子状態の有意な変化が確認された。この電子状態の変化と、中性子回折の結果から示唆された水素欠損の関連について、今後検討していく必要がある。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵材料、結晶構造、局所構造、格子欠陥

【研究題目】省エネ用半導体の実現に向けたマクロ・ナノ統合結晶成長法の構築

【研究代表者】西澤 伸一（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】西澤 伸一（常勤職員1名）

【研究内容】

エネルギー問題の解決策の一つである炭化珪素（SiC）高機能半導体結晶は、化学量論的組成や結晶多型の問題解決が喫緊の課題である。本提案は、過去40年にわたって解決できなかった化学量論的組成および結晶多型が制御可能な新規結晶成長法の提案と実証を行う。具体的には、結晶成長炉内の動的圧力制御による過飽和度の制御法の開発や、従来全く議論されていなかった電

気的特性を決定する化学量論的組成を高精度数値解法によりこれを可能にすることが目的である。これにより、SiC の結晶多型の精密制御と結晶中の化学量論的組成の精密制御が可能になり、従来使用されてきたシリコンに代わるパワーデバイス用半導体用結晶となりえる SiC 結晶育成を実現する。平成25年度は研究分担者として、特に結晶多形制御を決定するキーパラメータである表面エネルギーを報告し、結晶成長炉全体の総合解析条件において結晶成長表面の境界条件として考慮することで、実際の結晶成長における多形制御操作条件を定量的に検討した。また、結晶成長中の転位挙動を正確に予測するための応力解析技術に関する検討を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】SiC、単結晶、結晶成長

【研究題目】地域分散型のエネルギーシステムへの移行戦略に関する研究

【研究代表者】歌川 学（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】歌川 学、小杉 昌幸
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、環境負荷の小さい持続可能なエネルギー需給への転換として、現在の大規模システムと大量エネルギー消費の組み合わせから、エネルギー消費を効率化し削減した上で地域分散型システムへ移行する手段を検討し、その際の技術的社会的到達点を求めるとともに、移行のプロセスについても解明することを目的としている。産総研では省エネ技術の普及について分担する。

2013年度は、地域の CO_2 排出実態とエネルギー消費実態について各種統計調査を行うとともに、地域の産業や業務部門の取り組み事例調査を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】温暖化対策、省エネ対策

【研究題目】超高密度パワーSOC（Supply on Chip）用集積回路基板の検討

【研究代表者】西澤 伸一（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】西澤 伸一（常勤職員1名）

【研究内容】

低炭素社会実現に向けて、化石燃料を燃焼するエネルギーから電力エネルギーへの転換が推進されている。このような状況下、パワーエレクトロニクス技術はエネルギーの有効利用にかかわるキー技術である。パワーエレクトロニクス技術でキーとなる装置は電力変換装置であり、この電力変換装置は15年で1桁程度小型化してきており、小型化された高効率な電力変換機器を多数用いてより効果的に電力を有効利用することが重要となる。しかしながら、電源の小型化は排熱の問題で限界に達することが予想されており、本研究では、電源の究極の小型化であるパワーSOC（Supply on Chip）を実現する一

環として、電源において重要な絶縁性を確保しつつ排熱特性（良好な熱伝導性）を有するパワーSOC用の基板を開発することを目的とする。平成25年度においては、ダイヤモンド膜の品質と熱電率の定量的な相関関係を取得することを開始し、実際のSoC構造への膜厚などの提案検討を開始した。また、製膜時の表面処理状態が大きな技術課題であることが再認識され、その解決方法の検討を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パワーエレクトロニクス、集積化、ダイヤモンド、電力変換器

【研究題目】不均一構造導入による圧電体膜の圧電特性向上に関する研究

【研究代表者】岡村 総一郎（東京理科大学）

【研究担当者】飯島 高志（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、圧電体 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT) 膜において、膜中に3次元的に分布する微細な空孔を導入し、その空孔の周囲での連続的な応力変化を利用して膜内に不安定な状態を生じさせ、膜内の不均一性が圧電特性に及ぼす影響を明らかにすることである。

平成25年度は、化学溶液堆積法を用いた薄膜作製過程において、銀コロイド粒子を前駆体溶液中に分散させることで膜厚約300～500nmの膜中に銀粒子が分散した $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT) 薄膜の作製が可能であることを見出した。作製した膜の圧電特性の評価を原子間力顕微鏡 (AFM) を用いて試みたところ、変位-印加電場特性の原点付近の傾きから見積もった圧電定数 $d_{33, \text{eff}}$ と銀コロイド粒子の添加量の間には相関関係があることが明らかになり、見かけの圧電定数増加の可能性が示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】圧電体、センサ、高圧水素ガス

【研究題目】レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用

【研究代表者】三浦 永祐（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】三浦 永祐、丸山 昂貴、黒田 隆之助、豊川 弘之（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究は、レーザープラズマ加速（高強度レーザーとプラズマの相互作用を利用した電子加速）で得られるフェムト秒電子線パルスとフェムト秒レーザーパルスを相互作用させ、レーザーコンプトン散乱を用いたフェムト秒 X 線源の実現を目指した研究開発を行うことを目的としている。

今年度はレーザーコンプトン散乱によるフェムト秒 X 線発生を実証することを試みた。長さ2mmのヘリウム

ガスジェットに電子加速を行うレーザーパルス（波長800nm, エネルギー700mJ, パルス幅40fs、以下、メインパルス）を照射し、エネルギーの揃った準単色電子線を発生する。レーザーコンプトン散乱用のレーザーパルス（波長800nm, エネルギー140mJ, パルス幅100fs、以下、コライディングパルス）を電子線放射方向に対し 20° の方向から電子線に同期衝突させ X 線を発生した。蛍光板と CCD カメラを用い、エネルギー分解された電子像と X 線像をシングルショットで同時計測した。X 線発生を検出には、高い電荷量を持つ電子線が必要である。10pC を超える電荷量を持つ準単色電子線が発生した場合にのみ X 線発生を判断し、X 線発生頻度を評価した。X 線発生頻度のメインパルス、コライディングパルス間の遅延時間依存性を調べた。X 線が発生する2パルス間の遅延時間は130fs程度であり、コライディングパルスのパルス幅100fsと同程度であった。また、2パルス間の遅延時間が130fs以上では、200ショット以上で X 線発生は観測されなかった。このことは、X 線パルス幅が100fs程度あるいはそれよりも短いことを意味し、フェムト秒 X 線パルス発生を示唆する結果が得られた。

【分野名】環境・エネルギー、計測・計量標準

【キーワード】高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザープラズマ加速、レーザーコンプトン散乱、フェムト秒 X 線パルス

【研究題目】燐光寿命を利用した気体流れの温度速度相関計測

【研究代表者】染矢 聡（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】染矢 聡、坂田 藍美
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では燐光粒子の燐光寿命（明るさの時間変化）を利用し、1台の紫外線レーザーと高速度カメラで、共通の画像から任意の作動流体（空気、水、油など）の温度と速度を二次元高精度同時計測する手法を確立する。燐光寿命に基づく温度測定では、粒子の移動を考慮し、これまでより適用可能範囲を広げる。加熱気体流れの基礎実験に適用し、温度精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、時間分解能100 μs を達成する。また、シミュレーション画像を利用して精度評価を行う。

これらの研究目的達成に向けて、平成25年度は人工画像を用いた精度評価を行った。燐光画像では粒子が露光時間のあいだ発光し続けるため、粒子像が楕円状になる。これは PIV 計測において誤差要因となる可能性がある。そこでシミュレーション画像を用いて、燐光粒子画像を撮影した場合と、通常の PIV 同様に燐光ではない粒子像を用いた場合とで、速度計測誤差を比較した。

その結果、画像一枚の露光時間あたりの粒子移動量が約2.5pixel以下であれば燐光粒子を用いることに起因し

た誤差はほとんど生じないことが H25年までに明らかとなった。その他、励起光強度が局所的に異なり、明るさにムラが生じる場合を想定し、これによる速度・温度算出誤差を評価した。また、流れ場に温度勾配が存在する場合の影響、燐光粒子の寿命が計測精度に与える影響などを系統立てて調査し、開発手法の適用可能範囲を評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】可視化、温度分布、蛍光

【研究題目】中性子散乱による鉄系超伝導体のスピン揺動の研究

【研究代表者】李 哲虎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】李 哲虎、木方 邦宏

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

2008年に新型超伝導体 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{F}_x$ が発見されたのを契機に鉄系超伝導が一躍注目を浴びるようになった。現在、超伝導転移温度は $T_c=56\text{K}$ にまで達しているが、この高い T_c を単純な BCS 理論で説明することは難しい。超伝導の発現機構解明に向けた研究が現在盛んに行われている。

本研究では主に中性子散乱を用いて鉄系超伝導体の磁気励起を調べ、超伝導の発現機構を解明することを目指している。中性子散乱実験には大型単結晶が必須なため、高品質な大型単結晶の作製も行っている。例えば、作製が難しいとされるアルカリ金属元素を含有した単結晶の作製にも我々は成功した。これらの単結晶を用いて中性子非弾性散乱実験を行うことにより、広い組成範囲において鉄系超伝導体の磁気励起を観測することに成功した。これにより、母相から超伝導相及び常磁性相に及ぶ磁気励起の全体像が明らかとなりつつある。このような系統的な実験により、超伝導相で観測される磁気励起のギャップエネルギーや、磁気励起のエネルギースケールなどが超伝導転移温度と相関することが明らかとなった。これらの結果は、磁性と超伝導に強い相関関係があることを示唆する。現在、超伝導の機構解明に向けてさらなる研究を進めているところである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超伝導、中性子散乱

【研究題目】中性子線補足療法のための革新的ナノ粒子剤に関する研究

【研究代表者】榊田 創（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】榊田 創、池原 譲（糖鎖医工学研究センター）、金 載浩、小口 治久、平野 洋一（エネルギー技術研究部門）
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

本研究では、中性子線捕捉療法で使用する安全な粒子

捕捉剤を生成することを目的とする。透過性の良い中性子線と反応断面積の大きいボロンの反応の結果生成される高エネルギーのヘリウム粒子を使用することで、放射線治療に伴う正常細胞への障害を減らすことができる。現在のボロン製剤は、化学的安定性、ボロンの毒性、腫瘍部への蓄積性の制御の観点において課題が存在する。そこで、プラズマ技術等を駆使し、ボロンをフラーレン内に包含させることで毒性を封じ込める技術、更には当該粒子の糖鎖被覆リポソームへの効率の良い封入法を開発し、新規ナノ粒子製剤の難治性がんへの治療へと展開する。

25年度は、ボロンプラズマ生成実験として、固体ボロンをイオン化・プラズマ化するシステムの設計と装置開発を行った。また、内包化を行う際に必要とされる低エネルギーイオンの集束化に関して、静電プローブを用いた計測によりイオンの制御法に関する知見を得た。

【分野名】環境・エネルギー、ライフサイエンス

【キーワード】プラズマ、中性子線補足療法、ボロン、フラーレン、糖鎖リポソーム

【研究題目】超高性能鉛カルコゲナイド系バルク体熱電材料の創製

【研究代表者】太田 道広（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】太田 道広（常勤職員1名）

【研究内容】

熱電発電技術を用いることで、産業・民生・運輸分野において大量に排出されている未利用熱を利用価値の高い電気エネルギーとして直接回収できる。しかしながら、熱電発電の核となる熱電変換材料の変換効率は低く、高効率な新材料の開発が切望されている。そこで、本研究では、層状構造を持つカルコゲナイドに注目して、原子配置（結晶）、ナノ、マイクロ、ミリ構造の各階層の形態を制御（パナスコピック形態制御）することで、熱電特性の大幅改善と熱電発電モジュールの開発を目指している。

本研究では、鉛カルコゲナイド PbX 層とビスマス・カルコゲナイド Bi_2X_3 層から成る層状カルコゲナイド $(\text{PbX})_n(\text{Bi}_2\text{X}_3)_m$ において、結晶構造の制御を実施した。二つの層を、折り重なるように積層させたり、ミラー対称を持つように積層させたり、有限長に断層させたりと、層形態を変化させることで、熱電変換材料に相応しい低い熱伝導率を実現した。

次に、硫化ランタンと硫化クロムの層から成る $(\text{LaS})_{1.20}\text{CrS}_2$ において、ナノ構造の制御を実施した。LaSとCrS₂の積み重ねに、ナノレベルで積層欠陥を導入することに成功した。積層欠陥はキャリアを供給・トラップするために、今後、積層欠陥を調整することで、熱電特性を向上させるために相応しいキャリア濃度を実現できる。

マイクロ構造制御では、 $(\text{PbX})_n(\text{Bi}_2\text{X}_3)_m$ と

(LaS)_{1.20}CrS₂の両方で、層状構造を反映させて、それら焼結体の結晶粒を異方的に成長させることに成功した。結晶粒界での効果的なフォノン散乱を実現し、熱伝導率の更なる低減を達成した。

最後に、ミリ構造制御として、PbTeバルク体熱電変換材料を用いて、熱電発電モジュールの試作を実施した。特性評価などの試験から、PbTeバルク体熱電変換材料との界面抵抗が低い電極材料を見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電変換材料、熱電発電、未利用熱エネルギー活用、金属物性・材料

【研究題目】水蒸気を水素・酸素源として利用する重質炭化水素の軽質化技術の開発

【研究代表者】麓 恵里（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】麓 恵里（常勤職員1名）

【研究内容】

カナダのオイルサンドピチュメンや、在来型原油を石油精製する過程で副生する残油等の重質油は、水素／炭素比が低く、有用な軽質油へ転換する際、水素の添加が有効である。しかし水素は高価であるため、本研究では水蒸気を水素・酸素源として利用する重質油の軽質化技術開発を実施する。本反応では、酸化鉄を主成分とする触媒を用い、酸化鉄触媒の格子酸素を介して水蒸気由来の酸素種と重質炭化水素が反応する酸化分解反応によって、軽質化反応が進行する。このとき同時に水蒸気由来水素種が生成し、その一部は、重質油に含まれる硫黄化合物と反応して硫化水素として生成する。残りの水素種は炭化水素へ添加される可能性が考えられる。そこで、水蒸気由来水素種の生成物への添加について検討するため、重質炭化水素のモデル物質としてドデシルベンゼンの接触分解を、大気圧、475℃で、重水を用いて行った。その結果、ドデシルベンゼンは分解され、エチルベンゼンやスチレン等のアルキルベンゼン等が生成した。重水を用いた場合、エチルベンゼンの側鎖に重水素が添加されることから、芳香族側鎖に水蒸気由来の水素が添加され、二重結合の生成が抑制される可能性が高いことが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】重質油、酸化鉄触媒、水蒸気

【研究題目】不凍タンパク質の融解抑制機能の発現

【研究代表者】稲田 孝明（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】稲田 孝明、小山 寿恵

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

不凍タンパク質（AFP）は、平衡融点以下のある温度領域（FH：freezing hysteresis）で、水溶液中の水の成長を完全に抑制する機能を持つ。一方、平衡融点以上のある温度領域（MH：melting hysteresis）では、

氷の融解を完全に抑制することも知られているが、これまでに報告されている MH は、FH と比べて1~2桁小さい。本研究では、本質的な MH は負結晶中（水溶液が結晶に囲まれた系）でのみ測定可能という仮説のもと、負結晶中で FH と同オーダーの MH を検出することを目的としている。平成25年度は、前年度の測定手法を改善し、MH の検出を試みた。具体的には、単結晶氷内部に注射針を挿入して真空ポンプで減圧し、温度と圧力を最適化して結晶を内部から昇華させることで、六角柱状の負結晶を作成した。さらに負結晶中に AFP 水溶液を注入して精密な温度制御を行い、水溶液注入後の結晶融解・成長を測定した。その結果、0.5mg/mL の III 型 AFP 水溶液（FH ≈ 0.2℃）で、負結晶に注入した水溶液中心部の過熱度を0.1℃とした場合でも、c 軸とは平行でないピラミッド面で融解が停止することを確認した。これは、当初の検出目標であった FH と同オーダーの MH の存在を示唆する結果である。しかし、まだ MH の定量的な評価に必要な氷・水界面の温度の特定には至っておらず、今後はさらに精密な負結晶内外の温度分布制御を実現し、氷・水界面の温度を特定して MH を正確に評価することを計画している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】氷結晶、タンパク質、融解

【研究題目】レーザー航跡場とビーム航跡場のハイブリッド多段加速による超高エネルギー電子加速

【研究代表者】三浦 永祐（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】三浦 永祐、丸山 昂貴

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

プラズマを利用した電子加速であるレーザー航跡場加速やビーム航跡場加速は、プラズマ波の作り出す高周波加速器の1000倍にも達する高い加速電場を利用し、超高エネルギー電子加速を実現する手法として期待されている。本研究では、より小さな装置規模で超高エネルギー電子加速を実現するため、各々の方式の持つ利点を融合し、レーザー航跡場加速で得られる電子パンチをビーム航跡場加速で加速するハイブリッド型のプラズマを利用した電子加速の新概念を提案し、その原理実証を行うことを目的としている。

本手法の実証には、レーザー航跡場加速によってエネルギーの揃った準単色電子パンチを発生し、電子密度の高い電子パンチを得る必要がある。安定して準単色電子パンチを得るには、プラズマ中に急峻な密度勾配を形成し、そこでのプラズマ波の破碎を利用した電子入射制御を用いる手法が有望である。レーザー航跡場加速を行うプラズマを生成するガスジェット中にナイフエッジを挿入し、そこで発生する衝撃波を利用した急峻な密度勾配を作り出すことを試みた。シャドウグラフ像、シュリー

レン像により、ガスジェット中に密度勾配が形成されていることを観測した。

また、ビーム航跡場加速を行うブースター加速段のプラズマを予備的に生成するためのレーザー照射系の設計を行い、多段加速実験に向けた準備を進めた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザー航跡場加速、ビーム航跡場加速、超高エネルギー電子加速

〔研究題目〕 レーザーブレイクダウンしきい値近傍のパーコレーションモデルによる統一的な理解

〔研究代表者〕 加藤 進（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 進、佐々木 明（日本原子力研究開発機構）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、レーザーブレイクダウン（LBD）に伴う複雑な現象を理解し、制御することである。LBD はレーザーが強く集光された媒質の光学的または電気的特性が何らかの原因で変化して起こる絶縁破壊現象である。このとき、本来透明であった媒質が急激に不透明になり、そのためにレーザーエネルギーの大部分が吸収され、強い発光や音を伴いプラズマを生成する。LBD は、様々なレーザーエネルギー、レーザー波長、パルス幅のレーザー光に対して見られ、かつ気体、液体、固体など、様々な密度領域の媒質で起こる普遍的な現象である。LBD における共通点の一つは、しきい値の近傍におけるゆらぎが非常に大きいことである。

本研究では、LBD におけるゆらぎの原因を媒質における光吸収、電気伝導、あるいは熱伝導の連結度合いであると仮定する。この仮定を用いることによりパーコレーションモデルが適用可能となり、LED が起こるしきい値の近傍における挙動を理解することを期待している。

本年度は、連続光レーザーによる結晶の絶縁破壊における、しきい値近傍のゆらぎを説明するためのモデルとして、結晶に存在する励起状態が関与するキネティックモデルを提案した。そのモデルを用いて、レーザー照射下における状態変化を決定した。その結果、光学的特性が基底状態と異なった長寿命励起状態の存在および性質が重要であることを示した。また、絶縁破壊を説明するモデルの一つであるパーコレーションモデルを LED に適用する場合におけるエネルギー輸送の不均一性のモデルについて検討を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 レーザー、絶縁破壊、光学特性、励起状態、パーコレーション

〔研究題目〕 無消光で校正不要な定量可視化用感温中

空マイクロカプセルの開発

〔研究代表者〕 染矢 聡（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 染矢 聡（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、水・油・アルコール等で利用可能な、感温性中空マイクロカプセルを開発する。カプセル化により機能性分子の回収を容易にして環境負荷低減につなげる。溶存物質等による目的外の消光を抑制し、複雑な in situ 校正を簡易化または省略可能な温度分布の定量可視化技術に適用可能な中空マイクロカプセルを開発することを目的としている。具体的には、水溶液を分散媒とした液中乾燥法で発光特性が温度依存性を示す錯体や蛍光物質を殻材に重合し、粒径0.5~4.0 μm の中空マイクロカプセルを作成するとともに、作成条件を最適化して感温性中空カプセル作成法を確立する。

これらの研究目的達成に向けて、平成25年度は、1)感温性金属錯体を重合した中空マイクロカプセルの開発と最適化、2)感温性マイクロカプセルの光学特性評価を行った。

1)では、一種類の金属錯体を含むカプセルに加え、複数の蛍光燐光物質を重合した二波長強度法用のカプセル作成を行った。水溶液にあまり溶出せず、ジクロロメタンにわずかな相溶性を持つアルコールなど他の溶媒に可溶性なセンサ物質についてもカプセル作成を行った。

2)では、感温性、単位時間当たりの発光強度、スペクトルに特に注目して評価を行った。粒径分布と寿命についても予備調査を行った。

1)2)について、三種類の殻材、三種類の励起波長について作成条件の最適化と光学特性の評価を行った。約3%/ $^{\circ}\text{C}$ の非常に高い感温性を示すものを含め、複数種類の感温性中空カプセル合成に成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 可視化、マイクロカプセル、蛍光

〔研究題目〕 希土類系高温超伝導多芯細線作製技術の開発

〔研究代表者〕 山崎 裕文（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 山崎 裕文、山口 巖（常勤職員2名）

〔研究内容〕

現在までに高温超伝導長尺線材が市販されるようになり、各種応用の研究開発が進められている。しかし、現在の線材は幅数ミリのテープ形状を有しているため、テープ面に垂直な方向の磁界による交流損失が大きく、変圧器や発電機の電機子巻線などの交流応用が阻まれている。また、遮蔽電流によって磁界が誘起されるため、NMR, MRI など精密な磁界精度が必要とされる機器への応用が困難である。本研究では希土類系超伝導多芯細線を作製するための技術開発を行い、交流損失と遮蔽電流効果を大幅に低減させて高温超伝導線材の応用可能性を飛躍的に向上させることを目的とする。

ニッケル・銅などの FCC 金属に圧延加工を施してテープ形状とし、十分な加工率を確保した上で再結晶熱処理を行えば立方体集合組織が得られることはよく知られており、希土類系高温超電導線材の作製にも応用されている。本研究では、FCC 金属の加工・再結晶熱処理によって立方体集合組織を有する四角細線を作製し、その上にバッファ層・高温超電導層を蒸着することによって超電導線材を製作する。ニッケル角線でなかなか立方体集合組織が得られずに苦労したが、加工方法を洗練させるとともに、加工度を上げることにより、4面とも(200)面が主要面であるニッケル平角線(幅0.5mm、厚さ0.2mm)を得ることができた。X線回折の極点図を測定して面内でも配向していることを確認して、本研究のブレークスルーとなる点を突破できた。

〔分野名〕環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕高温超電導、多芯細線、立方体集合組織

〔研究題目〕フェロアロイを用いた V 系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明

〔研究代表者〕浅野 耕太 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕浅野 耕太 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

V 系合金は短中期的将来の燃料電池車用水素貯蔵材料としての利用が有望な材料の一つである。しかし、実用のためには低コスト化が必要である。本研究では、V の代わりに安価なフェロバナジウムを使用すべく、V 以外に含まれる元素(酸素、Al、Fe)が水素吸蔵放出性能に及ぼす影響を明らかにした。

金属 V は室温付近において、体心正方構造をもつ1水素化物相および面心立方構造をもつ2水素化物相を生成する。平成23年度は、酸素濃度が約4000mass ppm 以上になると、V の水素吸蔵量が大幅に減少することと、1水素化物相中の水素の拡散が遅くなることを明らかにした。24年度は、その酸素による水素吸蔵量の減少は、本来純 V の場合には2水素化物相が単相で生成するような高水素圧力下でも、酸素濃度が高まると2水素化物相の他に1水素化物相に近い構造の新たな水素化物相の生成によることを明らかにした。他方、Al を V に添加すると、1水素化物相中で本来八面体サイトを占有する水素が四面体サイトにシフトすることが分かった。これにより水素の拡散は促進された。25年度は、Fe 添加により2水素化物相の水素吸蔵量は Al 添加の場合に比べて大きく減少することが分かった。平衡水素吸蔵圧力の変化は単純ではなく、Fe 添加量5at.%程度を境に平衡圧力の変化は上昇から低下に転じた。この変化の機構は现阶段では明らかでない。他方、Fe 添加により1水素化物相中の水素の拡散は遅くなることが分かった。

以上をまとめると、フェロバナジウムに含まれる V 以外の元素の中でも、特に Fe および酸素が水素吸蔵量

を低下させ、水素化物相中の水素の拡散速度を低下させることが分かった。フェロバナジウムは、金属 Al による V 酸化物の還元反応にて精錬されることが一般的であるため、Al 量を増やして酸素濃度を低減させ、材料コストに応じて Fe 量を調整することが、本研究の結果より提案された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素エネルギー、水素貯蔵材料、固体核磁気共鳴(NMR)法、フェロアロイ

〔研究題目〕グラフェン膜の革新的大気圧低温生成法の開発

〔研究代表者〕金 載浩 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕金 載浩 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、大気圧低温プラズマ CVD 法を用いることにより、グラフェンの大気圧量産の基盤技術を確立することを目的とする。グラフェンは、優れた物性値と化学的に安定な特性を持っているため次世代のエネルギー材料として期待されている。それを実現するためには量産技術の開発が求められている。これまでに、熱 CVD 法および低温プラズマ CVD 法が開発され、工業利用への可能性が高くなってきた。しかし、従来の CVD 法は高真空リアクターが必要であり、成膜の大量積化および大量生産化に限界がある。そこで、これまでの研究成果、マイクロ波励起大気圧低温プラズマ技術とカーボンナノ材料合成技術を駆使して、革新的なグラフェンの大気圧低温量産技術を開発する。この開発は、生産プロセスの省エネルギー化、およびグラフェンのエネルギー材料としての工業化に大きく貢献できると期待される。

本研究は、上記の目標を達成するため、大気圧低温下でグラフェン膜合成が可能な新規プラズマ CVD 技術の開発と、長軸大気圧プラズマ源と基材の連続移動機構を用いた大面積・連続生産の基礎技術を確立することを目的し、次の研究計画を進めている。①大気圧低温プラズマを用いたグラフェン透明導電膜生成技術の開発、②大面積・連続成膜技術の開発、③グラフェン膜の透明導電膜としての実用特性評価。

H25年度は、大気圧 CVD 用マイクロ波励起プラズマ源の開発と、大気圧 CVD 用実験システムの構築と、それを用いたグラフェン合成手法の開発を行った。現在、これらの実績を用いてプラズマ CVD 特性の解明、大面積グラフェン膜の合成技術、成膜したグラフェンの実用特性に関する研究を進めている。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕エネルギー材料、グラフェン、大気圧プラズマ CVD

〔研究題目〕エレクトロスピンニング法による Na イオン電池用正極材料のナノ構造制御

【研究代表者】細野 英司（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】細野 英司（常勤職員1名）

【研究内容】

環境・エネルギー問題を解決し、持続的発展可能な社会を実現するために様々な研究が活発に行われている。その中で、自動車等運輸部門からの二酸化炭素排出量を抑制するために、ガソリン等の燃料ではなく、電気エネルギーを用いた電気自動車やプラグインハイブリッド自動車の開発も重要な位置づけである。高いエネルギー密度を有する二次電池として Li イオン電池が注目されているが、車載用として用いるためには、更なる高エネルギー密度化と高出力化が必要とされる。これまで、Li イオン電池の高出力化のために、ナノ材料を用いた開発を行ってきた。これは、ナノ材料を用いることで、界面反応場の増大に加えて Li イオンの拡散距離を低減できることから、高出力化に適しているためである。Li イオン電池の開発が進められる一方で、Li 資源の枯渇やコストの高騰も問題となっており、ユビキタス元素である Na を用いた二次電池の開発も注目を集めている。本研究では、ナノ構造制御の手法としてエレクトロスピング法を用い、Na イオン電池正極材料の一次元ナノ構造体の作製を行った。材料としては、ポリアニオン系である NASICON 型のナノワイヤーの作製を行い、Na イオン電池特性を評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】Na イオン電池、正極材料、ナノ構造制御、エレクトロスピング

【研究題目】水素吸蔵合金の耐久性向上を目指した水素吸蔵放出に伴う空孔形成回復メカニズムの解明

【研究代表者】榎 浩司（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】榎 浩司（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

水素吸蔵合金を実用化する際、耐久性は重要な特性の一つである。これまでの研究で、水素吸蔵に伴って導入される格子欠陥の蓄積が耐久性を悪化させることが分かった。そこで、本研究では耐久性を悪化させる格子欠陥の導入メカニズムを解明し、その知見を基に耐久性向上の方策を見出すことである。

実施内容：

様々な組成の $\text{La}(\text{Ni}, \text{Cu})_{5+x}$ 合金を作製し、水素吸蔵特性の評価を行った。また、放射光 X 線全散乱測定により一部の合金について水素化に伴う構造変化について調べた。

年度進捗状況：

化学量論組成の $\text{La}(\text{Ni}, \text{Cu})_5$ の PCT 曲線では平坦なプラトーが現れたが、 $x > 0.4$ の $\text{La}(\text{Ni}, \text{Cu})_{5+x}$ 合金では明瞭なプラトーが現れなかった。また、組成ずれの大き

さ x が同じでも、Cu の割合が高い試料ほど PCT 曲線の傾斜が大きくなった。すなわち、Cu 割合の増加により相変態を起こしにくくなることがわかった。 $\text{LaNi}_{4.4}\text{Cu}$ 及び $\text{LaNi}_{4.6}\text{Cu}$ について in-situ での放射光 X 線全散乱測定を行った結果、両合金は水素吸蔵で相変態を示さなかった。原子位置は水素の占有とともに水素吸蔵前の位置からのずれが大きくなり、熱振動パラメータも大きくなった。また、2体分布関数を解析したところ、水素吸蔵前から 10 \AA 以下の領域において平均構造モデルでは説明できないピークが存在していた。次年度以降は、もう少し大きな変化が観察できそうな、相変態挙動が変化する化学組成近傍で実験する予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵材料、陽電子消滅、構造解析、格子欠陥

【研究題目】オペランド軟 X 線吸収／発光分光を用いた二次電池電極材料の電子状態解析

【研究代表者】朝倉 大輔（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】朝倉 大輔（常勤職員1名）

【研究内容】

高性能リチウムイオン二次電池電極材料の開発には、既存電極材料の詳細な電子状態解析が重要である。本研究では、放射光施設における動作下（オペランド）軟 X 線吸収／発光分光技術を確認し、電子論的な観点から新材料開発の知見を得ることを目的とする。平成25年度は、燃料電池触媒用の In situ セルをベースに、測定対象となる電極活物質と電解液、対極から成るリチウムイオン二次電池電極材料用の In situ セルの開発を行った。オペランド軟 X 線分光測定は、SPring-8の東京大学ビームライン BL07LSU を利用して実施した。

In situ セルの開発においては、電解液の漏洩や短絡が無いこと、電極部分が高真空槽と電解液槽の隔壁としても機能すること、この電極材料に対して十分高い S/N 比で分光測定が可能であることを確認した。まず、開放端電位で分光測定を実施し、続いて、充放電を伴うオペランド軟 X 線発光分光測定を行った。これと同時に充放電シーケンスの最適化を進めた。インターカレーション系の電極材料に対して、充放電前後で発光スペクトルが可逆的に変化すること、即ち、電極材料中の遷移金属元素の可逆的な酸化還元反応を見出した。発光分光測定を行った各電位間でのサイクリックボルタモグラムは、通常の電池セルと同等の形状を示し、本システムにおいても正しく充放電を行えていることが明らかになった。発光スペクトルに対して、多重項計算を用いた詳細な解析を進めた結果、遷移金属-配位子間の電荷移動効果が強いことが明らかになり、サイクル特性向上の鍵となる原子間の結合に関わる情報を得ることが出来た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二次電池電極材料、放射光分光、電子状

態解析

〔研究題目〕電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルの開発

〔研究代表者〕益田 泰輔（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕益田 泰輔（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、風力発電や太陽光発電などの再生可能エネルギー電源が大量に導入され、それに伴う新しい電力系統技術である、再生可能エネルギー電源の出力予測技術、蓄電池などの系統安定化技術、スマートメーターを用いた需要制御技術などが利用される将来の電力系統の特性を詳細に模擬した新しいエネルギーシステムモデルを開発することを目的としている。モデルは利用実績の高いエネルギーシステム分析モデル MARKAL (Market Allocation) の機能を拡張することで設計し、新しいモデルを用いてシナリオ分析を行う。平成24年度は、MARKAL の多時間帯化に取り組み、発電機の変化率および調整力を考慮することで電力系統の需給制御を模擬し、平日・休日・特異日（低負荷日または高負荷日）を考慮して1日24時間断面（1断面＝1時間）での分析が可能なモデルを作成した。

平成25年度は、モデルを改良し、電気自動車による電力需要制御も考慮できるようモデルを拡張した。改良モデルを用いたシナリオ分析も行い、電気自動車による電力需要制御と、電力系統の電源構成および電気自動車自身の普及の関係について評価した。また、モデルの多地域化にも取り組み、複数地域の電力系統を模擬できるようなモデルを作成した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕電力工学、再生可能エネルギー、地球温暖化排出ガス削減、蓄電デバイス、エネルギー全般

〔研究題目〕インドにおける医薬品及び薬剤耐性菌環境汚染調査

〔研究代表者〕山下 信義（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

2013年5月と2014年1月に、マニパル、コーチン、ハイデラバード、チェンナイを中心に現地調査を行い、特に高濃度汚染が懸念されるチェンナイにおいて、河川水・底質試料を採取した。これらの一部について分析した結果、内分泌かく乱物質のビスフェノール濃度が依然として高く、インド特有の化学汚染の存在が確認された。上記に加えて、採集した水試料について、26種の金属元素の定量を行った。

また、今年度は多量の医薬品を含むと予想される病院排水が下水処理水におよぼす影響を明らかにすることを

目的として調査を行い、サンプル中の抗菌剤濃度を測定するとともに、大腸菌の分離収集と薬剤感受性試験を含む性状解析を行った。その結果、下水処理中の抗菌剤濃度は病院排水を受け入れている STP で高値を示した。各種抗菌剤に対する耐性菌分布率は生活排水のみ受け入れている STP と比較して、病院排水を受け入れている STP で有意に高いことが示された。病院排水中に含まれる高濃度の抗菌剤が下水処理中の大腸菌に影響を及ぼすことを示唆する成績と考えられた。

さらに、STP 環境における処理段階に応じた生物学的活性を解明するために、排水抽出物をラットの初代培養肝細胞に感作させ、主要な2種の薬物代謝酵素の発現状態を解析した。病院の排水のみを受け入れている STP ではそれ以外の STP に比較して排出口では AhR 活性 (SYP1A1発現)、PXR 活性 (SYP3A11発現) の双方が高かった。このデータは病院排水を受け入れている STP においては薬剤による影響が大きく、その影響は排水処理によって減弱しないことを示唆している。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕薬剤耐性菌、医薬品汚染、インド

〔研究題目〕海洋化学トレーサの組み合わせによる南大洋における人為起源二酸化炭素吸収量の見積り

〔研究代表者〕山下 信義（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕山下 信義、谷保 佐知、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究課題の目的は、南極大陸をとりまく南大洋における、人為（化石燃料）起源二酸化炭素 (CO₂) の吸収能力をより正確に評価することである。海洋における人為起源 CO₂ 吸収量は大気中 CO₂ 濃度の上昇にともなう地球温暖化予測に必要な情報であるが、限られた観測データによるその見積りには大きな不確かさが含まれる。特に広範な南大洋における吸収能力はその重要性が指摘されつつも、これまでに得られている解析結果間の差異は大きい。本課題では、溶存無機 CO₂ 濃度増加から直接人為起源 CO₂ 増加量を求めるだけでなく、海洋化学トレーサと呼ばれる炭素14、セシウム137、フロンガス、人工フッ素化合物を同時に測定することで、南大洋における人為起源 CO₂ 増加量の見積りの確度を上げ、同海域におけるその吸収能を評価することを目的とする。

(独) 海洋研究開発機構の「みらい」航海 MR13-06 航海 (H25年9-10月) に参画し、本研究に用いる海水試料採取、船上でのデータ取得をほぼ予定通りに実行することができた。特に PFASs の外洋海水分析法の信頼性を向上させるために従来使用されている WAX カートリッジの最適化実験を行う事で PFASs の外洋海水分析に特化した分析法を開発する事に成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】気候変動、海洋科学、地球化学、地球変動予測、環境分析

【研究題目】氷で制御されたナノマイクロ空間の分析化学

【研究代表者】半田 友衣子（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】半田 友衣子（常勤職員1名）

【研究内容】

究極の環境調和物質である水が形成する氷が創り出す特徴的な構造と性質を利用して、他の物質ではなし得ない計測と低環境負荷な物質分離、センシング、好感度計測を行うことを目的とする。その1つとして、ハイドレートを利用するガスクロマトグラフィーの構築を目指している。25年度は、まず装置の設計に取り組んだ。ハイドレートクロマトグラフィーを確立するための大きな課題は、大きな表面積を得ることである。粒子を小さくすることでカラム内表面積を大きくすることができるが、氷同士の凝結が起こってしまうため、数百 μm の粒子が適当であると考えた。その場合、系全体を大きくして表面積を確保する必要がある。そこで、直径1cm×長さ100cmのガラスカラムにガス配管をつなげ、汎用ガスクロマトグラフ装置のTCD検出器と接続した装置を作成した。今後、平衡ガス圧の違いを利用するガス分離を行うことを視野に入れて、ガス圧を制御できるようにマスフローメータを取り付けた。分離を試みる前に、測定が可能かどうかを確認するために、純水を凍結させた氷をカラムに充填して窒素をガスを流し、Ar等の希ガスをサンプルとして導入した。温度を一定に保つことができるように、ガラスカラムには冷却用のジャケットがついているが、冷媒の循環に問題があり、カラム内の氷が溶解してしまうことがわかった。来年度はまず、温度制御の問題を解決する。また、TCD検出器では感度が低いため、FID検出器に変更する必要があることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ハイドレート、クロマトグラフィー、ガス分離

【研究題目】選鉱・製錬技術を用いた2次電池からのレアメタルの分離と回収

【研究代表者】古屋 仲茂樹

【研究担当者】古屋 仲茂樹、藤木 由美子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

リチウムイオン電池やニッケル水素電池はEVやHEVのような自動車に用いられる2次電池である。金属資源はエネルギー資源とは異なり、使用後も製品の形として残っている。レアメタル資源の偏在性や資源ナショナリズムのために日本ではレアメタルの確保を強く求められ

ている。本研究では選鉱技術を駆使して2次電池からレアメタルをリサイクルするプロセスを開発することを目的とする。本研究は関西大学環境都市工学部芝田隼次教授（研究代表者）との共同研究であり、当所が粉碎・物理選別工程を、関西大学が湿式処理によるレアメタル回収工程をそれぞれ担当している。

本年度は、研究対象の2次電池として使用済みニッケル水素電池を取り上げ、電池を焼成して安全に粉碎処理できるようにした後に、異なる作用力を持つ粉碎機を使って粉碎挙動を調べ、焼成条件と焼成温度による粉碎・分級後の粒度分布の違いと各粒度区分の電池成分の組成の違いを明らかにした。また、ニッケル水素電池の主要な構成部品である鉄ケース、パンチングメタル（鉄板）、ニッケル板などの板状の物質を良好に粉碎し、電極材料粉体である水酸化ニッケルや水素吸蔵合金の剥離を可能とする粉碎機を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、二次電池、レアメタル、粉碎、分離、回収

【研究題目】Molecular-Net Sieving の提案と超薄膜分離膜の創製

【研究代表者】伊藤 賢志（計測標準研究部門）

【研究担当者】伊藤 賢志（常勤職員1名）

【研究内容】

分離困難な各種気体および液体分離プロセスの省エネ化の可能性を探るため、ナノメートルスケール構造を制御したアモルファスシリカネットワークを成長させることでシリカ分離膜を形成し、その構造を評価する。本年度は、多孔質薄膜中の陽電子の消滅プロセスを調べるとともに、フロー型高感度吸着法を適用して開放細孔解析を試みた。多孔質構造を制御するための成膜条件を最適化した正ケイ酸エチルとヘキサメチルジシロキサンによる有機シリカ複合薄膜の低速陽電子消滅ガンマ線ドップラー測定を行い、550℃焼鈍に伴う細孔周辺の化学構造変化による陽電子パラメータ変化を観測できた。また、焼鈍試料の水及びメタノールの吸着等温線を測定し、その結果を陽電子寿命と対応づけることができた。今後は低速陽電子消滅法とフロー型高感度吸着法のその場同時測定を試み、両手法の特徴を組み合わせた、新規細孔計測技術の開発をすすめる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】陽電子消滅、空孔、分離膜

【研究題目】材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立

【研究代表者】芦野 俊宏（東洋大学）

【研究担当者】山下 雄一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

材料科学に関する各種の概念、物性、材料名、プロセスなどの関係を記述した一種の辞書といえる標準的なオントロジーを確立し、国際的な枠組みで進んでいるオントロジー整備の動きに参画してゆくとともに、単なる概念辞書を越えた材料科学の知識表現へと拡張することを目標とする。

研究計画：

産総研分散型熱物性データベースをモデルデータとして基礎的な材料オントロジーを確立し、さらにその拡張について検討する。特に式データの表現についての国際的な材料データ交換手法確立における課題などを洗い出す。

年度進捗状況：

過去2年間の取り組みでは、OpenMath 形式による式辞書と係数 RDF データによる数式のデータ化、Haas-Fisher 式による熱力学データのフィッティングデータ作成、Web ブラウザにおける本提案形式を活用した数式表現が可能であることが確認された。

本年度は、産総研分散型熱物性データベースのデータベーススキーマを拡張し、本研究で作成した式辞書データ、係数 RDF データを収録可能とした。過去に作成した数式データをデータベースに収録するとともに、本提案形式の数式データを基にした数式表示を実現する機能を分散型熱物性データベースの Web 版閲覧システムに実装した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】熱物性データベース、材料データ、熱力学データ、RDF、OpenMATH、オントロジー

【研究 題目】スペクトラム拡散法を用いた曲流路探傷式高精度超音波流量計測システムの開発

【研究代表者】古市 紀之（計測標準研究部門）

【研究担当者】古市 紀之（常勤職員1名）

【研究 内容】

曲流路後流の探傷式高精度流量計測システムの開発にあたり、超音波センサの最適設置方法、スペクトル拡散法を用いた新しい信号処理およびフェイズドアレイ流速分布計測システム（フェイズド UVP）について検討する。スペクトラム拡散法を用いた新しい信号処理では、超音波センサの特性やエコー信号の相関処理による影響から、本手法で用いるパルス波は、従来使用してきたトーンバースト波とは音場分布が異なることが考えられるため、自動3次元音場測定装置を用いて、16波トーンバースト、線形 FM 方式、13bits パーカー符号および16bits グレイ符号等による圧電素子駆動した際に発信される音場計測を行い、有効音波圧力や SN 比の変化などを実験的に調べる。また、流量測定実験のための測定部を製作し、測定線積分法を確立するための水平流路を用いた実験を行うとともに、フェイズド UVP システムを構築し、

フェイズド UVP の計測精度を調べる。今年度はハイパワートーンバースト超音波送受信器の納品が遅れたものの、自動3次元音場測定装置の構築を早期に行っていたため、16波トーンバースト、線形 FM 方式、13bits パーカー符号および16bits グレイ符号等による圧電素子駆動音場計測は順調に行えた。複測定線計測における FFT 解析することによって最小センサ数を決定する、新しい解析手法を考案した。また、フェイズドアレイ流速分布計測システムを構築した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】探傷式高精度流量計測システム、流量、スペクトラム拡散法

【研究 題目】光コムによる環境自己補正型の精密長さ計測エコ技術の開発

【研究代表者】稲場 肇（計測標準研究部門）

【研究担当者】稲場 肇（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究では、精密産業の基盤である高精度長さ計測において、主要な誤差要因である空気屈折率の環境変動を、多波長光における空気屈折率の波長分散関係を用いることで、高精度かつリアルタイムに補正するための基礎技術を開発する。これにより、特に従来補正不可能だった湿度を含むトータルな環境要件を大幅に緩和し、科学・産業の省エネルギー化に寄与することを目指す。

本年度は、エルビウム添加光ファイバを用いたモード同期レーザによる光コムの作成に協力した。これにより、干渉縞制御に必要な光コムの間隔周波数の広範囲な粗調と、高精度な微調手法が開発できた。共振器の偏波条件を調整することにより、全ての変調領域において安定なモード同期を実現する領域を見つけることができた。コムの間隔とオフセット周波数について、ルビジウム発振器を周波数基準として同期・制御した。制御の電気系の改良により、長期安定な制御を実現した。

【分 野 名】計測・計量標準

【キーワード】光周波数コム、空気屈折率、干渉計測

【研究 題目】新粒子成長過程における大気エアロゾル粒径別化学組成の追跡分級計測システムの開発

【研究代表者】竹川 暢之（東京大学 先端科学技術研究センター）

【研究担当者】桜井 博（常勤職員1名）

【研究 内容】

エアロゾルは直接・間接効果によって気候変動に大きな影響を与える。新粒子生成は、雲凝結核 (CCN) 数濃度を変化させる要因として重要である。そのメカニズム解明のためには、新粒子から CCN への成長過程で鍵となるエイトケンモードのエアロゾル粒子（粒径10-100 nm）に着目し、従来行われてきた数濃度粒径分布の計

測に加え、化学組成や混合状態を同時に実時間計測することが必要である。本研究では、エアロゾル数濃度粒径分布計測装置や粒子質量分析計等を駆使することにより、新粒子成長過程における粒径・混合状態別の化学組成（硫酸塩、硝酸塩、有機炭素）を計測するシステムの開発に取り組む。H25年度は、粒子質量分析計について、その感度を向上させるための改造を行うとともに、エアロゾル粒子の化学組成分析を粒径別・混合状態別に行う上で用いる、電気移動度式および遠心静電式の粒子分級装置について、実験用粒子を用いた分級性能試験を実施した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕エアロゾル、新粒子生成、粒径分布、化学組成、粒径別分析

〔研究題目〕非 DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討

〔研究代表者〕藤井 紳一郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤井 紳一郎、加藤 大（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

リボ核酸（Ribonucleic acid, RNA）の一種であるアデノシン三リン酸（Adenosine triphosphate, ATP）は、生体エネルギー供与物質として多様な生化学反応へエネルギーを供与している。さらに ATP は、遺伝情報の仲介物質であるメッセンジャーRNA を合成するための基質でもあるため、遺伝子情報の正確な発現にも重要な働きをしている。そのため、ATP の塩基部位に生じる僅かな分子変異が、この RNA 合成にも深く関わり、突然変異や発がんの原因となる可能性がある。本研究では、非 DNA 性の核酸生体分子である RNA 分子が、放射線によって損傷した場合の生体影響を多角的に解析し、どのような生物学的効果を示すかを *in vitro* および *in vivo* 実験で検証することが目的である。本課題では、DNA 以外の分子が損傷を受けた場合に引き起こす生物効果を指標として ATP の生化学機能を網羅的に解析する。

本年度は γ 線を照射したときに ATP 分子に生じる分子構造変化を各種測定結果から予測した。特に、段階的に γ 線照射した ATP 試料について、液体クロマトグラフ質量分析装置（LC/MS）を用いた測定および、ナノカーボン電極を用いた LC-電気化学検出法を用いて測定を行った。 γ 線の照射量に応じた変化としては、加水分解によるリン酸基の脱離が原因と考えられる ATP 量の減少が見られた。また、質量分析結果からリン酸基の加水分解以外の分子変化を示唆する結果を得た。加えて、電気化学検出においては、5 Gy の γ 線を照射した ATP 試料のみ分子種を同定できない未知ピークが観測され、質量分析同様の分子変化が観測された。電気化学的反応によって検出されたことから、ATP のアデニン環構造

の破壊が起きている可能性は低く、不飽和二重結合への水酸基の付加反応や、アミノ基の酸化反応が進行していることが推察される。これらの分析結果と研究チーム内の生物学的効果評価担当者との測定結果を併せて、ATP 分子に対する γ 線や X 線などの照射によって生じる分子変化と生物効果の関係についてその影響依存性を見出すことができた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕非 DNA、RNA、放射線損傷

〔研究題目〕放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御

〔研究代表者〕藤井 紳一郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤井 紳一郎、加藤 大（バイオメディカル研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

アデノシン三リン酸（ATP）は生体内で最も一般的かつ重要な分子の一つであるが、この ATP に量子ビームを用いて特異的な分子変異を導入し、様々な生物効果を制御することが本研究の目標である。量子ビーム科学において化学反応を制御することは、最重要課題の一つであるが、中でも生体における生物効果について、生体分子を介した制御が可能であれば、生物学的な生体機能の解明だけではなく、医薬、創薬分野における分子を用いた薬剤的応用にも繋がる重要なテーマである。本研究では、ATP の物理化学的特性について分析化学的見地から解析を進め、特異的な分子変異について定量的な評価を行う。得られた化学的特性と、生物学的活性評価を行う研究担当者が得た知見とを研究グループ内で比較検証することによって、ATP の分子変異による生物効果の制御性を検証する。本研究では、放射光軟 X 線を量子ビームとして使い、放射光軟 X 線を持つ元素選択性を利用して、照射 ATP による RNA 合成や放射線バスター効果などの生物効果を制御する手法を確立することにより、細胞の放射線感受性を制御することを目的とする。

本年度は軟 X 線照射 ATP については軟 X 線照射時に得られる軟 X 線吸収スペクトルの変化について検討を行い、照射によって、ATP 分子の糖部位の C-O 結合切断が効率よく起こることが明らかとなった。また、他の放射線照射実験として、 γ 線を ATP 分子に照射し、液体クロマトグラフ（LC）を用いて分子種ごとに分離し、紫外吸収（UV）および電気化学検出を行うことで、その分子変異について測定を行った。主に見られるのは、リン酸基の加水分解による ATP 量の減少であるが、アデニン塩基の変異と考えられる分子種未同定のピークも確認された。260 nm 程度に UV 吸収を有することと、電気化学検出の結果から、アデニン環の開裂よりも、水酸基付加やアミノ基の酸化などの分子修飾が有力な変異反応と推察される。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕ATP、軟X線、分子変異

〔研究題目〕検査機関の信頼性確保に関する研究

〔研究代表者〕小島 幸一（一般財団法人食品薬品安全センター）

〔研究担当者〕鎗田 孝、大竹 貴光（計測標準研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

残留農薬に関わる食品の安全性を確保するために、検査機関を対象とした外部精度管理調査が行われている。本研究では、同調査の更なる信頼性向上を目的として、同位体希釈質量分析法（IDMS）を用いた調査試料の精確分析を検討した。

これまでに使用された外部精度管理調査試料の基材を用いて、IDMSの精確さを評価した。その結果、対象とする農薬によっては、分析試料由来の夾雑成分のために、IDMSの分析値が偏ることを示した。また、その対策として、マトリックスマッチングを施した校正標準液の使用が有効であることも示した。

次に、平成25年度外部精度管理調査試料の試験試料（とうもろこしペースト）を分析した。分析対象農薬であるフェニトロチオンとクロルピリホスの両方について、IDMSによる分析値は、調査試料の調製における添加濃度と良好に一致した。また、分析値の不確かさは、参加機関間の標準偏差に対して、25%以下と充分小さかった。以上より、IDMSは外部精度管理調査試料中の対象農薬の精確分析に有効であると考えられた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕残留農薬分析、農薬、技能試験、外部精度管理調査、同位体希釈質量分析法、マトリックス効果

〔研究題目〕ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究

〔研究代表者〕竹谷 敏（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕竹谷 敏、山本 佳孝（常勤職員2名）

〔研究内容〕

低炭素社会では、地球温暖化の主因である二酸化炭素（CO₂）の排出量を吸収量より少ない産業生活システムを目指す。今後はCO₂回収貯留など供給側の抜本的な対策が実施されない限りこれらのバランスの維持が難しい。工業圏から発生するCO₂を分離回収し、そこで生成するCO₂ハイドレートにより、CO₂並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給し利用する農工融合型環境負荷低減システムの実現は、CO₂処理の観点から、非常に有効であると考えられる。本研究においては、CO₂並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給するためのシステムの構築と、回収貯留されたCO₂量の解析手法の確立を目指している。

今年度は、高圧CO₂処理を施した植物中において、組織中の水分がどの程度の割合でCO₂ハイドレートへと変化するかについて、低温粉末X線回折測定による定量的な評価と、低温型位相コントラストX線CT測定による定性的な評価を試みた。従来の一般的な可視化、定量評価手法である核磁気共鳴画像法（MRI）では、氷と不透水の共存状態での評価のみ可能であった。本研究により植物組織中のCO₂ハイドレートと氷の定量評価が初めて可能となった。高圧CO₂処理方法や、温度圧力条件にともなうCO₂ハイドレートへの変化率など、今後の調査への指針が得られた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕X線構造解析、位相コントラストX線イメージング、包接化合物、ガス貯蔵

〔研究題目〕分子性結晶三ヨウ化ホウ素と四ヨウ化スズの高圧力下の構造物性研究

〔研究代表者〕藤久 裕司

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕藤久 裕司、浜谷 望

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

四ヨウ化スズSnI₄は常温常圧で立方晶構造（CP-I）を組んだ分子性結晶である。室温7GPaでは構造未知のCP-IIへ、15GPaから30GPaでアモルファスへ、61GPaではCP-III（fcc構造）へと相転移することが知られている。CP-IIIでは分子が壊れ、SnとIが区別なく混ざった置換型固容体となっている。アモルファス中においても異なる配位数を持つAm-IとAm-IIが存在する。さらに高温高圧下では結晶相CP-IV、CP-Vの存在が報告されている。四面体型のSnI₄分子の形状がそれぞれの相の中でどう変化してゆくのかはまだ謎が多く、とても興味深い。この多彩な構造変化を探るべく、今回DFT計算による分子動力学（MD）シミュレーションを試みた。

DFT計算にはAccelrys社のMaterials Studio CASTEPを使用した。汎関数にはGGA-PBEsolを、擬ポテンシャルにはUltrasoft型を用いた。MDにおける圧力コントロールには格子の自由な変形が可能なParrinello-Rahman schemeを用いた。CP-Iを初期構造とした比較的圧力の低い5GPa以下のMDでは約500KまでCP-Iが安定であった。しかし7GPa以上においては400Kでアモルファス化が起きた。このときSnの配位数は6以上になり、分子の四面体構造は失われた。アモルファス化のきっかけは圧力によるSnの配位数の上昇がカギとなっていると推察された。その配位数は30, 60, 80GPaではそれぞれ8, 10, 12配位というふうに圧力と共に連続的に上昇した。60GPa以上300K付近においてはSn, I原子がfcc構造整列してゆく様子が見られた。この結果は常行らの報告とよく一致している。各種

圧力点における MD の結果、6GPa から10GPa の圧力領域では Sn は6配位を好むことが分かった。6GPa, 300K での MD では新たな結晶状態が出現した。その特徴は Sn が6配位で、隣の Sn とは2個のヨウ素を共有しながらチェーン状につながっていることである。この構造モデルから計算される粉末 X 線回折パターンは、CP-II の実測のそれと似ているため、CP-II の構造モデルの最有力候補となった。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕分子性結晶、結晶構造、相転移、高圧、DFT 計算、分子動力学計算、X 線回折

〔研究題目〕マイクロリアクター内のソノケミストリーとソノルミネッセンスに関する研究

〔研究代表者〕辻内 亨（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕辻内 亨（計測フロンティア研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

超音波により激しく膨張収縮するキャビテーション気泡からのラジカル、酸化剤を用いた化学は、ソノケミストリーと呼ばれ、薬剤の添加なしに化学反応を起こすことができる。本研究では、液体への強力超音波照射による種々の化学効果を、マイクロリアクター内で生じさせることを目的とする。微小領域におけるキャビテーション気泡の導入は、液体の混合や攪拌、ポンプ機能のみならず圧壊時の水の解離により生成される酸化剤を基にした化学反応が期待できる。そこで超音波キャビテーション気泡由来の酸化剤の生成と計測を、ヨウ化カリウム酸化に基づく吸光度測定、ルミノール音響化学発光測定等により行う。

平成25年度は、異なる溶存空気濃度、異なる投入パワーの超音波照射下でルミノール水溶液からの音響化学発光の強度を、一次元のマイクロ流路と、マイクロ流路の両端にある三次元アダプター部分のそれぞれについて計測し、一次元と三次元での反応効率の比較を行うとともに、そのメカニズムについて検討した。その結果、常圧下で調製した空気過飽和の溶液を用いることにより、加圧下の一次元微小空間でのソノケミカル反応を三次元空間と比べて高効率化できることがわかった。この一次元空間が高効率をもたらす理由について、一次元空間の場合、反応に有効なキャビテーション気泡を含む体積が、単位体積あたりの比較において、三次元空間より多く含まれているためと考察した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕超音波、マイクロリアクター、キャビテーション気泡、超音波化学反応、音響化学発光

〔研究題目〕新奇な圧力誘起水素-炭素間相互作用の制御とその機構解明

〔研究代表者〕藤久 裕司

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕藤久 裕司、中山 敦子

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

グラファイトは、低温で水素の物理吸着を生じるが、電荷移動相互作用を必要とする水素-グラファイト層間化合物の生成は難しいとされていた。しかし近年、石動らはグラファイト構造をもつメソカーボンマイクロビーズ (MCMBs) の水素雰囲気下におけるX線回折、ラマン散乱実験を行い、1GPa以下で水素吸蔵を起こすことを報告した。X線回折パターンから推察されたモデルには大別して2種類ある。一つ目のモデルはグラファイトのスタッキングが水素吸蔵に伴いABからAAに変化したものである。二つ目のモデルは水素分子が2, 3層おきに挿入されたステージング構造である。水素吸蔵に伴う回折パターンの変化がわずかであるので、実験のみでは構造モデルを絞り込むことは難しい。そこで我々は2種類のモデルが合理的であるかどうかDFT計算により検証を行うことにした。

X線回折パターンの解析にはAccelrys社のMaterials Studio (MS) REFLEXを使用した。DFT計算にはMS CASTEPを使用した。汎関数にはGGA-PBE、分散力補正にはTkatchenko-Scheffler scheme、擬ポテンシャルにはUltrasoft型を用いた。実験で提唱された一つ目のモデルを検証するため、実験で得られた2GPaにおける層間距離に固定されたABスタッキングとAAスタッキングした層間に水素分子を置いたモデルを作り、それぞれの原子にどのぐらい力がかかっているか計算してみた。前者では水素の真下にある炭素原子に強い反発力が発生し、後者では芳香環の穴に水素が入ることで反発力が緩和された。その結果ABスタッキングよりもAAスタッキングの方がエンタルピーは低くなった。それでもc軸方向にかかるストレスは前者で18GPa、後者で16GPaであり、どちらも実験値2GPaとは大きくかけ離れていた。逆に言うと2GPaで水素が入っているならば層間距離はもっと広がらなくてはならないことになる。二つ目のステージングモデルについては、格子定数を実験で得られた値に固定し、内部構造に問題がないか検証を行った。原子位置の最適化を行ったところ、水素が挿入されていない層間距離と挿入された距離にはかなりの差が発生した。結果として過去の二つのモデルとも実験と計算はコンシステントにはならなかった。今後別のモデルの考案が必要であろう。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕グラファイト、結晶構造、相転移、高圧、水素吸蔵、DFT 計算、分子動力学計算

〔研究題目〕側枝血管の確実な血流維持を可能とする脳動脈治療用カバースtent開発におけ

る孔設計

【研究代表者】中山 敦好（健康工学研究部門）

【研究担当者】中山 敦好、大嶋 真紀
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

脳動脈瘤塞栓を目的とするカバードステントの開発において、新規高分子カバー材料の研究を行う。柔軟で強度を持つ生分解性材料として、ポリ乳酸をベースとした血管内圧に負けない強度を持つエラストマー様の材料を開発する。以前報告したカプロラクトンベースのものでは、応力0.1MPaで1500%以上伸びるような材料が実現できたが、ポリ乳酸では主鎖が剛直なためそこまでの性能は発揮できない。そこで強度確保のためポリ乳酸ジオールの構造と分子量の最適化を検討した。ポリ乳酸ジオール調製のためのソルボシス用ジオールとして各種PEGやPPGを検討し、また、柔軟性の向上のためにトリメチロールプロパンやグリセリン構造を導入し多分岐化を行った。PEGでジオール化し、グリセリン分岐を持つウレタンウレアで5MPa以下の応力で200%以上の伸びを実現した。リン酸緩衝液（pH 7.0）中での60℃での非酵素的加水分解試験では乳酸系ウレタンでは250日で70%以上と、ほぼポリ乳酸と同程度の分解性を示し、ウレア化では加水分解が抑制されるが、それでも40%以上の加水分解性を示した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生分解性ウレタン、ウレタンウレア、生分解性ナイロン、ポリ乳酸、ステント

【研究題目】聴覚音声支援のための聴覚特性の解明と信号処理開発

【研究代表者】中川 誠司（健康工学研究部門）

【研究担当者】中川 誠司、籠宮 隆之
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

高度高齢化社会で不可欠となる効果的な聴覚音声支援の基盤整備を目標として、健聴者／難聴者の聴覚特性の比較、末梢系難聴模擬システムの構築、難聴者にとって聞きやすい音声処理技術の高度化に取り組んでいる。2013年度は難聴者の知覚特性や神経生理メカニズムの解明、および当方で開発した骨導超音波補聴器の適用可能性の目的として、心理物理計測や脳磁界計測に取り組んだ。

重度難聴者を対象として時間変動への追従性（時間分解能）を調べた。時間変調伝達関数（Temporal modulation transfer function: TMTF）計測の結果、重度難聴者であっても骨導超音波補聴器を利用することで、聴覚健常者と遜色のない時間分解能を有すること、人工内耳に比べて遙かに高い時間分解能を有することがわかった。また、脳磁界計測を用いて、刺激音の持続時間の弁別状態を表すミスマッチ反応を計測したところ、聴覚

健常者と同程度の反応振幅を得ることができた。

これらの結果は、最重度難聴者における骨導超音波の聞こえが聴覚健常者にも遜色ない時間分解能を有すること、時間分解能という点では骨導超音波補聴器が人工内耳を遙かに凌ぐことを示している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】聴覚音声支援、聴覚障害、補聴器、時間分解能

【研究題目】ソルボサーマル合成による新規アルミノシリケートの創出・制御と触媒応用に関する研究

【研究代表者】池田 拓史（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】池田 拓史、日吉 範人、長瀬 多加子、阿部 千枝（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究では、ゼオライト結晶を前駆体に用いるソルボサーマル反応により、新規ナノポーラスアルミノシリケート及び骨格置換メタロシリケートを創製し、構造・物性評価及び触媒応用研究を行う。平成25年度は、ソルボサーマル反応を用いて独自に得た合成-LIT型アルミノシリケートゼオライトについて、様々なイオン交換能とそれに付随した結晶構造変化の関係を調べた。その結果、-LIT型構造は、細孔内のゲスト物質により二種類の構造をとることが分かった。特に細孔内への K^+ イオンの導入と、骨格内にある相対するシラノール基の間での水素結合が形成の有無が構造変化の重要因子であることが分かった。またこの構造変化は可逆的であることも判明した。これらの結果は、-LIT型ゼオライトがサイズや価数、極性等の特性が異なるイオン・分子について、既存ゼオライトとは異なる選択性を持ったイオン交換材になり得ることを示唆している。

また新規物質探索研究として、結晶性層状ケイ酸塩RUB-18とアルミニウムイソプロポキシド、KOHを原料に用いてソルボサーマル反応させたところ、従来にはない高Al含有である層状化合物Al-K-LDSの合成に成功した。これを詳しく分析すると $KHSi_2O_5$ と等構造の層状ケイ酸塩結晶（K-LDS）を母体に持ち、その周りを酸化アルミニウムがアモルファス状に取り巻いた複合構造をしていることが分かった。Si/Alは約6程度と従来のAl金属導入型層状ケイ酸塩に比べ5～10倍ほど高かった。このAl-K-LDS粉末結晶にカチオン性界面活性剤（ C_{16} TMAおよび C_{22} TMA）を加え、加熱反応および焼成を行ったところ、二種類の細孔径の異なる（3.5, 4.9 nm）泡状の細孔構造を有するメソ多孔体を得た。組成分析から、Si/Al=2～3程度と更に高Al含有比となっていることが判明した。Al原子の分布は結晶全体に渡ってかなり均一であった。この2つのメソポーラスアルミノシリケートはどちらも高いガス吸着能を有し、親

水性が高く、既存メソポーラスシリカの欠点である耐水性についても優れていた。さらにリゾチーム吸着を試したところ非常に高い吸着能を示した。これらの基礎物性から、得られたメソ多孔体は近年注目されている固定化酵素反応やドラッグデリバリーシステムに用いる酵素固定化材料として、高い素質を持つことが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ゼオライト合成、ソルボサーマル反応、精密構造物性、メソポーラス化合物

【研究題目】木材資源（セルロース）から高分子原料を製造するための触媒反応技術の開発

【研究代表者】三村 直樹（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】三村 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

【目標】

バイオマス原料に特有の元素組成、分子構造などを生かすことにより、石油化学では合成が困難な機能性化合物を効率的に製造する手法の開発を行う。具体的には、セルロースを高分子の原料に変換して使用するために必要な触媒反応技術を研究する。開拓する反応経路は木材資源中のセルロースを原料として、グルコース、ヒドロキシメチルフурフラール（HMF）を経由してフランジカルボン酸（FDCA）に至るルートであり、この反応を、「水だけを溶媒にする」「有害な金属成分を触媒に使用しない」という2つの条件を満たしたグリーンなワンポットまたはワンパス反応として実現する。

【研究計画】

25年度は、「グルコースから HMF の製造」では、ハイドロキシアパタイト（HAP）をベースとした触媒を開発し、水だけを溶媒に用いた反応を実現させるために必要な高温・高圧などの条件検討を行う。「HMF の酸化によるフランジカルボン酸の製造」では、HMF 酸化に適した Au-Pd ナノ粒子触媒を開発する。翌年度以降、難易度の高いセルロースを用い、異性化、脱水、酸化と異なる触媒反応をワンポットまたはワンパスで行うための触媒を開発し、反応条件の最適化を行う。そして、「木粉などの実際のバイオマス原料の使用」による高分子原料の合成を実現する。

【25年度の進捗状況】

初年度である25年度は、反応経路上の中間物質であるグルコース原料からの HMF 製造に効果的なリン酸カルシウム触媒を見出した。温度、反応時間、触媒量の最適化を行うことで、HMF 収率44%を達成している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、セルロース変換、触媒反応

【研究題目】一細胞ゲノム解析へ向けた高性能 DNA 増幅マイクロチップの開発

【研究代表者】松浦 俊一（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】松浦 俊一（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、規則性細孔を有するシリカ系ナノ空孔材料（メソポーラスシリカ）と DNA 合成酵素を複合化することにより、ナノ空孔を反応場とした選択的かつ高感度の DNA 増幅システムを構築することを目的としている。また、酵素固定化マイクロチップによるハイスループットな DNA 増幅を目指し、最終的には、難培養性微生物の遺伝子解析を実現するために、一細胞レベルのゲノム DNA からの DNA 増幅法の開拓を試みるものである。

本年度は、メソポーラスシリカと耐熱性 DNA 合成酵素の複合材料を用いた環状の長鎖 DNA を対象とした増幅反応を実施し、標的塩基配列の長さに応じた最適なメソポーラスシリカの粒子形態と細孔径が明らかになった。また、酵素複合体の洗浄工程において DNA 夾雑物を反応系外に排除することによって、標的 DNA の選択的な増幅が可能になり、更に、従来技術では増幅が困難であった極微量 DNA の高感度の増幅に成功した。

本年度は更に、DNA 合成酵素-メソポーラスシリカ複合体をガラス製流路に実装した流通式マイクロチップを作製し、コイヘルペスウイルスのゲノム DNA の増幅反応に適用した。その結果、遊離の DNA 合成酵素と比較して、固定化酵素では副反応を抑制しながら DNA 増幅活性を増大できるという新たな効果に関する知見を得た。また、酵素複合体の繰り返し使用の実行可能性が示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ空孔材料、DNA 合成酵素、マイクロチップ、DNA 増幅

【研究題目】セルロースから化学品への直接合成を実現する環境調和型触媒反応システムの構築

【研究代表者】山口 有朋（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】山口 有朋、村松 なつみ（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

循環型社会構築のために枯渇性資源ではなく再生可能な資源を原料として利用する研究が進められている。特に、非可食性バイオマスのセルロースから有用物質に変換する反応が研究されている。本研究では、非可食性バイオマス資源であるセルロースを直接イソソルビド（高分子添加剤や医薬品原料）に変換する担持金属触媒および反応システムの開発を行う。この研究により硫酸などの強酸を使用せず、水素化分解反応・脱水反応を水溶媒中にてワンポットで進行させる新しい環境調和型化学を

開拓できる。現行の技術でセルロースから複数の反応ステップを経ることでイソソルビドへ変換可能であり、また、最終ステップとなるソルビトールの脱水反応によるイソソルビドの生成は、硫酸を用いることにより進行することが報告されている。しかし、反応後に中和・中和により生成する塩の分離・生成物の精製と煩雑な過程が必要である。

セルロースの水素化分解反応・ソルビトールの脱水反応を水溶媒中にてワンポットで進行させるのに高活性な担持金属触媒および固体酸の組み合わせの探索を行った。担持金属触媒としてルテニウム金属、固体酸としてイオン交換樹脂を用いることにより高効率でセルロールからイソソルビドへの変換が可能であることを明らかにした。本反応プロセスでは、反応後の中和操作が不要であり、非可食性バイオマスのセルロースから有用化学物質であるイソソルビドへと一段階で変換可能となった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】セルロース利用、担持金属触媒、高温水反応場

【研究題目】ppb レベルのナノ薄膜試験紙、実用化のための基盤技術の深化と環境試料による評価

【研究代表者】和久井 喜人（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】和久井 喜人（常勤職員1名）。

【研究内容】

本研究は、長岡技術科学大学が代表となって実施している科研費研究を分担して実施した。本研究では、量産、高精度、汎用性に優れた1) 有機ナノ粒子作製技術の確立、2) 比色試薬ナノ粒子の反応性におけるサイズ効果の検証、3) ナノ薄膜への浸透および反応性制御を基盤技術として深化させ、さらに分離の難しいイオンに対する4) 妨害除去技術の確立および5) ppb レベルの化学状態分析を行い、環境試料の実測を通して、ポテンシャルを評価することを目標とする。平成25年度は(2-エチルヘキシル) ジチオカルバメート銀錯体を担持したグラスファイバーフィルターを用い、水中の微量ヒ素を水素化物として揮発させて接触させることによる目視検出法を開発した。本技術では特殊な分析装置を用いることなく、リン酸を含む多くのイオンの干渉を受けずに5 ppb の感度でヒ素の検出を実現した。淡黄色の発色膜は水素化ヒ素の接触で10分以内に迅速に赤紫色へと明瞭な変色を示し、その変色は6時間以上安定に保たれることを確認した。また発色膜の空気中での安定性を向上させるための添加剤の評価を実施すると共に、より大きな色変化を得るには適切な厚みと通気性を有するフィルター担体の選択が必要であることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ヒ素、(2-エチルヘキシル) ジチオカ

ルバメート銀錯体、目視分析、簡易計測、水素化物

【研究題目】イオン液体中に形成される特異な溶媒和構造と自由エネルギー描像

【研究代表者】金久保 光央（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】金久保 光央（常勤職員1名）

【研究内容】

イオン液体は、従来溶媒にない特異的な性質を示し、反応溶媒や電解質、分離精製場として期待されている。イオン液体の特異的な性質を解明するためには、その特徴的な溶媒和現象を理解することが重要となる。本研究では、X線や中性子回折などの実験的手法と分子シミュレーションとを融合した構造解析法により、イオン液体中の溶媒和構造を決定する。特にイオン液体に溶解した二酸化炭素に焦点を絞り、二酸化炭素がイオン液体中でのような溶媒和構造で吸収されているかを明らかにする。さらに、分子シミュレーションに基づく溶媒和エネルギー評価を行い、構造とエネルギーの両面からイオン液体に特異的な溶媒和構造を解明することを目的とする。

具体的には、イミダゾリウム系イオン液体を対象とし、種々の陰イオンに変化させたイオン液体について X線回折実験を行った。X線回折実験は SPring-8の高エネルギー線源を用いて、高圧条件下で二酸化炭素を吸収させたイオン液体を試料とした。併せて、分子シミュレーションを用いて個々の原子相関を求め、高エネルギーX線回折実験で決定された動径分布関数の帰属を行い、溶媒和構造に関する知見を得た。二酸化炭素がイオン液体の構成イオンによって空間的にどのように溶媒和されるかがより定量的に示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】イオン液体、二酸化炭素、分離精製、溶媒和構造

【研究題目】ナノ空隙の吸着サイト改質とミクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発

【研究代表者】三木 恒久

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】三木 恒久、関 雅子、重松 一典、金山 公三（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究では、木材の超塑性挙動に着目し、ナノ～マイクロレベルでの微細構造変化の観点から変形メカニズムを解明するとともに、木材の超塑性現象を利用した変形加工技術の開発を目指す。具体的には、木材の非結晶領域に多く分布するナノ空隙と吸着サイトを把握・制御して、種々の界面状態を変化させ、木材に超塑性的変形を

生じさせる。また、吸着サイトや吸着剤のナノ表面処理によって、変形と同時に寸法安定性や強度、難燃性能を付与することを目的とする。以下に平成25年度得られた成果を示す。

- ① ナノ空隙の把握と制御：木材中に存在する空隙半径10nm以下での空隙がすべり変形の起点になっていることを考慮して、種々の高分子の導入を図った。その結果、水系溶媒においてポリエチレングリコール換算で分子量20000の一部まで導入可能であり、木材細胞壁物性に影響を与えることが熱分析などにより明らかになった。
- ② 吸着サイトの把握と制御：これまで実施してきた水溶媒を用いた熱硬化性樹脂の吸着サイトへの導入以外に、予め吸着サイトを疎水化することによって、疎水性樹脂の導入を図れることを確認し、細胞壁内吸着サイトへのポリメタクリル酸メチル (PMMA) の重合に成功した。
- ③ 界面すべりの制御：PMMA、メラミン樹脂、アルコール溶性フェノール樹脂、ウレタン樹脂などを導入した木材の熱軟化特性、ならびに円柱圧縮試験によるすべり (流動) 特性を評価した。走査プローブ顕微鏡によって細胞実質と細胞間層の物性値に変化があることが確認された。これらの軟化挙動、すべり現象 (降伏挙動)、組織構造における物性値の差を総合的に検討することによって、木材で生じる超塑性的変形挙動の発生について細胞間層が大きな影響を示していることがわかった。特に、PMMA樹脂では大幅に流動抵抗が低下することがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 木材、超塑性、複合高分子、界面処理、吸着、塑性加工

【研究題目】 異周速圧延法によるチタン板材の集合組織制御と高性能化

【研究代表者】 黄 新ショウ

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 黄 新ショウ (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

異なる不純物濃度を持つ JIS1種、2種と3種の純 Ti に対して、500℃～700℃の圧延温度で、等速圧延と異周速圧延 (異周速比：1.36) を行い、不純物濃度が材料組織と成形性に与える影響を調査した。EBSD 解析の結果、圧延まま材では、純 Ti の純度の低下に伴い、等速圧延材と異周速圧延材は両方とも板幅方向への c 軸の傾斜角度が減少し、c 軸が圧延面の垂直方向に近づくことがわかった。これは底面すべりの活発化によるものと考えられる。また、異周速圧延を用いたせん断歪みの導入により、いずれの種類も純 Ti でも、c 軸が相対的に圧延面の垂直方向にシフトした。結果として、JIS2種と3種の純 Ti では面内異方性の小さい底面集合組織を得ること

ができた。焼鈍を経ると、板幅方向に c 軸傾斜を示す通常の集合組織に戻る傾向があるが、異周速圧延材は等速圧延材に比べ、板幅方向への c 軸の傾斜角度が比較的小さく、より弱い面内異方性を示した。純度の低下に従って、等速圧延材の室温エリクセン値は JIS1種、2種、3種の順で15.2、13.2と9.1と低下した。一方、異周速圧延材はすべての種類の純 Ti において室温エリクセン値は向上し、JIS1種、2種、3種はそれぞれ16.6、15.2と9.6の室温エリクセン値を示した。すなわち、せん断歪み導入により、比較的高強度な JIS2種の張出し成形性を軟質な JIS1種と同等まで向上させることができた。これは異周速圧延材の集合組織の面内異方性が相対的に弱いと推測される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 純チタン、圧延、集合組織、成形性

【研究題目】 VO₂マイクロフレーク創製と熱応答型表面熱伝達制御素子の開発

【研究代表者】 垣内田 洋

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 垣内田 洋 (常勤職員1名)

【研究内容】

二酸化バナジウム (VO₂) は、70℃付近で半導体-金属相転移し、これにより光学的あるいは熱的特性が、室温近傍で、温度とともに可逆的に変わる特徴をもつ。本研究では、VO₂にメゾスケール (ここではサブミクロン～サブミリメートルで定義) の薄片 (フレーク) 形状を持たせ、熱に応答して変化するユニークな熱・光学的機能を見出した。これは、表面での熱伝達や放射・反射を、気温変化に応じて自律的に制御できる技術として期待される。

平成25年度は、VO₂マイクロフレークの成膜技術と作製素子の汎用性の向上を目標に研究を進めた。これまで、成膜が比較的行きやすいサファイア基板を用いていたが、これを汎用性が高い成膜条件が厳しいガラス基板に代え、改めて最適な成膜条件を探索した。この VO₂フレーク膜の実用的な応用を考えると、コスト的・技術的に、ガラス基板で安定成膜することは有意義である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 二酸化バナジウム、サーモクロミズム、表面熱伝達、放射率、自己組織化

【研究題目】 有機複合材料への3次元微細構造形成に基づく感温型デバイスの光制御機能開発

【研究代表者】 垣内田 洋

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 垣内田 洋、吉村 和記

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本年度（最終年度）は、液晶および高分子の周期相分離の技術を向上させ、サブ～数ミクロンサイズの液晶凝集滴を特定の配向秩序を持たせて分散した、ユニークな光学異方性メソスケール複合構造を形成した。この作製には、ワンステップ（一回のみの）ホログラフィック露光という単純なプロセスを用い、本露光による不均一重合で誘起される液晶分子の自己組織的な配向秩序化を利用している。そのため、大面積化や低コスト化といった観点で、応用に向けたハードルが低いという利点がある。今回、露光条件や材料組成を様々に変えることで、材料種を置き変えることなく、種々のタイプの熱応答型および偏光選択性を組み合わせた光波制御素子を作り分けられることを見出した。ワンステップホログラフィック露光を用いた本技術は拡張性が高く、材料の組合せにより、様々なメソ相分離・配向秩序構造を発現できると見込まれ、従来にない感温型・偏光選択型の光波制御素子の開発に繋がると期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 感温型光制御素子、高分子分散液晶、光学異方性、Bragg 回折、ネマティック等方相転移、ホログラフィック構造、光重合誘起相分離、配向秩序、自己組織化

【研究題目】 第一原理計算を利用した CNT/金属異相界面の破壊メカニズムの解明

【研究代表者】 湯浅 元仁

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 湯浅 元仁（常勤職員1名）

【研究内容】

多層カーボンナノチューブ（CNT）を金属、樹脂、セラミックス等に分散したナノ複合材料は、軽量性と機能性（放熱性・触媒性等）を兼ね備えた次世代の軽量構造・機能材料として注目を集め、リチウムイオン電池電極補強材、高比強度を必要とする構造部材への実用化が始まりつつある。一方で CNT ナノ複合材料においては CNT と母相間における異相界面で界面剥離が起り、CNT ナノ複合材料の機械的特性の劣化の一因となっている。本研究開発では、第一原理計算による電子状態解析を利用し、CNT/金属基ナノ複合材料の異相界面強度及び異相界面の破壊メカニズムを解明し、高い信頼性を有する CNT/金属基ナノ複合材料を作製するための設計指針を構築することを目標とする。また、第一原理計算と並行して、電解析出法（めっき法）を用いて CNT ナノ複合材料を作製し、その機械的性質を測定することにより、異相界面破壊モデルの妥当性を評価する。

平成25年度は24年度に作成した CNT/金属（ニッケル（Ni）、銅（Cu）、白金（Pt））異相界面モデルに対し、引張変形・せん断変形を加え、その破壊のしやすさ・変形のしやすさを評価した。CNT/Ni モデルが最も破壊しにくく、変形しにくい、すなわち強度が高いことが示唆

された。しかしながら、引張変形で破壊する界面における電子密度、変形の際のせん断面における電子密度は他のモデルに比べて特別高いわけではなかった。その一方で本シミュレーションにおける CNT/Ni の界面に生じるミスフィットは15%で最も高い。これらのことから、CNT/Ni 異相界面に生じる界面ミスフィットが、異相界面における機械的性質に大きな影響を及ぼすことが示唆された。また、CNT/Ni、CNT/Cu、CNT/Pt ナノ複合材料をめっき法により作製し、その機械的性質を硬さ試験を用いて評価した。その結果、硬さは CNT/Ni>CNT/Cu>CNT>Pt の順であることがわかった。この結果は、第一原理計算を用いたせん断試験の結果と定性的にはあるが一致する。以上のことから、少なくとも本研究で扱った CNT/金属異相界面においては、その異相界面形成に起因する界面ミスフィットが、機械的性質に大きな影響を及ぼすことを見出した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、ナノ複合材料、機械的性質

【研究題目】 生物規範階層ダイナミクス

【研究代表者】 穂積 篤

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 穂積 篤（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、生物のサブセラー・サイズ構造の階層性に起因する動的特性（表面特性・界面特性・内部構造特性）を材料科学・分子科学の視点から解明し、生物の多様な機能（昆虫の足の可逆的接着性、カタツムリや蓮の葉のセルフクリーニング現象、自己増幅・自己複製修復機能、等）を規範として、新しいエレクトロニクス実装技術（可逆的接合、セルフアライメント技術、防汚/防錆性付与による長寿命化、微細結線）等を開発することを目標としている。研究担当者は、特に、表面（動的なぬれ性）制御による防汚/防錆性付与と、それによる材料の長寿命化を担当する。

平成25年度までの進捗状況は以下の通りである。当初の研究計画に従い、防汚/防錆性に優れた有機/無機ハイブリッド皮膜の作製手法の確立を目指し研究を実施した。

無機酸化物の原料として、ジルコニウムのアルコキシド、枝状構造（炭素数18）を持ったカルボン酸を用いて透明な前駆溶液を調製した。当該溶液をガラス基板上にスピコートし、加熱処理することで透明性に優れた有機/無機ハイブリッド皮膜を作製することに成功した。このハイブリッド皮膜表面はアルカン（油）に対し、優れた滑落性を示す他、温度応答性、高い皮膜硬度、指紋付着抑制能を示すことが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 刺激応答、汎用元素、はつ水/はつ油処

理、防汚／防錆性

〔研究題目〕生物規範階層ダイナミクス

〔研究代表者〕浦田 千尋

(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕浦田 千尋 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、生物のサブセラー・サイズ構造の階層性に起因する動的特性(表面特性・界面特性・内部構造特性)を材料科学・分子科学の視点から解明し、生物の多様な機能(昆虫の足の可逆的接着性、カタツムリや蓮の葉のセルフクリーニング現象、自己増幅・自己複製修復機能、等)を規範として、新しいエレクトロニクス実装技術(可逆的接合、セルフアライメント技術、防汚／防錆性付与による長寿命化、微細結線)等を開発することを目標としている。研究担当者は、上記コンセプトのもと、ゾルゲル法を用いて、はつ液性、防錆性に優れたハイブリッドコーティングの開発を行っている。

平成25年度は、ハイブリッドコーティングの機能発現(はつ液)メカニズムを調査するため、その最表面(固体／気体および固体／液体 界面)分析を和周波分光法により実施した。

和周波分光法を用いることで、ハイブリッド表面のアルキル鎖は、周囲の環境に合わせて、その配座を変化させていることが分かった。ハイブリッド表面と親和性の高い(極性の小さい)液滴(アルカン等)がハイブリッド表面に存在すると、アルキル鎖の配座に秩序性が向上し、親和性の低い(極性の大きい)液滴(水等)はアルキル鎖の秩序性を低下することがわかった。このような配座の変化により、極性の低い液体ほどはつ液されやすことが明らかとなった。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕刺激応答、汎用元素、はつ水／はつ油処理、防汚／防錆性

〔研究題目〕インプラント治療における iPS 細胞を用いた再生骨の長期安全性に関する研究

〔研究代表者〕渡津 章

(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕渡津 章、園田 勉、寺岡 啓

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

チタン、及びチタン合金は歯根、関節等の加重部位を補綴するインプラントの材料として利用されているが、その表面における骨形成過程(オッセオインテグレーション)は詳細に観察されていない。これはチタンが不透明であること、及び埋入したままの薄切標本化が困難であることに由来する。そこで本課題においては、切りやすい透明材料、例えばプラスチック上に形成した透明チタン薄膜を評価用チタンインプラント表面として作製し、

当該表面を各種評価に運用するための指針を作成することを目的とする。平成25年度は各種膜厚のチタン薄膜を細胞培養ディッシュ内側底面に形成し、それらが示す透光性を UV-Vis 測定により評価した。膜厚は膜形成時間により制御した。準備したチタン薄膜の可視光透過率は、膜形成時間の増加とともに指数関数的に減少した。一方、吸収プロファイルに関して、膜形成時間による特異的な吸収の出現・減少が認められなかった。従って、生化学的観察、例えば細胞の蛍光観察が要求する透光性確保のためにチタン膜形成時間を今回実験範囲で最短としても観察結果に変化はないと考えられた(輝度は除く)。また、膜形成時間が膜厚と比例することを経験的前提とするならば、今回測定の吸収プロファイルをもって、計測の難しいチタン膜厚に代わる指標とする可能性が示唆された

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕透明チタン、インプラント、生化学実験

〔研究題目〕希塩酸を用いる白金の低環境負荷型溶解プロセスの開発

〔研究代表者〕粕谷 亮

(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕粕谷 亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

白金族金属(PGM)の回収における溶解プロセスでは、王水や塩素ガスを通気した塩酸等の強力な酸化剤を含む酸が用いられている。しかし、PGM に対して有効な酸化剤は腐食性、有毒性が非常に高いという問題があった。本研究では、より安全性の高い PGM 溶解プロセスを開発するため、PGM を複合酸化物へと変化させた後に低濃度の塩酸に溶解させる手法を検討した。これまでの研究から、白金含有複合酸化物は白金粉末とアルカリ金属塩の混合物を空气中、600から800℃で加熱するという簡便な方法で合成できることを見出している。本研究では、アルカリ金属塩として炭酸リチウム、および炭酸ナトリウムを用いて Li_2PtO_3 、 Na_2PtO_3 および $(\text{Na}, \text{Li})_2\text{PtO}_3$ の3種類の複合酸化物を合成し、溶解試験に供した。

複合酸化物の溶解試験に用いる塩酸は、濃度10%(約3mol/Lに相当)以下の場合に劇物取締法の対象から外れ、溶解プロセスでの使用だけでなく、薬品の運搬や保管等、管理上の安全性も高いという利点がある。また、複合酸化物中の PGM イオンは塩酸溶解後に塩化物イオンと錯イオンを形成するため、塩酸に塩化物を加えて塩化物イオン濃度を増大させることで複合酸化物の溶解速度を向上できる可能性がある。以上のことから、溶解試験では濃度10%の希塩酸を用い、塩化物の添加効果を検討した。その結果、飽和量の塩化カルシウムを希塩酸に添加することで、白金含有複合酸化物からの白金溶出速度が大幅に増大したことがわかった。特に Li_2PtO_3 を用

いた場合には、80℃で溶解処理を行うことにより、白金をほぼ完全に溶解させることに成功した。溶解処理後に得た溶液試料を紫外-可視吸収分光法により評価したところ、塩化カルシウム添加の有無によらず、複合酸化物は白金と塩化物イオンの錯イオンを形成、溶解したことが示唆された。溶液中に存在する錯イオンは王水溶解等の従来プロセスで生じるものと同じであったため、PGM 溶解後の分離精製には、溶媒抽出法などの既存プロセスが適用可能と考えられる。本プロセスでは劇物指定となる濃度よりも低濃度の塩酸を用いて白金を溶解できるため、王水等を用いる従来の溶解プロセスよりも安全性を大幅に向上できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 白金族金属、アルカリ金属、複合酸化物、リサイクル

【研究題目】 非線形固有値解法の先端アルゴリズム開発と実アプリケーションへの応用

【研究代表者】 池上 努 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 池上 努 (常勤職員1名)

【研究内容】

計算機シミュレーションは、物理現象を微視的なレベルで計算機上に再現し、そこから得られる膨大な数値情報から大局的な特徴量を抜き出す手法である。計算機シミュレーションでは、物理モデルの数値表現として行列が普遍的に用いられており、様々な物理的特徴量はしばしば行列の固有値として現れる。計算機性能の飛躍的な向上を背景に、物理モデルの精緻化が進み、それに伴って行列次元は増大してきた。このような大次元行列の固有値を最新の並列計算機上で効率良く計算する手法として、我々はブロック櫻井・杉浦法の開発を進めており、特に最近はその非線形固有値問題への拡張に取り組んでいる。

本研究では、まず非線形固有値問題に対するブロック櫻井・杉浦法の理論的基盤を整備し、その適用限界を明らかにした上で、汎用ライブラリの構築を目指す。次いで従来非線形反復法で対処してきた問題の中から非線形固有値問題に再構成可能なものを発掘し、本手法を適用することで、計算機シミュレーションのアルゴリズムレベルでの高効率化を実現する。

3年計画の1年目となる平成25年度は、多項式行列型の非線形固有値問題について、従来の線形化手法と本手法との理論的関連を明らかにし、特に縮重系における本手法の挙動を明らかにした。またブロック櫻井・杉浦法の汎用ライブラリとして開発した Bloss をベースに、その非線形固有値問題への拡張を実施した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 非線形固有値問題、高性能計算

【研究題目】 リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発

【研究代表者】 藤田 賢一

(触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】 藤田 賢一、清水 友陽

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、デンドリマー固定化含窒素複素環カルベン-金錯体を合成し、これを用いてプロパルギルアミンを用いた2-オキサゾリジノン合成を行い、新規固定化触媒の有効性を検証した。

イミダゾールとポリ (ベンジルエーテル) 型のデンドロンより、デンドリマー固定化イミダゾリウム塩を合成した。このものを酸化銀 (I) と反応させた後、クロロ (ジメチルスルフィド) 金 (I) を加え攪拌することにより、デンドリマー固定化含窒素複素環カルベン-金錯体を合成した。このものはシリカゲルカラムクロマトグラフィーにより単離精製が可能であり、収率よく得られた。

そこでデンドリマー固定化含窒素複素環カルベン-金錯体を触媒として使い、プロパルギルアミンを用いた2-オキサゾリジノン合成を試みたところ、メタノール溶媒中室温で、触媒として第1世代のデンドリマー固定化含窒素複素環カルベン-金錯体を用いた場合、低収率ながら2-オキサゾリジノンが得られた。また触媒のデンドリマーの世代に関わらず、反応温度を上げることにより、収率は向上し、さらに第1世代の触媒よりも第2世代の触媒を用いることにより、良好な収率で2-オキサゾリジノンが得られ、均一系触媒であるデンドリマー固定化触媒の優位性が示された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 触媒、錯体、デンドリマー

【研究題目】 温度に応じて金属錯体を着脱する固定化触媒の開発

【研究代表者】 小野澤 俊也

(触媒化学融合研究センター)

【研究担当者】 小野澤 俊也、楊 立群、関 真希

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

金属錯体触媒の担体への吸着と溶媒中への溶出を温度変化によって制御することで、均一系触媒と同等の性能 (活性・選択性) を有し、かつリサイクル可能な触媒の開発を目的に研究を行っている。平成25年度は、昨年度までのポリマー鎖長や担体に関する検討結果をもとに、まずは金属を有さない触媒を用いた実際の触媒反応において触媒の性能評価を試みた。具体的には、触媒活性部位となるクラウンエーテル骨格にポリマーをつけた化合物を合成し、これを極性の有機基で修飾されたシリカ表面に吸着して触媒とした。この触媒を有機溶媒に入れ、20℃および100℃における溶媒中の UV 吸収を測定することで溶媒中に存在するクラウンエーテル誘導体の定量

を行った。その結果、クラウンエーテル誘導体は20℃ではほとんど溶媒中には存在せず担体上に吸着されており、100℃では溶媒中に半分程度溶出していることが確認された。このクラウンエーテル誘導体の触媒を用いて、ハロゲン交換反応を試みた。触媒を用いない場合、ほとんど反応が進行しないのに対し、本触媒を用いた場合良好な収率で生成物が得られることがわかった。また、反応終了後、室温で濾過操作を行うことにより触媒が回収され、回収された触媒を用いた次の反応でも、最初の反応と同程度の収率で生成物が得られた。このことから、濾過による触媒リサイクルが可能であることが確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】遷移金属錯体、触媒設計、触媒リサイクル

【研究題目】高圧環境下における応力分布センサの開発

【研究代表者】寺澤 佑仁（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】寺澤 佑仁、徐 超男、川崎 悦子、古澤 フクミ、久保 正義、末成 幸二、藤原 理賀（常勤職員3名）

【研究内容】

現在、社会インフラに使用される構造材料の破壊原因の7割以上は、応力集中によるものとされており、応力集中の可視化は国内外における緊急の課題となっている。一般的な応力測定用ひずみゲージとして、抵抗線ひずみゲージ、半導体ひずみゲージ、光ファイバーひずみセンサなどが開発されているが、現在までに、高圧水素ガス環境下で安定的に使用できる応力測定用ひずみゲージは開発されていない。高圧水素ガス環境下における対象物のひずみ・応力分布を全視野的に可視化することができれば、対象物の健全性評価や設計にとって極めて有益な知見となることから、来るべき水素社会を見据え、リアルタイムな応力分布の可視化に対し産業界からの強いニーズがある。

本研究では、高圧環境下における応力分布および、疲労き裂の進展挙動の可視化をすると共に、大きく分けて「(1) 水素暴露試験（～100 MPa）による応力発光特性の検討」、「(2) 圧力容器に応力発光センサを実装し、疲労サイクル試験」の実施の2点について詳細な検討を行った。

その結果、(1)については水素暴露試験後においてもセンサ材料の劣化は見られず、十分な目標値を達成した。また、(2)圧力容器のサイクル試験では、これまでに測定が不可能であった高圧環境下における応力分布（応力集中）を可視化することに成功した。

今後は、高圧容器や高圧設備の健全性を評価するシステムの構築を進める予定である。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】応力発光、センサ、高圧環境、応力分布

【研究題目】青年期アスペルガー症候群の社会的認知と社会不適応状況のテキストマイニング分析

【研究代表者】池田 望

（札幌医科大学 保健医療学部）

【研究担当者】大山 恭史（生物プロセス研究部門）

（常勤職員1名）

【研究内容】

年度進捗状況：

青年期以降に社会への不適応が顕在化し、アスペルガー症候群（AS）と診断される事例では、定型発達者中心の環境で孤立、自信喪失などに苦しみ、うつ病などの二次障害を抱える人が多い。

本研究では、上記 AS 当事者の協力を得て、不適応状況の体験を口述してもらい、この音声を書き起こしたトランスクリプト（課題に関係する部分を抽出したテキストデータ）に、各形態素間の相互関係を統計分析するテキストマイニング分析を適応する。これによりコミュニケーションや社会状況等の質的現象から成る不適応状況を、客観的な構造で表出し、AS 当事者に有益な知見を提出することを研究目的とする。

初年度は、口述体験にテキストマイニング分析を適用するために必要となるキーワードカテゴリセットの構築を行った。いくつかの試験用トランスクリプトを分析し、このセットでトランスクリプト内容の特徴を抽出できることが明らかとなった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】テキストマイニング、社会不適応、認知科学、発達障害

【研究題目】トランスクリプトームとエネルギー代謝から紐解くマングローブの生態ニッチ決定機構

【研究代表者】渡辺 信（琉球大学 熱帯生物圏研究センター）

【研究担当者】光田 展隆（生物プロセス研究部門）

（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、マングローブ林の構成樹種が、獲得したエネルギーをどのような用途に消費しているのかを、トランスクリプトームとエネルギー代謝を探索することにより、マングローブ生態系成立の仕組みを解明しようとするものである。具体的には次世代 DNA シークエンサーを用いて樹種毎の遺伝子発現プロファイルを作成し、データベースを構築するほか、異なる光強度と湛水ストレス及び高塩類濃度ストレス条件下での樹種毎のエネルギー代謝の違いをトランスクリプトーム解析と各種生理実験により明らかにする。特に、エネルギー供給の根幹で

あるカルビン回路から解糖系に至る代謝経路、エネルギー充填効率、湛水ストレスに関連する生理的反応について着目し、イオン輸送体や植物ホルモン受容体などの挙動を中心に明らかにする。今年度はマングローブ林構成樹種の一つであるオヒルギを人工環境下で定期的に湛水ストレスに曝し、時間を追って RNA を取得して次世代 DNA シークエンシングを行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物、下ノム、マングローブ、発現制御、遺伝子、生態系

【研究題目】 マツノマダラカミキリのゲノム上に存在する共生細菌由来遺伝子群の機能解析

【研究代表者】 相川 拓也（森林総合研究所）

【研究担当者】 相川 拓也、安佛 尚志（生物プロセス研究部門）、菊地 泰生（宮崎大学・医学部）（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

研究担当者らによる先行研究では、マツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウを媒介するマツノマダラカミキリの染色体には、節足動物の共生細菌として知られるボルバキア *Wolbachia* の遺伝子が水平転移によって数多く組み込まれていることが示されている。本研究の目的は、このマツノマダラカミキリのゲノム上に大規模に存在するボルバキア由来の遺伝子群の中に、宿主昆虫体内において発現し、その生理機能に寄与しているものがあるかどうかを明らかにすることである。本年度は、昨年度民間企業に委託したトランスクリプトームのデータを受け取り、その解析を進めた。相補的 DNA (cDNA) シーケンスの結合をおこない、相同性検索によってボルバキアの水平転移遺伝子由来のものがあるかどうかを調べたところ、マツノマダラカミキリの各組織（精巣、卵巣、筋肉、消化管）から、ボルバキアの遺伝子と高い相同性を示す配列が複数検出された。また、その数は各組織間で大きく異なっていた。このことは、ボルバキア由来の遺伝子の少なくとも一部は宿主昆虫の体内において発現していること、特定の組織において何らかの機能を果たしている可能性があることを示唆している。今後は、RNA 干渉等の実験により、ボルバキアの遺伝子がマツノマダラカミキリの生命活動にどのように寄与しているのかを明らかにしていく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マツノマダラカミキリ、ボルバキア、遺伝子水平転移、遺伝子発現

【研究題目】 最も難治性である膵胆管系癌の早期質的診断ならびに進展度診断のシステム構築

【研究代表者】 米澤 傑（鹿児島大学大学院）

【研究担当者】 亀山 昭彦、松野 裕樹（生物プロセス

研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

数ある癌の中でも膵胆管系腫瘍は、現在、早期発見はもちろん、治癒を望める段階での診断が困難な難治性の癌である。それゆえ、膵胆管系腫瘍の悪性度の確定診断ひいては早期診断法の確立が望まれている。本研究では、一連のムチンファミリー抗原の発現様式と癌の生物学的悪性度との関連性を新規メチル化パターン解析法を用いて当該遺伝子プロモーター領域における DNA メチル化の変化として高感度に検出し、さらに悪性度を規定するムチンの糖鎖修飾プロファイルとあわせることで、多角的に異常ムチン発現及び修飾状況の解析を行い、難治性の膵胆管系癌を早期に、かつ、その浸潤性や転移能などの悪性度の診断もあわせて的確に行う方法を確立する。

産業技術総合研究所研究担当者は、ムチンの糖鎖修飾プロファイルを分担している。今期は分離したムチンを物理化学的な方法で同定するための研究を進めた。また、抗体を用いたムチンのコアタンパク質の同定法の開発も行ない論文発表した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気泳動、糖鎖、質量分析

【研究題目】 花卉におけるクロロフィル代謝制御機構の解明

【研究代表者】 大宮 あけみ（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所）

【研究担当者】 光田 展隆（生物プロセス研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、カーネーションおよびトルコギキョウの緑花品種と白花品種を活用し、「白色花卉ではなぜクロロフィルを蓄積しないのか」「緑色花卉ではなぜクロロフィルを蓄積しているのか」という2つの疑問に迫ろうとするものである。本年度はカーネーションの葉および花卉のクロロフィルおよびその代謝産物を HPLC で解析した結果、白色花卉ではつぼみの時期には少量のクロロフィルが含まれていたが、発達過程で減少し、開花した花卉にはほとんど含まれていなかった。緑色花卉では発達後期にクロロフィル量が上昇する傾向にあり、積極的に生合成していることが示された。マイクロアレイ解析の結果、カーネーションの緑色花卉ではクロロフィル生合成系酵素遺伝子の発現が葉と同様に高い傾向にあったが、白色花卉では複数の酵素遺伝子の発現が著しく低かった。分解系の遺伝子は葉よりも花卉で顕著に高かった。トルコギキョウでは、生合成経路で働く大半の酵素遺伝子の発現が花卉において葉よりも顕著に低かった。白色花卉に比べて緑色花卉では発達後期に発現が高い傾向にあった。緑色花卉と白色花卉で分解系遺伝子の発現に大きな差はなかった。以上の結果から、花卉では低い生合

成活性と高い分解活性のバランスにより、葉よりもクロロフィル量が少ない状態がつけられていると考えられた。また、緑色花卉では白色花卉よりも生合成活性が高いことが、クロロフィルを蓄積している要因の一つであることが示された。シロイヌナズナ転写因子ライブラリーを用いたイーストワンハイブリッドにより、クロロフィル代謝の鍵酵素の発現を制御する転写因子群のスクリーニングを開始し、クロロフィル *b*還元酵素 (NYC1/NOL)、SGR のプロモーター領域に結合する転写因子候補を複数獲得した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物、クロロフィル、カーネーション、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、花卉

【研究題目】 非天然分岐型糖鎖含有デタージェントライブラリーの構築と膜蛋白質の可溶化

【研究代表者】 松尾 一郎 (群馬大学理工学研究院)

【研究担当者】 清水 弘樹 (生物プロセス研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、分岐構造や化学修飾した糖など、天然からは入手することができない特殊な構造を有する糖分子を利用して、糖結合デタージェントを系統的に合成、糖の種類(水酸基の配向)、糖鎖の分岐度および重合度、糖分子内の疎水性度を基準に、糖の結合水や水クラスター構造を考慮したライブラリーの構築研究を行い、膜蛋白質可溶化に従来利用されているデタージェントの性質を凌ぐ糖結合デタージェントの開発を目指す。

今年度は、化学的合成では長工程を要する beta-マンノシド体や alpha-ガラクトシド体の合成について、マイクロ波を利用した短工程合成ルートの開拓研究をすすめた。beta-マンノシド体の合成では、これまでは1) 不溶性金属触媒の利用、2) 分子内グリコシル化反応の活用、3) beta-グルコシドからの2位ヒドロキシ基の転換などで合成されてきたが、いずれの場合も単純単糖ユニットの合成ですら10工程以上要する。そこでマイクロ波利用した特殊反応場におけるグリコシル化反応と、酵素による副産物選択的加水分解反応を利用して、数工程で目的とする化合物群の合成を目指した。現在のところ、単反応の収率はまだ~10%程度に留まっているが、金属触媒の検討などにより反応の改良を目指している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、デタージェント、有機合成、マイクロ波

【研究題目】 複合適応形質進化の遺伝子基盤解明

【研究代表者】 長谷部 光泰 (基礎生物学研究所)

【研究担当者】 深津 武馬 (生物プロセス研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

生物進化の一般法則として、自然選択理論、中立進化理論が構築された。これらの理論は複数の生物材料の研究結果から、それらを総合することによって初めて考案できたものである。しかし、これらの理論でも未だうまく説明できていないのが複合適応形質の進化である。本研究領域では、複合適応形質がどのように進化するのかを研究し、従来の進化理論で複合適応形質の進化を説明できるのか、あるいは、新しい共通理論が必要なのかを明らかにすることを目指している。総括班は計画・公募研究の支援をするとともに、各研究結果の一般性を探り出すことを目的として設置する。

本年度は以下を行った。

(1) 領域ホームページの作成管理

<http://staff.aist.go.jp/t-fukatsu/SGJHome.html>

(2) COMPLEX ADAPTIVE TRAITS Newsletter Vol. 4 No. 1-10の発行

[http://staff.aist.go.jp/t-](http://staff.aist.go.jp/t-fukatsu/SGJNewsletters.html)

[fukatsu/SGJNewsletters.html](http://staff.aist.go.jp/t-fukatsu/SGJNewsletters.html)

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

【研究題目】 クラウドコンピューティングミドルウェアのソフトウェアモデル検査手法

【研究代表者】 萩谷 昌己 (東京大学大学院)

【研究担当者】 Artho Cyrille (セキュアシステム研究部門)、萩谷 昌己、田辺 良則 (国立情報学研究所)、山本 光晴 (千葉大学)
(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

クラウドコンピューティング環境が安定して動作するためには、ミドルウェアの品質を高めることが重要である。しかし現実には分散処理に起因するバグが多発しており、再現の低さから簡単に修正できないことが多い。モデル検査の導入によって、状況が大きく改善されると期待される。

先行研究において、ネットワーク上のプログラムを対象とするソフトウェアモデル検査手法を開発してきた。本研究ではこの手法をクラウドコンピューティング環境に適用できるように拡張する技術を開拓し、検証ツールを作成することで、Hadoop など実際に広く使われているミドルウェアの検証を実施する。

本年度は、主として、各技術要素の理論的解明を行った。先行研究課題で構築したツールを微調整して適用できる範囲のミドルウェア検証を、本年度より開始した。具体的には、(1) マスタースレーブモデル検査の理論を整備し、(2) これに基づいたツールの第1次プロトタイプを作成した。(3) native peer クラスを、Hadoop core に対して作成した。そして、(4) 既存ツールをそのままク

ラウドに適用する際の効果と限界について実験を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】仕様記述、ソフトウェアモデル検査

【研究題目】低容量回線でも高画質画像を活用できる
 「超舞台」遠隔交流学习支援システムの
 開発

【研究代表者】森川 治（東京工業大学）
 【研究担当者】戸田 賢二（セキュアシステム研究部
 門）、森川 治（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

一般にテレビ電話では、伝わる画質に限界があるため、普段どおりに書いた黒板の文字はそのままでは伝わらない。そのため教師たちは、色、線の太さ、字の大きさ等を工夫して、遠隔授業を進める必要がある。一方、静止画であれば普段どおりに書いた黒板の文字であっても、通信時間をかけさえすれば、鮮明な画像を送受信でき、授業に利用可能である。線がぼやけて文字が読めない、色がにじんで色分けした図が読めないといったトラブルが回避できる。本研究では、黒板など背景写真を静止画として別途送り、その上に教師や児童の映像を重畳表示することにより、低容量回線でも高画質画像を活用できる遠隔交流学习の実現を目指す。

平成23年度には Windows で動く、画像合成システム（動画部の解像度が320x240画素）を試作し動作確認した。解像度不足等のため、残念ながら試作版の仕様では、教育現場で利用できないとの評価が出た。これを受け平成24年度は、高解像度化およびハードウェア化を検討した。平成25年度は、画像合成機材のレンタルによるシミュレーションを検討した。シミュレーションを行うのに必要な仕様を満たす機材は存在せず、複数の放送機材を組み合わせることで対処可能などころまでは至ったが、レンタル料が予算内に納まらず、中止した。代わって、画像合成を想定した、高解像度の人物撮影用カメラ部の制作を行うことにした。最終的には、撮影した人物形状のマスクパターンによるビデオ出力が必要となるが、固定マスク画像版のビデオカメラ部を作成し、学会発表した。

延長した平成26年度には、マスク画像の改良を行う予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】遠隔授業、一体感、テレビ電話、静止画追加、合成映像、ハイパーステージ、ハイパーミラー

【研究題目】分散チェックポイントを用いたネットワークアプリケーションのモデル検査

【研究代表者】山本 光晴（千葉大学）
 【研究担当者】Artho Cyrille、山本 光晴、田辺 良

則（国立情報学研究所）、萩谷 昌己
 （東京大学大学院）
 （常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本研究課題の目的は、我々の先行研究課題の成果であるネットワークアプリケーションのモデル検査手法をさらに発展させ、分散チェックポイントングを利用することで、より複雑かつ実際的な環境の下で動作するネットワークアプリケーションの検証を可能にすることである。

先行研究課題は、並行プログラムとして書かれたネットワークアプリケーションをモデル検査するものであった。そこでは、通信相手側に送受信メッセージの依存関係に関する非決定性が存在する場合にも検査を中止しないようにするために、単一プロセスに対するチェックポイントングを用いて、通信相手の状態を保存・復元するようになっていた。

これをさらに発展させ、複数ノードで動作しているかもしれない複数のプロセスに対し、相互の通信接続も含めて、保存・復元を行う機構である分散チェックポイントングを利用することで、以下のようなより複雑かつ実際的な環境の下で動作するネットワークアプリケーションの検証を可能にすることを目指した：1) 通信対象が複数プロセスからなる環境、2) 通信対象が複数ノードで動作している分散環境、3) 通信対象が子プロセスの生成を伴うような環境。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】モデル検査、仮想計算機

【研究題目】モダン符号の形式化

【研究代表者】萩原 学（千葉大学）
 【研究担当者】Affeldt Reynald（セキュアシステム研究部門）、萩原 学、Garrigue Jacques（名古屋大学）、葛岡 成晃（和歌山大学）、笠井 健太（東京工業大学）
 （常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

本研究の主な目的は、情報学の基礎理論の不変性・正当性を確固たるものにすることである。その手段として、LDPC 符号の研究に代表されるモダン符号と呼ばれる2000年代に大きく発展した理論を、定理証明支援系を用いて形式化する。この形式化により、モダン符号における論理的な曖昧さを排除でき、諸概念と命題をライブラリ化し、それらを公開することで、符号理論の検証が容易になるといった効果が期待できる。さらに、これらの形式化により得られた知見を活かし、新たな誤り訂正符号や応用の発見・発明へ繋げる。

本研究は紙上の証明と形式証明という2つのチームで遂行している。本年度、紙上の証明チームは情報理論における標準的な定義や証明手法について検討し（例えば、

可変長情報原符号化)、形式化を進める上での難点を整理した。形式証明チームは、定理証明支援系 Coq の SSReflect 拡張を用いて LDPC 符号の sum-product 復号法の一時推定の正当化の形式化を行った。その際、モダン符号の形式化に欠かせない特別な総和の形式化方法を提案した。次に、タナーグラフと周辺事後確率を形式化し、上記の正当化の言明を形式化した。その正当化の証明の形式化の際、[1]の情報理論と符号理論の形式化を向上し(ビット列の性質に関する補題の追加や線形符号の形式化の調整など)、最大事後確率復号・最小距離符号・最尤復号の定義とその性質も形式化した。これらを踏まえ、ハミング符号に関する様々な定理(例えば、最小距離復号であること)を形式化した。

[1] Reynald Affeldt, Manabu Hagiwara, and Jonas Senizergues. Formalization of Shannon's Theorems. *Journal of Automated Reasoning*, 53(1):63-103, 2014. Springer.

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 形式検証、定理証明支援系、符号理論

[研究題目] 複数主体のバイオメトリクスデータベース管理と評価技術の研究

[研究代表者] 寶木 和夫

(セキュアシステム研究部門)

[研究担当者] 寶木 和夫、大塚 玲、大木 哲史

(常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

生体を使って個人認証を行うバイオメトリクス技術に関して、人間が本来持っている個体差(Individuality)の探求、認証精度の超高精度化などを目指して、超高精度生体測定技術を活用したバイオメトリクスの研究を行っている。特に、高精度生体データを Ground Truth として汎用的な生体データとして活用するための基礎理論の構築、各種モダリティやセンサー特性に応じた伝達関数のモデル化について重点的に研究を進めている。これらの技術が確立されることで、高い利便性や認証精度を保持しつつ従来技術では達成不可能であった高度なセキュリティ要件を満たす新しいバイオメトリクス認証技術の開発が可能となることが期待される。今年度は特に、高精度測定データの Ground Truth 性の評価に関わる基礎理論を構築すると共に、バイオメトリクス技術の安全性を高めるキャンセラブル・バイオメトリクスやバイオメトリック暗号などテンプレート保護技術に関し、安全性概念の定式化ならびにその拡張を行った。

さらに、重要インフラに適用される場合、バイオメトリクスが有効活用される要件を比較、分析し、複数主体統合で必要となる標準化項目等を明らかにした。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] バイオメトリクス・セキュリティ、

Ground Truth

[研究題目] 組み込みソフトウェアの安全な構築のためのC言語のモデルとその形式検証

[研究代表者] Affeldt Reynald

(セキュアシステム研究部門)

[研究担当者] Affeldt Reynald、大岩 寛

(常勤職員2名)

[研究内容]

ソフトウェアに対して信頼性の高い保証を与える技術として、形式検証が注目されている。しかし、多くのソフトウェアは低レベルな言語で書かれており、検証には技術的な詳細が多く必要で、現状では完全な形式検証による安全性の保証はまだ困難である。本研究では組み込み応用向けプログラムを検証するために、動作環境の差異と移植性を考慮した C 言語のモデルとその論理を形式化することを目的とする。本研究では既存の C 言語の形式モデルと比較して、プラットフォームにより異なる意味論を一旦抽象化し、その後プラットフォームごとに個別化することで、C 言語とアセンブリ言語を組み合わせたプログラム全体の形式検証を可能とする。

本年度は、C 言語のプログラムの形式検証基盤を完成した。ケーススタディーとして、セキュリティプロトコル TLS の実用的実装の一部の形式検証を完成した。具体的には、定理証明支援系 Coq を用いて、ネットワークパケットのパーズングを行う161行の関数(コメントとデバッグ情報を除く:85行)について形式仕様を記述(形式モデル:132行(元のプログラムのバグの修正のための12行を含む))し、形式検証した。その検証実験の完成のため、形式検証基盤に自動検証機能を追加した。最終的に、全体で約4153行(形式モデルの1行当たり約24行)の形式証明を記述した。上記の C 言語の形式検証基盤とケーススタディーを公開した。成果普及のために、C 言語の形式検証基盤の最新版を国内ワークショップで発表し、デモを行った。情報収集に加え、以上の成果をまとめ、論文を国際雑誌に投稿した。また、昨年度のアセンブリ言語の形式検証と上記の C 言語の形式検証研究をまとめ、国際ワークショップ[1]で発表し、国内ワークショップでポスター発表した。フランスの IRCICA 研究所の2XS(組み込みソフトウェアのための安全性の研究)での成果発表がきっかけで、上記の C 言語の形式検証基盤がプラットフォーム依存部分を正しく表現していて、組み込みソフトウェアの形式検証に相応しいと確認できた。

[1] Reynald Affeldt and Kazuhiko Sakaguchi. First Building Blocks for Implementations of Security Protocols Verified in Coq. The 5th Coq Workshop, July 22, 2013, Rennes, France.

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 形式検証、定理証明支援系、C 言語

〔研究題目〕問題ある平文の暗号化を不可能とする暗号方式の実現に関する研究

〔研究代表者〕花岡 悟一郎

(セキュアシステム研究部門)

〔研究担当者〕花岡 悟一郎、Reynald Affeldt、

Nuttapong Attrapadung、

縫田 光司 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究においては、近年の緊迫した世界情勢を鑑み、高度に安全であると同時にテロリスト等による悪用を許すことのない情報通信ネットワークの確立を大きな目的とする。特に、そのようなネットワーク社会において真に要求される全く新たな暗号技術の実現を目指す。現在、多くの研究者による活発な研究開発により、最新の暗号技術によって提供される安全性は極めて高度なレベルに達していると考えられる。その一方で、そのような技術は、テロリスト等が犯罪行為を行う際の情報伝達にも非常に有用な技術となっている。そのため、善意の利用者による正当な暗号技術の利用を制限するか、もしくは、テロリスト等による暗号技術の不正利用を黙認するかのどちらかをせざるを得ない状況である。この事態を根本的に解決する技術の創出が本研究の目標となる。

三年計画の最終年度である平成25年度においては、前年度までに設計と安全性評価を行った平文空間に関して動的な制限を加えることが可能な公開鍵暗号方式について、実装の可能性について検討を行った。特に、楕円エルガマル暗号において平文空間を0, 1のみに制限した方式について実装を行い、極めて高速に機能することを明らかにしている。また、この手法がある種のアプリケーションにおいて非常に有用な機能を提供することを示している。これらの成果については今後国際会議などでの発表を検討している。これらの成果の他、上述の目標を達成する別の手段として、公開鍵暗号における復号結果の正当性の証明方法や、属性ベース暗号によるアクセス制御についても検討を行った。これらの成果は、国際英文誌および査読付国際会議に採録されている。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕公開鍵暗号、証明可能安全性、選択暗号文攻撃、ゼロ知識証明、公開鍵基盤 (PKI)

〔研究題目〕複製困難な物理特性を用いたセキュアな動的再構成システムの実現

〔研究代表者〕堀 洋平 (セキュアシステム研究部門)

〔研究担当者〕堀 洋平 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

FPGA の動的再構成技術は、高速・省電力な専用回路を用途に合わせて変更できる極めて有用な技術である。一方、FPGA の回路構成情報は常に盗聴や改ざんの危険にさらされているが、安全に回路を構築する技術は確

立されていない。従来の暗号技術を用いる方法では、サイドチャンネル攻撃等の先進的な攻撃によって既に危険性が指摘されているためである。『LSI の指紋』とも呼ばれる Physical Unclonable Function (PUF) は、物理的に複製不可能な LSI のばらつきを用いてデバイス固有の出力を得る回路である。本研究は、FPGA 上のシステムに組み込まれた PUF の挙動を明らかにし、PUF を用いた安全な動的再構成システムの構築を実現する。

本年度は、動的再構成可能なマルチ暗号プロセッサを、28nm プロセス FPGA を搭載した SASEBO-GIII ボードに実装し、その動作を確認した。国際標準化されている AES、Camellia、SEED、TDEA、MISTY1、CAST128の6種類の共通鍵ブロック暗号を、動的再構成を用いた場合と用いない場合でそれぞれ実装し、動的再構成を用いた場合の回路規模的な優位性を評価した。また、産総研独自の方式である擬似線形フィードバックシフトレジスタ PUF (Pseudo-Linear Feedback Shift Register PUF: PL-PUF) を SASEBO-GIII 上に実装し、正常に動作することを確認した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕動的再構成システム、FPGA、複製困難関数 (PUF)、擬似 LFSR PUF

〔研究題目〕並列索引構造の形式検証

〔研究代表者〕平井 洋一

(セキュアシステム研究部門)

〔研究担当者〕平井 洋一 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、並列索引構造の正当性を証明し、未知のバグによる被害を確実に防止することである。並列索引構造は、ファイルシステムやデータベースサーバ等に利用され処理速度が重要であるため、排他処理をできるだけ省略するので正当性の検証が困難である。そこで、本研究では、定理証明支援系を用いた形式検証によって、並列索引構造の正当性の証明を網羅的かつ厳密な証明を行うことを目標とする。

本研究の1年目である2013年度は、データベース問合せ言語 SQL のパーザ・プリンタ、データベースの正規化、索引構造を定理証明支援系 Coq によって形式化した。その成果を査読付学会 JFLA[1]で発表した。

[1] Yoichi Hirai, Reynald Affeldt, What could Coq do for Database Software? -- A Progress Report, JFLA 2014, pp.33-47.

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕定理証明支援系、並列索引構造

〔研究題目〕IDの法的研究—共通番号、国民ID及び民間IDのプライバシー・個人情報保護

〔研究代表者〕鈴木 正朝 (新潟大学)

〔研究担当者〕高木 浩光、鈴木 正朝

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

特定個人の識別情報 (PII) 該当性は、情報プライバシー規制で最も中心概念の1つである。個人データ保護法の範囲は PII に該当するかどうかによって決定される。さらに情報科学は多くの状況では、非 PII であっても特定個人を識別し得ることがあることを示す。PII は特定個人の識別情報と特定個人の識別可能情報に区分できるが、その区分の有用性を再検討し、新たに PII を再構成していかなければならない。この理論を検討する一つの素材として ID に着目し、PII の従前の考え方が新たな問題にどう対応できるか、立法的検討を行い提案した。

その成果は、論文にまとめ法律雑誌等で公表したほか、法学会、医療分野、情報処理分野の学会などを通じて報告し、各種セミナー等で数多く講演し、個人番号法案について内閣官房や国会議員に提言したほか、個人情報保護法改正案について政府の IT 総合戦略本部パーソナルデータ検討会に対して、見直し方針案に至る意見表明をしたほか、大綱作成に向けて私案を提言した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 個人情報保護、プライバシー、パーソナルデータ、個人番号制度

【研究題目】 炭化ケイ素 (SiC) MOS 界面欠陥の起源と移動度劣化メカニズムの分光学的説明

【研究代表者】 原田 信介 (先進パワーエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 原田 信介、岡本 光央、小杉 亮治 (常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

本テーマでは筑波大学と協力して、シリコンカーバイド (SiC) の MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) 界面の、①界面準位 (Dit)、②界面欠陥 (界面 ESR センター)、③チャネル欠陥、④界面に導入した窒素または水素、の4因子を計測し、チャネル移動度との関連性を明らかにすることで SiC-MOS 界面の移動度劣化の原因説明と SiC-MOS 界面準位の起源説明を目指している。

これまで、電流検出電子スピン共鳴分光 (EDMR) や光電子分光 (XPS) を用いた独自の実験によって新しい知見を得ることに成功してきた。平成25年度は、一般的な4H-SiC (0001) Si 面よりも高いチャネル移動度を得ることができる4H-SiC (000-1) C 面に形成された MOS 界面についての評価を行った。C 面においては「界面水素処理」が MOS 電気特性を劇的に改善することが知られている。その理由を調べるために、4H-SiC MOSFET と EDMR を使って、水素に反応する C 面特有の界面欠陥 (C 面固有欠陥) の観察を行った。水素脱離効果のあるガンマ線照射を MOSFET に施して界面欠陥の水素終端率を変え、EDMR でその変化を詳しく調

べた。その結果、水素脱離によって C 面固有欠陥が増加していき、それと連動して MOSFET のしきい値電圧シフト (V_{th} シフト) が発生することが分かった。しかし、MOSFET のチャネル移動度は水素脱離の影響を受けないことも分かった。以上のように、4H-SiC C 面 MOS プロセスについての重要な知見を得ることができた。さらに解析を進め、C 面固有欠陥の起源説明を目指していく。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 SiC (シリコンカーバイド)、MOS 界面欠陥、ESR、EDMR、XPS

【研究題目】 孔内用精密制御振源とトモグラフィ解析による表層地盤の S 波速度構造の高精度決定

【研究代表者】 渡辺 俊樹 (名古屋大学)

【研究担当者】 国松 直 (地圏資源環境研究部門) (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、表層地盤の S 波速度構造を高精度かつ高分解能に決定するために、従来の孔内用 S 波振源で達成し得ない高品質な S 波波形記録を取得することが可能な新たな振源装置の開発と、その精密制御によるデータ取得および解析の方法を確立することを目的としている。すなわち、モーター制御の偏心錘による振源に、精密制御定常信号システム (ACROSS) によって確立された高度な信号設計とデータ処理手法を組み合わせ、取得されたデータから S 波速度トモグラフィによる高精度・高分解能な S 波速度構造を決定する。

昨年度に開発を前倒して製作した実用試験器の振源機構の基礎的な動作試験を実施した。当初の仕様をほぼ満足したが、今年度は、さらなる構造の分解性能向上を目標として、回転周波数の向上をはかった。偏心錘の軽量化とベアリング摩擦の低減のための改造を行い、目標とする60Hz で安定して動作することを確認した。また設定周波数の上限値である90Hz を超えた周波数でも動作が可能であることを確認した。また振源の孔内への固着機構の開発を行い、地上から制御可能であり緊急時の脱着機構を備えた固着機構を実装した。今年度で実際に孔内で使用可能な S 波振源のハードウェア開発が完成した。最終年度に予定している、実際のボーリング孔を用いての性能試験、およびフィールド試験について検討を進め、フィールドの選定と交渉を行うとともに、試験計画の検討、計測システムの準備、現場作業に必要な支持材やケーブル等の準備も進めた。

データ解析処理については、精密制御定常信号システム (ACROSS) データ処理において開発されたプログラムを本システムに適用するための検討を行った。トモグラフィ解析のプログラムを整備した。

【分野名】 地質

〔キーワード〕 地盤構造、S 波速度、振源装置、トモグラフィ、機器開発

〔研究題目〕 オフリッジ火山から高速拡大海嶺のモホ遷移帯マグマプロセスを探る

〔研究代表者〕 下司 信夫（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 下司 信夫（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、東太平洋海膨における海嶺軸とその周辺のおフリッジ火山の分布・噴出物の構造及びその岩石学的特徴の解析から高速拡大海嶺軸におけるモホ遷移帯のマグマプロセスを解明することを目的とする。

本年度は、当初研究計画で予定していた東太平洋海膨における調査航海が実現しなかったため、主に2004年度調査航海にて採取した既存の試料等を用いた分析を行った。光学画像解析による組織解析や、SEM-EDS システムを用いた火山ガラス及び鉱物化学組成により、オフリッジ火山における海底噴出物試料の岩石学的解析を行った。また、標準試料および実際の中央海嶺のガラス試料を用いて ED5 による多元素同時測定のための定量分析条件を行い、主要元素組成では相対精度数%以下の再現性の高い測定を実施できた。この測定方法を用いて、2004年の東太平洋海膨の調査によって採取された中央海嶺拡大軸・オフリッジ火山から噴出した火山ガラスおよび、我が国における苦鉄質火山の噴出物に含まれる火山ガラスの化学組成の測定を行った。また、海水とマグマとの接触による表面微細構造の発達について光学顕微鏡・電子顕微鏡を用いた解析を行い、苦鉄質マグマによるマグマ水蒸気噴火の噴出物との比較検討を行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 中央海嶺、マグマ、テクトニクス、地質構造、オフリッジ噴火

〔研究題目〕 オフリッジ火山から高速拡大海嶺のモホ遷移帯マグマプロセスを探る

〔研究代表者〕 岸本 清行（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 岸本 清行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、東太平洋海膨14° S 付近の巨大溶岩流を中心としたオフリッジ単成火山群を対象として始められ、高速拡大海嶺のマグマ供給系及びマグマ生成過程においてモホ遷移帯が果たす役割と海洋地殻形成とプレート拡大課程の定量的解明を目的としている。当該担当者はオフリッジ火山群の産状と定置課程の解明のため、これまで得られている海底地形データ、サイドスキャンデータ、音波探査データ等をコンパイル・再解析し地質構造解析を進めた。その結果、研究開始当初に発見されその産状や噴火年代が同定された「東太平洋海膨14° S 付近の巨大溶岩流」様のオフリッジ噴火がその他の海域にも多く存在することが示唆されるデータを得た。これは本研究

の目的である海洋地殻生成過程におけるオフリッジ火山が果たす役割の定量的解明のために調査すべきターゲット領域や観測手法を選定するための重要な情報である。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 中央海嶺、マグマ、テクトニクス、地質構造、オフリッジ噴火

〔研究題目〕 オフリッジ火山から高速拡大海嶺モホ遷移帯マグマプロセスを探る

〔研究代表者〕 石塚 治（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 石塚 治（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、東太平洋海膨における海嶺軸とその周辺のおフリッジ火山の分布・噴出物の構造及びその岩石学的特徴の解析から高速拡大海嶺軸におけるモホ遷移帯のマグマプロセスを解明することを目的とする。計画されていた東太平洋海膨での航海が実施されなかったため、他地域で海底拡大プロセスに関する検討を行った。西フィリピン海盆地域では、特に北西部において非常に複雑な海底地形が知られている。これは、マグマ供給が非常に盛んな状況で海底拡大が起きた可能性を示唆していた。我々は、この地域に分布する海山、海台の玄武岩類の科学分析、年代測定を行った。この結果、この海盆の形成にマントルプルームが寄与している可能性が明らかになった。約4500万年前までにマントルプルームの上昇がおき、これが西フィリピン海盆拡大開始のきっかけになった可能性がある。その後もこのプルームは海底拡大軸近傍に固定され、いわゆる海洋島玄武岩類似のマグマを多量に生産しつづけたことが明らかになった。複雑な海底地形はこのプルームの存在が大きな役割を果たしたと考えられる。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 火山、噴火、マグマ、テクトニクス、地質構造

〔研究題目〕 完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン

〔研究代表者〕 多田 隆治（東京大学）

〔研究担当者〕 長島 佳菜（JAMSTEC）、内田 昌男（国立環境研）、木元 克典（JAMSTEC）、入野 智久（北海道大学）、板木 拓也（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他4名）

〔研究内容〕

本研究は、東アジア夏季モンスーンに伴う降水の強度および空間分布が、幾つかの特徴的時間スケールで、どの様に、どの程度変動したか、その究極的支配要因は何かを、海水準や二酸化炭素濃度等の境界条件が現在とほぼ同じになった完新世中期以降に絞って解明することを目的としている。平成25年度は、沖縄本島周辺海域

の表層堆積物から底生有孔虫を抽出し、その同位体比および Mg/Ca の測定を行って黒潮変動とも関係している海底付近の古水温指標を開発した。また、完新世における日本海の微化石分析を行い、対馬海流の変化に関する検討を行った。

【分野名】地質

【キーワード】アジアモンスーン、水循環、古環境

【研究題目】沈み込み帯のマグマの成因：最初は一つの玄武岩マグマか？

【研究代表者】石塚 治（地質情報研究部門）

【研究担当者】石塚 治（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、マリアナ弧の火山フロント周辺に噴出しているマグマを検証し、「それぞれの火山は一つの玄武岩初生マグマから導かれたのか」、「玄武岩初生マグマは NW Rota-1 のように二つ存在するのか」、または「初生マグマには二つ以上の多様性が存在するのか」、を明らかにすることである。2013年6月に実施されたマリアナ弧での航海に乗船、火山岩試料の微量元素組成、同位体組成の測定を行った。その結果サリガンでは、一つの火山体で極めて大きな初生マグマの不均質性を示唆する興味深い結果が得られた。また最近噴火した南サリガンの噴出物の化学組成、同位体組成分析を始めて実施し、速報論文がまもなく投稿されることである。微量成分組成と同位体組成の相関から、初生マグマの組成が異なる原因は、物性が異なるスラブ由来物質の寄与により説明される可能性が高いことが明らかになりつつある。

【分野名】地質

【キーワード】沈み込み帯、初生マグマ、マントル、マリアナ島弧

【研究題目】深部マグマ供給系と火山活動

【研究代表者】東宮 昭彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】東宮 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

噴火の始まり、特に休止期間を経て噴火活動を再開するメカニズムを解明するため、主に岩石学的情報を用いた分析を進めている。

平成25年度は、斑晶鉱物の累帯構造からマグマ溜まり内における噴火準備過程を調べるため、LA-ICP-MS（レーザー・アブレーション ICP 質量分析計）の分析準備を行った。また、噴火におけるマグマ噴出率や噴火様式の多様性について、マグマ溜まり粘性（マグマ溜まりにおける噴火直前のマグマ粘性；噴火能力の重要な指標）をキー・パラメータとしてデータの収集・解析を行い、マグマ溜まり粘性がマグマ噴出率や噴火様式、さらには噴火様式の遷移（爆発的噴火と溢流的噴火の間の変化パターン）を大きく支配していることを見出した。

なお「深部マグマ供給系と火山活動」は、東京工業大学の高橋栄一教授を中心とし、複数の機関・研究者が分担して進めているプロジェクトであり、東宮は主に岩石学的情報を用いた分析を担当している。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火誘発過程、マグマ溜まり

【研究題目】スロースリップの繰り返し周期は何が決めるか？—重力観測で流体の挙動を探る

【研究代表者】名和 一成（地質情報研究部門）

【研究担当者】名和 一成（常勤職員1名）

【研究内容】

長期的スロースリップイベント（SSE）のサイクルの全期間にわたる重力変化を捉えることを目的として、琉球海溝沿いで半年に一度発生する SSE を対象とし、石垣島、西表島で超伝導重力計及び絶対重力計を用いた連続観測を実施した。今年度、石垣島での超伝導重力計観測開始に向けての一連の作業報告を、国内誌上で発表した。ほぼ欠測なく超伝導重力計観測を継続し、2012年中の2回のイベントに加え、今年度も2回の SSE 前後の重力変化データを取得することができた。観測データについては、重力観測点（VERA 石垣島観測局）近傍の雨量データや石垣港の検潮データを使って、地下水や潮位変化の影響を補正した。気圧応答も含めた各種の補正がまだ不十分であるが、これまでの SSE イベントの際、発生前の重力増加と SSE イベント発生後の重力減少（大きさはマイクロガルオーダーで期間は1ヶ月程度）という同様な重力変化パターンが観測された。これらは定性的には絶対重力測定結果と調和的である。さらなるデータの蓄積による各種補正の高精度化と、GNSS 観測で得られている地表変位との比較などを通じた重力変化の定量的解釈は、今後の課題である。

【分野名】地質

【キーワード】スロースリップ、沈み込み帯、重力、地殻変動、測地学、地震学、琉球海溝、石垣島、西表島

【研究題目】全国地質 Sr 同位体比マッピング-古代における“もの”の移動の解明に向けて

【研究代表者】南 雅代（名古屋大学）

【研究担当者】南 雅代（名古屋大学）、浅原 良浩（名古屋大学）、宮田 佳樹（名古屋大学）、太田 充恒（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

全国 Sr 同位対比図作成は、産業技術総合研究所の全国地球化学図計画で採取された河川堆積物試料を流用して行っている。同位対比はその背景となる地質の分布に大きく左右される。本年度は、九州地域 Sr 同位対比地球化学図作成のために、全国地球化学図においては空白

地域であった天草諸島において河川堆積物採取を行った。また、昨年度秋吉石灰岩地域で採取した河川堆積物に対してリーチング実験を行い、炭酸塩由来の Sr とそれ以外の Sr 濃度を正確に測定した。四国における地質構造が河川堆積物中の Sr 同位対比変動に与える影響について結果を取りまとめ、共著者として論文を学会誌に投稿した。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学図、バックグラウンド、Sr 同位対比、同位体分布

【研究題目】地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、山岡 香子、川幡 穂高（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

二酸化炭素は酸性気体なので、人為起源の二酸化炭素の放出は、地球温暖化の他に海洋酸性化をもたらし、新たな環境問題として注目されている。これは、海洋の石灰化生物群に悪影響を与えると危惧され、類似の現象とその結果としての深海底の生物の大量絶滅が、5500万年前の地球でも発生していたと考えられている。本課題では、(1) 水環境の酸性化に伴う生物の応答の飼育実験による検討、(2) 海洋酸性化の生物起源炭酸塩の微小領域への影響解析、(3) 「大量絶滅海洋酸性化説」の検証、(4) 中和機能がある陸の風化過程の解明、について研究を進め、最終的に、地球表層システム（大気圏、水圏、生態圏、岩石圏）全体の中で、海洋酸性化の位置付けと海洋の pH を支配する地球システムの解明を目的とする。今年度は、中和機能がある陸の風化過程の解明に掛かる現地調査をタイ王国で実施した。同様の現地調査を前年度までバングラデシュにてガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川という巨大な流域を有する大河川について実施してきた。これらの河川は大量の碎屑物をベンガル湾という海洋にもたらしているが、海洋に流入するのは、碎屑物だけではない。大陸は風化の場であり、大量の二酸化炭素が大気から陸水に移行する場所と考えられているが、具体的な炭素フローについては不明な部分が多い。前年までの研究調査を発展させ、バングラデシュの河川と同じくヒマラヤ山脈から流れ出る東南アジアの大河川に注目し、今回の調査では、メコン川およびチャオプラヤ川を対象とし、炭酸系結晶の分析を目的とした河川水のサンプリングを行った。これらの河川から海洋にもたらされる炭素関連物質に注目して解析した。大気中の二酸化炭素による風化起源の炭素量の評価が行われた。

【分野名】地質

【キーワード】海洋酸性化、生物大量絶滅、風化、炭素循環

【研究題目】都市域の地下水中における医薬品類の汚染の実態ならびに挙動の評価

【研究代表者】林 武司（秋田大学）

【研究担当者】林 武司（秋田大学）、安原 正也（地質情報研究部門）、中村 高志（山梨大学）（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

東京都の武蔵野台地上を流れる典型的な都市河川である石神井川流域を対象に、PPCPs（医薬品・パーソナルケア用品）による浅層地下水汚染の実態把握を試みた。PPCPs による地下水汚染は、市街地に属する石神井川流域の下流域だけでなく、郊外に位置するその上流域においても認められ、下水道普及率が100%であるにもかかわらず、流域全体で地下水漏水が広く発生していることが明らかとなった。PPCPs 組成の把握とマルチトレーサー手法を統合することで、都市域の複雑な地下水涵養・水質形成機構のより詳細な評価が可能となることが示された。

【分野名】地質

【キーワード】都市域、水循環、地下水涵養源、上・下水道漏水、PPCPs、マルチトレーサー

【研究題目】ドミニカ共和国における近過去から現在のバッテリー工場起源沿岸域鉛汚染の調査・解明

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、長尾 正之（常勤職員2名）

【研究内容】

ドミニカ共和国サンクリストバル市では1980年代に操業を開始したバッテリー工場による健康被害が発生し、工場は2000年に操業停止、2007年～2010年に土壤修復が行われた。このバッテリー工場は高台にあり、直近にハイナ川が流れているため、降雨に伴って汚染土壌中の鉛が河川に流出し、さらに1.5km 先でカリブ海に接続しているため、周辺海域は河川を通じた鉛の流入と大気を經由した鉛の流入により、鉛汚染が進んでいると考えられる。本研究では、一連の汚染履歴に対して、周辺海域環境での汚染が過去どう推移していったかをサンゴ骨格に刻まれた年輪中の鉛を分析し再現することを目的とする。前年度にドミニカ共和国ハイナ川河口周辺海域において採取された塊状サンゴを探索し、カリブ海における環境復元研究の標準種であるマルキクメイシ属の一種の塊状群体の骨格について、成長年数を計測するための X 線撮像および群体の最大成長軸に沿う微小試料採取を実施した。水温指標となる Sr/Ca 比分析による年齢査定によると約15年間の成長の記録を保持している群体が見いだされた。しかし、Sr/Ca 比の変化パターンには水温の季節変化からの微小試料の採取法に改善の余地があることが明らかになった。今後は、マルキクメイシ属の骨格に適した微小試料採取法の開発を行うとともに、鉛汚

染の時間空間分布の復元を目的として、骨格中の重金属元素分析を行う予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕鉛汚染、汚染履歴、生物モニタリング、サンゴ

〔研究題目〕パレオテチス収束域における島弧一縁海系の発達・崩壊過程に関する地質学的検証

〔研究代表者〕上野 勝美（福岡大学）

〔研究担当者〕上野 勝美（福岡大学）、原 英俊（地質情報研究部門）

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

東南アジアのパレオテチスについて、海洋環境変遷や付加過程について明らかにされた。一方、パレオテチスの沈み込みによって発達した島弧及び背弧海盆の地史に関しては、その全体像の復元に至っていない。それは島弧がすでに削剥され、現在では小規模にしか露出していないためである。本研究では、島弧・大陸由来の碎屑物からなる前弧海盆堆積物に着目する。石炭系～三畳系前弧海盆堆積物の組成・地球化学的特徴を元に、その後背地変遷を読み取るとともに、島弧の発達過程を復元する。今年度は、タイ国ランパン及びビスコタイ地域より石炭系～三畳系前弧海盆堆積物の碎屑岩試料を採取し、その記載及び化学分析を進めた。その結果、石炭紀には石英に富む砂岩、ペルム紀には珪長質火山岩片を多く含む砂岩、前期～中期三畳紀には玄武岩質～安山岩質火山岩片を多く含む砂岩、後期三畳紀には石英に富む砂岩が卓越することが明らかになった。またこの岩相変化に伴い、Ti, Cr, V などの元素の変動が一致することが明らかになった。石炭系～三畳系前弧海盆堆積物から、島弧火山の変遷を読み取ることが可能である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕パレオテチス、沈み込み帯、島弧

〔研究題目〕マルチビーム測深技術を用いた浅海底地形学の開拓と防災・環境科学への応用

〔研究代表者〕長尾 正之（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕長尾 正之、鈴木 淳（常勤職員2名）

〔研究内容〕

最先端マルチビーム測深を用いて作成する精密海底地形図を基に、知見がきわめて少なかった浅海底地形とその形成について議論を行い、従来の地形学にない「浅海底地形学」を開拓する端緒となる研究へ発展させることを目指す。さらに、可視化した沿岸域の地形を「防災基盤」として評価し、温暖化に伴う台風・高潮災害の増大と津波のリスクに対して効果的な地形の分布を明らかにすることが本研究課題の目標である。

沖縄島南部のコマカ島沖は台風襲来時の波高が実測さ

れた海域であって、水深23.6m から1.8m に至る礁斜面の地形で有義波高が12m から3m へ減衰したことが報告されている。平成25年度は、この海域で測深を行い、実測値を裏付ける3次元地形データ・海底反射強度を取得した。このほか、測深データ補正に必要とされる水中音速度の鉛直分布、ならびにその裏付けとなる水温・塩分・深度の鉛直分布を同時測定した。作成予定の詳細海底地形図を用いて波浪減衰に関するシミュレーションと実測値との比較から、礁斜面のもつ高い消波能力の検討がなされる予定である。また、石垣島名蔵湾にて共同で行ったワイドバンドマルチビーム測深調査により発見された日本最大の沈水カルスト地形ならびに沈水ドリネ群や沈水カルスト円錐丘などのカルスト地形、河川跡などを地形学的解釈に基づいてとりまとめ、浅海底地形学の研究例発信のため国際誌に論文投稿し受理された。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋探査、地形、サンゴ礁、可視化、防災

〔研究題目〕河川砂礫堆の3次元形成ダイナミクス：水路実験と現世堆積物の GPR による融合

〔研究代表者〕田村 亨（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田村 亨（常勤職員1名）

〔研究内容〕

GPR (ground penetrating radar 地中レーダー) は、地下に電磁波を放ちその反射信号から地下の内部構造を探査するもので、深さ10m 未満の浅層探査に有効である。GPR の探査深度と分解能は、アンテナの中心周波数と媒質によってかわり、より高周波では探査深度は小さくなるが分解能が上がる。本研究はこの特性を生かして異なる周波数の GPR のアンテナを用いて、水路実験と現世河川における砂礫堆 (bar) の3次元内部構造を探査し、比較する。どちらの場合にも時間面を挿入し、3次元の移動・堆積様式を明らかにする。

本年度は、静岡県静岡市の安倍川上流の砂礫堆2ヶ所において、3次元的な地中レーダー探査を行った。昨年度に行った下流の結果と合わせ、砂礫堆内部の3次元構造には、砂礫堆の形状や砂礫堆内での場所による多様性があり、また、直近の洪水時の地形変化をよく表していることが明らかになった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕河川、物理探査、堆積物、水路実験

〔研究題目〕高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

〔研究代表者〕芦 寿一郎（東京大学）

〔研究担当者〕池原 研（地質情報研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、南海トラフ沿いを中心とする海域において、海底堆積物中に残された地震発生の記録から過去の巨大地震の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は本科研費課題に関連して実施された白鳳丸による航海で採取された堆積物試料の分析を実施し、同じ航海で得られた表層地層探査記録から、南海トラフ海溝陸側斜面の小海盆における細粒タービダイトの堆積様式や海底活断層の活動履歴に関する検討を行った。また、2011年東北地方太平洋沖地震震源域周辺で採取された表層堆積物の解析を行い、仙台沖において、津波によるタービダイトの形成過程を明らかにした。これらの結果の一部は、共同研究者と共著で国際誌に投稿した。

【分野名】地質

【キーワード】海底堆積物、地震、津波、タービダイト、半遠洋性泥

【研究題目】信頼度を含む高分解能地質情報を発信するための WebGIS3次元地質モデラーの開発

【研究代表者】升本 眞二 (大阪市立大学)

【研究担当者】升本 眞二、根本 達也、Venkatesh Raghavan (大阪市立大学)、野々垣 進 (地質情報研究部門) (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究の目的は、3次元地質情報を発信するために開発した「Web-GISによる3次元地質モデリングシステムのプロトタイプシステム」を実用的なものに進化させ、信頼度を含めた高分解能3次元地質モデルの構築・発信を可能にすることである。本年度は、理論的な基礎の確立とシステムの開発・検証を行った。

理論的基礎の確立では、(1) 3次元地質モデルの信頼度を評価する理論・方法と、(2) 入力データのモデルへの影響度を評価する理論・方法について検討した。前者については、2次元の地質境界面を用いる方法と3次元のデータ空間全体を用いる方法を検討した。その結果、地質境界面を用いる方法では、面の推定に用いた2次元データの分布と密度から、面の形式で信頼度を求めることを可能とした。データ空間全体を用いる方法では、3次元データの分布と密度からボクセルの形式で信頼度を求めることを可能とした。データ密度に関しては、計算方法を複数提案し、各方法による計算結果の比較および最適入力パラメータの決定方法の検討を行った。後者については、入力データの組み合わせと得られるモデルの変化率との関係について検討した。その結果、大量の面の推定計算にもとづいて、各データの影響度を評価することを可能とした。

システムの開発と検証では、(1) 3次元地質モデルの信頼度の可視化手法の開発と、(2) 高分解能の地質境界面推定法の高速化を行った。前者については、信頼度を

色の濃淡・透明度・明度などの変化を用いて地質境界面上や任意の地質断面上に表現することを可能とした。可視化には Web 上でプラグインソフトの必要がない WebGL の導入を検討し、部分的に試行を行った。後者については、既存プログラムのマルチスレッドを利用した並列処理の一部を改良した。

【分野名】地質

【キーワード】地質情報、信頼度、Web-GIS、3次元地質モデル

【研究題目】生物源マグネタイトの役割の解明による古地磁気・岩石磁気研究の刷新

【研究代表者】山崎 俊嗣 (東京大学大気海洋研究所)

【研究担当者】七山 太、小田 啓邦 (地質情報研究部門) (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、生物源マグネタイトの普遍的な重要性を中緯度の酸化的環境の堆積物で確認した上で、古地磁気学及びその応用で特にインパクトの大きい、堆積残留磁化の磁化獲得過程及び、古地磁気強度推定方法における、生物源マグネタイトの役割を解明することを目的とする。湖沼堆積物から生物源マグネタイトの存在が一般に報告されているが、バイカル湖についても生物源マグネタイトの存在が報告されている (Peck and King, 1996)。本研究ではバイカル湖から得られたピストンコア (Ver98-1, St. 6) の堆積物について、生物源マグネタイトの存在の予察的解析を行った。Ver98-1, St. 6の堆積物は地形的高まりであるアカデミシアリッジで採取されたものであるが、約18万年前の Iceland Basin エクスカーションの高分解能の古地磁気記録が得られている (Oda et al., 2002)。このことは安定な残留磁化を保持しうる細粒マグネタイトが堆積物に含まれることを示唆する。湖沼堆積物については、人工残留磁化の獲得曲線から生物源マグネタイトの存在を明らかにする研究は既に行われている (Egli, 2004)。同様の手法を用いて湖底から49cm、208cm、412cmの堆積物試料について等温残留磁化獲得曲線の解析を行った結果、27mT および45mT にピークを持つ成分、ならびに数百 mT に弱いピークを持つ成分が確認された。数百 mT にピークを持つ成分は赤鉄鉱と考えられる。27mT と45mT にピークを持つ成分は湖底から49cm および208cmの堆積物では、明確に2つの山を持つ分布として区別をすることができるが、湖底から412cmの試料では45mTのピークは相対的に低くなる。また、等温残留磁化強度は湖底から深くなるにつれて弱くなる。Egli (2004)がスイスの湖で行った研究を参考にすれば、27mT にピークをもつ成分は碎屑物起源 (ならびにバクテリアが体外で生成した極細粒マグネタイト)、45mT にピークを持つ成分は Egli (2004)が BS および BH と分類した2種類の生物源マグネタイトのうち、保磁力が弱い方の生物源マグネタイト

イト BS に相当すると考えられる。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕生物源マグネタイト、バイカル湖、岩石磁気、等温残留磁化獲得曲線

〔研究題目〕地殻流体の発生と移動のダイナミクス

〔研究代表者〕風早 康平（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕風早 康平、安原 正也、高橋 正明、塚本 斉、佐藤 努、森川 徳敏、高橋 浩（常勤職員7名）

〔研究内容〕

内陸微小地震や深部低周波地震と関係する熱水の特徴と分布を明らかにするため、日本列島各地における深層地下水のフィールド調査・試料採取（50温泉）および100カ所の温泉水の分析を行い、マントル起源ヘリウムの分布やスラブ起源流体の分布を示した深部流体マップの作成を行った。マントル起源のヘリウム分布から、東北日本弧においては、棚倉構造線、畑川構造線や各リフト帯等の列島生成期の大構造に関連し分布することがわかった。また、スラブ起源水の分布は、深部低周波地震及び第四紀火山の分布とよく一致することがわかった。これらの結果をもとに、地下深部から上昇する熱水流体やマントル起源ガスの成因と上昇経路についてまとめた。

〔分野名〕地理学

〔キーワード〕深部低周波地震、内陸地震、塩水、遊離炭酸ガス、同位体比、スラブ起源熱水

〔研究題目〕低圧変成帯の温度圧力構造と島弧地殻のダイナミクスの解明

〔研究代表者〕池田 剛（九州大学）

〔研究担当者〕宮崎 一博（地質情報研究部門）、池田 剛（九州大学）、外田 智千（国立極地研究所）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

島弧及び大陸縁辺部での対の変成帯形成過程を解明するために、未解明の部分の多い低圧型変成帯の温度圧力構造、年代を明らかにし、数値シミュレーションによって地殻内部の物質循環を明らかにする。本年度は、九州西部天草における野外調査により、地殻下部の条件で部分熔融した白亜紀高温型変成岩を採取した。さらに北部九州に分布する深成岩及び低圧高温型変成帯の地質構造と年代学的なレビューを行い、1) 北部九州の大部分の花崗岩類の貫入年代が120-100 Ma であること、2) 九州における白亜紀低温高圧型変成岩の原岩が三畳紀の高圧低温型周防変成岩であることを明らかにした。白亜紀中頃には、北部九州の地殻の大部分は周防変成岩により構成されていたと推定される。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕変成帯、島弧地殻、温度圧力構造

〔研究題目〕東海地震に関する防災政策の経済的インパクトの研究

〔研究代表者〕宮崎 毅（九州大学）

〔研究担当者〕宮崎 毅（九州大学）、大谷 竜（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

東海地震の防災政策による経済的インパクトの内、まず財特法による効果をみるために、プログラム評価によるバックグラウンドの効果を補正した防災施設投資の減災効果を調査した。そのための住宅や施設に関する現在および過去のデータ収集のために、既存データのレビュー及び対象地域の自治体を訪問して利用可能なデータがないか調査を行った。一方、地震予知情報の効果を評価する手法として、産業連関分析を使った先行研究の調査及び利用可能なデータの収集を行って、本研究に対する適用可能性の検討を行った。また併せてベイズ推定による評価方法も検討した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕財特法、大規模地震対策特別措置法、地震予知情報、産業連関分析、ベイズ推定

〔研究題目〕南鳥島 EEZ に眠るマンガンジュールとレアアース泥の成因と資源ポテンシャル

〔研究代表者〕中村 謙太郎（海洋研究開発機構）

〔研究担当者〕中村 謙太郎（海洋研究開発機構、現在は東京大学）、加藤 泰浩（東京大学）、藤永 公一郎（東京大学）、沖野 郷子（東京大学）、町田 嗣樹（早稲田大学）、佐藤 太一（地質情報研究部門）（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

最先端の電子技術や環境エネルギー技術に不可欠な希土類元素（レアアース）や V、Co、Ni、Mo などの有価金属元素（レアメタル）の安定確保は日本の経済・産業の未来を左右する重要課題となっている。共同研究者らは南鳥島の排他的経済水域（EEZ）に、これまで日本の EEZ 内には存在しないと考えられていた「マンガンジュール」と「レアアース泥」が存在していることを発見した。もし EEZ 内に新たに見つかったこれらの資源の実態（分布、規模、成因）が明らかとなれば、海底鉱物資源の開発に大きな弾みがつくだけでなく、将来的に資源小国という宿命をも変える可能性がある。そこで本課題では南鳥島 EEZ 内のこれらの資源について、「どこに」「どのくらい」「どうして」存在するのかを明らかにすることを目的に研究を行っている。

本年度は、共同研究者らにより南鳥島 EEZ 内において調査船「みらい」および「かいらい」による2航海が実施され、両船舶に搭載されているマルチビーム音響測深機およびサブボトムプロファイラを用いた広域航走音

響観測と、ピストンコアを用いた海底堆積物のサンプリングが行われた。これにより、マルチビーム音響測深機の後方散乱強度データから予想されるマンガンノジュール存在域では表層堆積物が薄いもしくはほとんど無いこと、表層泥とレアアース泥の境界の出現深度はサブボトムプロファイラによる予想と一致すること、等が確認された。産総研ではこの結果を受けて来年度から音響測深探査データの解析・解釈を行い、マンガンノジュール・レアアース泥の効率的な広域探査手法の確立を目指す。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕レアアース泥、マンガンノジュール、南鳥島

〔研究題目〕複数核種と複数原理に基づく宇宙線年代決定法の新展開

〔研究代表者〕堀内 一穂 (弘前大学)

〔研究担当者〕小田 啓邦 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

バイカル湖から得られたピストンコア (Ver96-2, St. 7) の高分解能古地磁気記録の整理を行い、Iceland Basin 地磁気エクスカージョン (~188ka) の記録について、バイカル湖の他の記録と比較を行い、さらに年代軸の検討を行った。比較に用いたのは、Acadmician Ridge で採取された Ver98-1, St. 6 (Oda et al., 2002) と CON01-603-2 (Demory et al., 2005) である。特にバイカル湖の相対古地磁気強度記録を相対古地磁気強度の最も新しい標準曲線 PISO-1500 (Channell et al., 2009) と比較させることを試みた。PISO-1500 の年代軸は北西大西洋の統合国際深海掘削計画 (IODP) の U1308 コアに依存しており、U1308 コアの年代軸は底生有孔虫 (深層水) の酸素同位体を酸素同位体標準曲線 LR04 (Lisiecki&Raymo, 2005) にパターンマッチさせたものである (Channell et al., 2008)。この LR04 は (深層水) の酸素同位体標準曲線として知られているが、特に氷床量変動を表すとしてある氷床モデルに依存する形で氷床量変動に時間差を加えた年代軸で表現される。いっぽうで、Caballero-Gill et al. (2012) は中国大陸の鍾乳石 (ウラン-トリウム法による絶対年代測定されたもの) と南シナ海の掘削コア試料による表層水 (浮遊性有孔虫) の酸素同位体のパターンをマッチさせ、同じコア試料の底生有孔虫による深層水の酸素同位体に絶対年代軸を与えることに成功した。この年代軸をもとに PISO-1500 の過去35万年分の年代軸を修正したもので、バイカル湖の相対古地磁気変動による年代推定を行った。また、Prokopenko et al. (2006) はバイカル湖の珪藻量変動と日照量変動をパターンマッチさせた年代モデルを構築したが、最終氷期から間氷期への温暖化 (気温) が日照量変動から4千年の

タイムラグがあることが前提として全記録に4千年のタイムラグを適用している。ところが、Iceland Basin 地磁気エクスカージョン前後の20万年ほど前について、Prokopenko et al. (2006) の年代モデルを4千年古い方にずらすと Dome Fuji の氷の酸素同位体記録 (Kawamura et al., 2007) との一致が極めて良くなることが判明した。南極の氷の酸素同位体は北半球の日照量変動に見られる2万年周期 (precession) をかなり忠実に反映している (Kawamura et al., 2007)。従って、北半球に位置するバイカル湖に記録された温暖化 (気温の増加) が南極の氷の酸素同位体変動よりも4千年も遅れるという Prokopenko et al. (2006) の年代モデルには問題があるのでは無いかと推定される。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕宇宙線生成核種、相対古地磁気強度、地磁気逆転、地磁気エクスカージョン、珪藻、日照量変動、酸素同位体、氷床量変動、バイカル湖、鍾乳石

〔研究題目〕北極海の海水激減—海洋生態系へのインパクト

〔研究代表者〕原田 尚美 (海洋研究開発機構)

〔研究担当者〕田中 裕一郎 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、北極海の海水減少に伴う環境変化を捉え、それに伴って海洋生態系がどのような影響を被るのかを解明するために、動・植物プランクトンの経年変化 (季節変化) の解析を行う。海洋調査船「みらい」による北極航海において、海洋表層での生物起源粒子の季節変化及び鉛直・水平方向のフラックス変化を解明するために、北極海シベリア沖の NAP 観測地点 (75° N, 162° W、水深1975m) において、セジメントトラップ係留系を300m 層、1300m 層の2層に設置した。回収されたトラップ試料について円石藻フラックスの解析を行った。その結果、冬季の11月~12月は、ほとんど産出がなかったものの *Braarudosphaera bigelowii* の産出が認められた。本種は、沿岸域あるいは浅海域に生息する特徴があり、トラップ係留観測点の水深が約2000m であることを考慮すると、冬季については、浅海域の沈降粒子が移流により輸送されてきたと判断される。一方、海水が溶けた後の7月~9月は、円石藻フラックスは低いものの連続的に産出が観察され、汎用種である *Emiliania huxleyi* のみが認められたことから、この期間は、上層からの沈降であると推測された。この傾向は、炭酸カルシウム殻を持つ浮遊性有孔虫フラックスと類似していることも認められた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、円石藻

〔研究題目〕“弥生の小海退”の海水準低下レベルの測定

〔研究代表者〕田邊 晋（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田邊 晋、納谷 友規、堀 和明（名古屋大学）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

“弥生の小海退”の海水準低下レベルの測定を目的として、利根川低地において沖積層コアを掘削し、解析した。10m 長のコアを千葉県野田市関宿台町において掘削した。岩相記載の後、6点の植物片の放射性炭素年代値を測定し、泥分含有率を20cm 間隔で測定した。その結果、この地点では標高-2m にかけて内湾泥層（> 6.1cal kyr BP）が分布し、侵食面を挟んで有機質シルト層と生物攪乱シルト層（1.8~0.7cal kyr BP）、河成層（<0.7kyr BP）が累重することが明らかになった。現在、有機質シルト層と生物攪乱シルト層の堆積環境を珪藻分析によって解析中である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕完新世、海水準変動、“弥生の小海退”、利根川低地

〔研究題目〕クリシュナ・ゴダバリデルタの自然システム機能に基づく環境解析

〔研究代表者〕齋藤 文紀（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕齋藤 文紀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

インド東部海岸のクリシュナデルタとゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、デルタの発達史から見た自然システム機能の把握を試みた。ゴダバリデルタにおいて平成23年度から24年度に採取したボーリングコアと既存のデータを総合的に解析した結果、過去7千年間は大きく2つのステージに区分され、同じような成長を繰り返していることが明らかになった。またこれらの成長と近年の海岸線の変化を比べると、ダム建設以降の運搬土砂量が減少して以降は、デルタの成長から縮小に転じていることが示された。これらのデータをとりまとめて、国際学術誌に投稿した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕インド、ゴダバリデルタ、クリシュナデルタ、デルタ、環境変動、完新世

〔研究題目〕鉄マンガングラストにおけるウラン同位体比の時間空間変動：海水ウラン同位体システムティクスの解明に向けて

〔研究代表者〕後藤 孝介（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕後藤 孝介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ウラン同位体比（ $^{238}\text{U}/^{235}\text{U}$ あるいは $\delta^{238}\text{U}$ ）は、海洋の酸化還元環境を調べるための新たな指標として近年提唱されたが、海水 U 同位体システムティクスは十分に

理解できていない現状にある。そこで本研究では、海水 U 同位体システムティクスの解明および鉄マンガングラスト（Fe-Mn クラスト）試料における $\delta^{238}\text{U}$ の古環境学的意義の検証を目的に、太平洋の様々な海山より採取された海水起源の Fe-Mn クラストにおける $\delta^{238}\text{U}$ の時間・空間変動を調べた。その結果、現在の海洋で形成した Fe-Mn クラストは、採取された水深や海山に関係なく、一定の値（ $\delta^{238}\text{U} = -0.65 \pm 0.05\text{‰}$ ）を示すことが確認された。現世 Fe-Mn クラストにおける一様な $\delta^{238}\text{U}$ は、ウランの海洋滞留時間が海洋循環に対して十分に長いことと調和的である。また、得られた同位体比は、現世の海水 $\delta^{238}\text{U}$ よりも0.24%程度低かったが、マンガングラストへのウランの吸着実験から予測される値とよく一致した。したがって、海底のマンガングラストは、軽いウランのシンクとなることが分かった。一方、Fe-Mn クラストの成長に伴う $\delta^{238}\text{U}$ 変動は、大きな変動を示さなかった。このことは、新生代を通じて海洋の酸化還元環境が大きく変動していなかったことを示している可能性がある。しかし、半減期の短い ^{234}U は、Fe-Mn クラストにおいてウランの閉鎖系が満たされていないことを示唆しており、現世海水との2次的な元素交換による上書きの可能性が高い。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕同位体地球化学、ウラン同位体、鉄マンガングラスト、古気候・古海洋学

〔研究題目〕地質時代を通じた地球寒冷化と貝殻形成の進化の解明—フネガイ科リュウキュウサルボウ亜科（二枚貝）を例に—

〔研究代表者〕西田 梢（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕西田 梢、鈴木 淳（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

貝殻微細構造とは、結晶の形態や配列様式、構成鉱物などから分類される生物骨格のマイクロな形質である。二枚貝類フネガイ科リュウキュウサルボウ亜科は、中新世から現在まで繁栄を続けてきた分類群であり、温暖な気候から寒冷な気候への移行にตอบสนองした微細構造の進化を理解する上での、モデルグループとして注目した。本亜科の地質時代を通じた地球環境変動と貝殻微細構造の進化の関係を明らかにする為、リュウキュウサルボウ亜科の現生種と化石種を用いて、微細構造の記載を行った。現生種の地理的分布と微細構造の比較より、温帯域から亜寒帯域に生息する *Scapharca* 属は殻の外層に混合稜柱構造と交差板構造をもち、季節的に外層に占める両構造の割合が変化していた。熱帯から亜熱帯に多く生息する *Scapharca* 属以外の種（*Anadara* 属など）は外層に交差板構造のみを持つことがわかった。分子系統樹との比較より、外層に2種類の微細構造をもつ *Scapharca* 属は、交差板構造のみを外層にもつグループから種分化の過程

で混合稜柱構造を獲得したと考えられる。化石種の微細構造観察の結果、日本周辺域に前期中新世から出現していた *Anadara* 属は外層に交差板構造のみをもち、中新世中期以降に出現した *Anadara* 属および *Scapharca* 属では、混合稜柱構造と交差板構造を外層に持つことがわかった。よって、中新世中期までに日本周辺域に北上して分布を広げた本亜科が、その後の寒冷化に伴い種分化した過程で混合稜柱構造を獲得したと考えられる。現生種の観察より、混合稜柱構造は低温期に厚く発達しており、低温期の殻成長に特化した微細構造である可能性がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕二枚貝、貝化石、微細構造、進化

〔研究題目〕造礁サンゴ成長機構の多様性解明と環境履歴の解析精度向上

〔研究代表者〕鈴木 淳（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕鈴木 淳、西田 梢

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

高い生物多様性を誇り、観光や漁業資源、さらには自然の防波堤として人々の暮らしを支えているサンゴ礁の礎は、生き物である造礁サンゴの骨格成長により築かれている。しかしこの骨格形成と成長メカニズムは未だ解明されていない。一方でサンゴ骨格中の化学成分は、環境変動を復元するツールとして世界的にも多用されている。骨格成長機構を解明することで、より高精度な環境復元、さらには近未来予測が可能になることが期待される。そこで、生態学、分子生物学、ゲノム科学、地球化学、古環境学、地形学の連携による造礁サンゴの成長メカニズムの解明が本研究課題の目的である。いままで生理学的、分子生物学的知見に乏しいハマサンゴと、古環境学分野ではあまり扱われておらず、その環境指標としての有用性がこれまで詳細に検討されていないミドリイシ類を研究対象とする。古気候・古環境学分野では、化石サンゴもよく用いられるが、ハマサンゴだけに絞って採取するのは困難である。化石サンゴとしても多産するミドリイシ類を環境指標として確立することができれば、古環境復元の幅が広がる。今年度は、コユビミドリイシの定着直後の初生ポリプを対象として飼育水温を変えて成長させた骨格の酸素・炭素同位体比組成について、水温依存性や成長速度との関係を検討し、ミドリイシ類の初生ポリプの骨格もハマサンゴと同様に良好な水温計になることを明らかにした。今後は、ハマサンゴやミドリイシ類の骨格の微細構造に着目して比較研究を進めて行く予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕環境変動、酸素同位体比、炭素同位体比、サンゴ、石灰化

〔研究題目〕海洋環境変動が貝殻微細構造進化へ与

える影響の解明

〔研究代表者〕西田 梢（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕西田 梢、鈴木 淳

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

人為起源の二酸化炭素排出に伴って、近年、地球温暖化と海洋酸性化の進行が危惧されている。本研究では、水温や二酸化炭素濃度を調整した飼育実験を実施し、二枚貝類の石灰化応答について貝殻微細構造観察、同位体比・元素分析を組み合わせ、海洋環境変動の貝類の石灰化へ及ぼす影響を議論した。今年度は、飼育実験装置の立ち上げのため、実験水槽の整備・海水調整手法の開発などに取り組み、さらに、過去の海洋条件を復元するための手法開発にも取り組んだ。5段階もしくは6段階に二酸化炭素分圧を設定し、近未来（600 μ atm、800 μ atm）や産業革命以前の（280 μ atm）、などを目標値として二枚貝類2種（アカガイ、ヒメジャコ）の飼育実験を実施した。二酸化炭素分圧調製実験の結果、いずれの種も二酸化炭素分圧が1000 μ atm 程度（炭酸塩飽和度1.0以下）においても、貝殻成長に有意な変化はみられなかった。これらの種は、稚貝期は酸性化影響を受けにくいと考えられる。アカガイの殻の酸素同位体比は、水温と負の相関を示し、古水温計として有効であることが分かった。二酸化炭素分圧を変えた条件下でも、殻の酸素同位体比はほとんど変化しなかった。また、炭素同位体比は、5段階水温実験（二酸化炭素分圧・pH が一定）の条件下では、一定の値を示した。一方で、6段階二酸化炭素分圧調製実験は、二酸化炭素分圧が高くなるほど（pH が低くなるほど）、低い値を示すことが分かった。したがって、酸性化海水条件下では、石灰化の場に炭素同位体比の低い酸性化海水が寄与していると考えられる。海洋酸性化は、貝類の殻の結晶形成や化学組成に影響を与える可能性が明らかになった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕二枚貝、生物飼育実験、微細構造

〔研究題目〕海岸環境保全のための地形学・堆積学の研究

〔研究代表者〕田村 亨（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田村 亨（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題は、日本学術振興会外国人招へい研究者事業（短期）によるもので、フランス CEREGE（Aix-Marseille 大学）の Edward J Anthony 教授を平成26年1月6～23日の間招へいし、ベトナムメコンデルタ海岸での共同研究に関する討議、名古屋大学環境学研究科と産業技術総合研究所つくばセンターにおける Anthony 教授による研究講演、東日本震災津波被災地域での野外巡検を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕 海岸、環境保全、地形、堆積物

〔研究題目〕 身体運動・感覚経験の蓄積に基づく動作理解機能の構成論

〔研究代表者〕 國吉 康夫（東京大学）

〔研究担当者〕 長久保 晶彦（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

身体運動の生成過程は、無意識の複数の感覚・運動協調が働く単一目的のための動作と言うより、複数解釈可能な多面的・冗長的な創発的過程である。このような複合過程を従来は恣意的に分割・モデル化していたため、想定外の場合に破綻しやすく柔軟なシステムとは言えなかった。本研究では、新しい動作理解のために、多種類の身体運動・感覚経験を計測、蓄積、解析する基盤技術を構築し、多様な身体運動を支援するロボットシステムに向けた理論の提示を目的とする。25年度は、これまで進めてきた手の触覚センサの高感度化を進めるとともに、構築した高密度高感度触覚運動センサグローブを用いた実験を体系的に実施、自由意思に基づく物体操作時の感覚と運動の情報を同時蓄積するデータベースの構築とそのデータ解析を行った。触覚センサに関しては、特に高感度化と合わせて柔軟性・耐久性・コスト性の点からも評価を行い、素材選択とともに計測装置の改良などを行った。本センサを用いた円柱物体などの操作時の計測とそのデータ解析から、制御が困難な物体の方が認識の時空間分散が小さいことが分かるなど、全身運動におけるコツと同様の構造が手指運動でも見出されるといった結果が得られた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 動作理解、触覚センサ、ロボット

〔研究題目〕 知能化センサネットワークによる障害・高齢者の健康リスク管理技術の開発

〔研究代表者〕 井上 剛伸（国立障害者リハビリテーションセンター）

〔研究担当者〕 児島 宏明（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

在宅の障害者・高齢者の健康リスクを管理するための高度センシング技術とセンサネットワークシステムの構築を目的として、国立障害者リハビリテーションセンターを代表に研究を行なっている。全体目標としては、障害者・高齢者が直面する主要な健康リスクとして、褥瘡リスク、温熱リスク、運動機能低下リスク（ロコモティブシンドローム）を取り上げ、関連する物理量を継続的に監視するセンサの要素技術を開発するとともに、センサ群からのマルチモーダル情報を収集・解釈して、検知した健康リスクを可視化・周知・軽減する知能化センサネットワークの構築を目指す。そのうち産総研では、マ

イクを用いた音響的センサ技術の開発を担当している。

今年度は、3年間のプロジェクトの2年目として、これまでに研究を進めてきた音響的センシング技術を今回の応用に合わせて改良するとともに、センサプラットフォームへの実装のための設計を行った。音響的センシングについては、主として足音を対象を絞り、歩行周期や左右のバランスなどの歩行状態を推定する手法を開発するとともに、以前に収録した高齢者の生活音のデータに詳細な行動タグを付与するなどのデータ整理を行った。また、センサプラットフォームに関しては、各種センサからの情報と統合して管理するためのサーバシステムの仕様やプロトコルについて、プロジェクト参加者で議論して決定した。今後は、歩行状態推定手法の改良と精度の評価を行うとともに、センサプラットフォーム上での統合的な実装を進める。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 音響センサ、ロコモティブシンドローム、健康リスク、センサネットワーク

〔研究題目〕 超高速微細操作技術を用いた3次元細胞システム構築

〔研究代表者〕 谷川 民生（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 谷川 民生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、マイクロ・ナノロボティクスを基盤として、in vitro 環境で機能する3次元細胞システムを構築する「バイオアセンブラ」の超高速計測操作手法と組織機能発現の原理を解明することを目標としている。その中で、複雑な形状の3次元細胞システムを成型し組み立てる「3次元細胞システム構築」として、超高速マイクロ・ナノロボット技術を用いて細胞を線・面・立体形状に形成し、積層・ロール・折りたたみなどの手法を適用して多様な3次元細胞システムを組み立て構築するための方法論を確立し、体系化することを目的としている。特に、高速操作においては、操作するマニピュレータの剛性が高い必要があり、高剛性を実現するために、従来利用していた低剛性のワイヤ型のジョイントでは実現が難しいことから、円弧ヒンジのみのパラレル型マニピュレータの機構設計を行ってきた。

本年度においては、昨年度新規に設計・試作した円弧ヒンジのみを利用した3自由度パラレルメカニズムの剛性解析およびその実証実験を行い、動作範囲および剛性に対して解析結果との比較を行った。動作範囲において、解析結果よりも範囲が狭い結果となり、円弧ヒンジの最大変位角とヒンジ自体の剛性のバランスを考慮した設計を進めるべきとの知見が得られた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 マイクロマニピュレーション、再生医療、細胞操作、システム化

〔研究題目〕 プログラム可能な紐結びシステムに関する研究

〔研究代表者〕 末廣 尚士（電気通信大学）

〔研究担当者〕 音田 弘（知能システム研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、種々の紐結びをプログラムで記述し実行できるシステムを実現するための手法を開発し、それを通して作業を実現するための動作制御を視覚などの外界情報を利用して体系的に行うための方法論を確立することにある。

このため本研究では、

- ・視覚と力覚による紐の形状・状態特徴量の抽出、
- ・形状・状態特徴量とロボット動作との関係の抽出およびそれに基づく動作制御、
- ・上記に基づく紐結びの各ステップに対応した動作プリミティブ（スキル動作）の実装、スキル動作の組み合わせによる紐結び作業の実現を行い、種々の紐結びをプログラムで記述し実行できるシステムを構築する。本研究において、研究分担者として下記を担当した。

紐結び作業では結び目のようなトポロジーのみを考慮した操作だけでなく紐の長さを調整したり、結び目の位置を調整したりすることが必要となる。交差間のセグメントに関する計量に着目するセグメントベースな紐の状態表現モデルを用いて、紐の結び目の位置・長さ等の計量を考慮した紐結び作業の基本動作、準備動作、結び動作、調整動作のプロトタイプを表現し解析した。計量を考慮した操作、すなわち、紐の結び目の位置・紐の形状の一部をなすセグメントの長さの調整を可能とする基本動作の解析を行い、特に結びの向きに対し、結び位置を調節する動作を導き、結び位置の調整を行う基本動作を導出・解析した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 知能ロボット、スキルトランスファー、作業教示、柔軟物操作

〔研究題目〕 医療・介護・福祉の融合ー現場発ヘルスサービスリサーチによる地域包括ケアの実現

〔研究代表者〕 田宮 菜奈子（筑波大学）

〔研究担当者〕 松本 吉央、麻生 英樹（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

当該研究課題では、多角的な介護保険サービス評価の研究実績や学術的ネットワークを統合した現場発ヘルスサービスリサーチによって、医療・介護等の多職種連携機能を強化し円滑な地域包括ケアシステムを構築するという課題を解決することを目的とした研究を実施している。

平成25年度は、研究課題の参加機関である筑波大学、

早稲田大学、国立社会保障・人口問題研究所等と連携して、厚生労働省に全国の介護保険給付実績のデータの利用申請を行い、匿名化された6年間の給付実績データの利用許可を得た。配布されたデータを分析しやすい形に整形するとともに、必要なデータを抽出しやすいようにデータベース化するなど、介護保険サービス利用量の差異と関連する要因や、介護保険利用の効果の分析を実施するための情報処理基盤の整備を行った。2011年10月の利用実績の抽出と分析を試験的に行い、全国規模の大量のデータを処理して、サービス種類別のサービス利用量の分析を効率的に行えることを確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 介護保険、給付、データベース、分析

〔研究題目〕 運動性を考慮した可動領域表現による人の手の運動機能の解明

〔研究代表者〕 宮田 なつき（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 宮田 なつき、広野 孝祐
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、人の手指の関節の運動性を考慮した可動領域表現上で人の運動を捉えることで、運動機能の特徴を解明することを目指す。H25年度は、被験者5名について20種類の運動セットを映像および口頭で指示した際の手動作を計測して、導出した可動領域の体積を概算し、被験者同士で比較した。その結果、「いろいろな姿勢を自由に」など指示があいまいな場合、多くの被験者は可動範囲内の非常に狭い領域の姿勢のみが計測され、境界形状に大きな影響は与えないことが多いことが分かった。また、境界を求めるのにアルファハルを用いた場合、被験者によっては導出される領域の内部に大きな空隙が発生することがわかった。さらに、被験者1名の非利き手について同様の計測を行ったところ、導出された領域が右手に比べ小さくなった。従来のように、各関節で独立に取得した最大伸展角度あるいは最大屈曲角度には左右で大きな違いはないことから、非利き手は利き手より関節間の運動性が高い傾向が見て取れるとともに、可動領域全体を求める際には注意が必要であることが示唆された。ここで、今年度計測対象とした20種の運動セットはすべて能動的な動作であったが、一般に、重い物体を把持する、あるいは指を外部に押し付けるといった受動的な状態も含めれば、姿勢の含まれる範囲は広がる。これらに基づき、左右で運動性が大きく異なる関節同士や、同側の手の中で運動性の高い関節同士について重点的に計測を行って、あまり寄与度の高くない動作については省略すること、また把持姿勢等を適宜付加することで、計測用の運動セットを改良可能であると考えられる。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デジタルヒューマンモデル、手、姿勢デ

データベース、関節可動域

〔研究題目〕コード化環境光を用いた完全鏡面物体の3次元形状計測

〔研究代表者〕山崎 俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕山崎 俊太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

非接触式の3次元計測では、対象表面における拡散反射光を観測する必要があり、鏡面反射性の物体の計測は非常に効率が悪い。光を透過する透明物体や拡散反射しない鏡面物体は、プラスチックやガラス、金属部品など数多く存在するため、効率的な計測手法には大きな需要がある。これまで、レーザー等の強い光源を用いた計測、CT スキャンによる透過計測、偏光を使った形状推定、などが提案されているが、巨大な計測装置が必要か、一回の計測で取得できる領域が小さいため、利用は限定的である。本研究は、コード化環境光という新しい計測手法によって、鏡面反射性物体の全周形状を効率良く取得する方法を提案する。

平成25年度は、6台の液晶ディスプレイを用いて、環境光を制御する動的照明装置を構築した。当初の計画では正方形の狭いベゼルディスプレイ6式を用いて立方体形状の計測空間を構成する予定だったが、正方形ディスプレイの入手が困難であるため、アスペクト比16:9のディスプレイ4台とアスペクト比3:4のディスプレイ2台を用いて直方体形状の計測空間を構築した。各ディスプレイに独立した映像を表示し、任意の環境光下において、2台の USB3.0カメラで画像撮影するシステムを構築した。

撮影画像から環境光源の座標を取得するために、2進コードを用いて環境光をコード化する手法を開発した。本研究で用いる投影像の座標は、各液晶ディスプレイの解像度を $N \times N$ とするとき、 $\log_2(6 \times N \times N)$ bit の2進コードで表現できる。当初は球面座標系を利用して相互反射などの影響を最小化するコードの設計を検討したが、6つの矩形投影像を横方向に並べた仮想平面画像をグレイコード表現する方法で、十分なロバスト性を実現できることを確認した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕完全鏡面物体、3次元形状計測

〔研究題目〕歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発—日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策

〔研究代表者〕小林 吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕小林 吉之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

センサによる歩行の評価と転倒のリスク因子抽出方法

の検討

平成24年度の成果を踏まえて平成25年度は、1) センサ内蔵型端末による転倒リスク評価装置の開発と、2) モデル作成のための歩行データベースの拡充を実施した。以下にそれぞれについて報告する。

1) センサ内蔵型端末による転倒リスク評価装置の開発：

平成25年度は研究計画に基づいて、センサ内蔵型の携帯端末に実装し、歩行中のリスク因子を抽出するシステムを開発した。また、転倒リスクの推定には、平成24年度までに作成したモデルだけでなく、より精度の高いモデルを構築した。

2) 転倒のリスク因子抽出用データベースの拡充：

これまでに作成したリスク因子を精度高く抽出するために、これまでの転倒経験だけでなく、ロコモティブシンドロームのリスクについても抽出し、30名分のデータを追加した。これらのデータにより明らかになった転倒経験者の歩き方の特徴については、国際誌への掲載も決定した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

〔研究題目〕手指伸筋腱ネットワークに潜む関節トルク調整機構の解明と筋腱張力推定問題への展開

〔研究代表者〕多田 充徳（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕多田 充徳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

繊細な手指の機能は複雑な筋腱ネットワークから生み出される。特に手指の伸展機構に関しては、伸筋腱が関節骨の背側で中央索と2本の側索に分岐すると同時に、これら3本の索に橈側と尺側から伸びる手内筋が接続するなど、屈筋腱の走行に比して極めて複雑な構造を持つ。この複雑な腱構造の相互作用に着目し、内在筋腱の張力が外在伸筋腱の走行や手指の関節運動に与える影響を明らかにするために、腱骨格モデルを用いた動力学シミュレーションと、その妥当性を検証するための筋骨格運動計測実験を実施した。基本的に腱とは繊維質の束である。このため、曲げ方向に比べて引張り方向の剛性が高いという機械的な特性を有する。動力学シミュレーションでは、筋要素を用いてこの特性を模擬すると同時に、骨との干渉を防ぐためのラッピング要素を導入することで、関節の屈曲に伴い側索が掌側に移行する現象を再現できるようにした。また、中央索と側索に接続する手内筋の作用を模擬するために、これらの索に対して仮想的な外力を加えられるようにした。このモデルを用いて屈曲運動の動力学シミュレーションを行った結果、手内筋が活動するほど中手指節関節に比べて指節間関節の屈曲

が遅くなり、このため指尖部がより大きなアーチ軌道を描くことが分かった。この妥当性を検証するために、手内在筋に異なる静荷重を加えた状態で深指屈筋腱を一定速度で駆動し、その際の手指の関節運動を計測する筋骨格運動計測を行った。深指屈筋腱の駆動距離と関節角度の関係や、指尖部の軌道を可視化した結果、動力学シミュレーションと定性的に一致する結果が得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、筋腱モデル、伸筋腱、屈筋腱、モーメントアーム

【研究題目】嚥下メカニズムの解明による喉ごしの定量評価法の開発

【研究代表者】三輪 洋靖（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】三輪 洋靖（常勤職員1名）

【研究内容】

「食」は生命維持において欠かすことのできない行動の一つであると同時に、日常生活における楽しみの一つでもある。そして、喉ごしに代表される嚥下感覚、すなわち、食品や水分を飲み込むときの感覚は「食」を楽しむ要素の1つと考えられている。しかし、喉ごしは主観的要素が強く、多くの研究、調査は官能検査が中心で、工学的研究は限られていた。そこで、本研究では「食品や水分が口腔および咽頭を通過するときを感じる体性感覚」を喉ごしと定義した。そして、筋電図や嚥下音を計測・分析することで嚥下における筋活動や嚥下音のメカニズムを説明できる新しい嚥下モデルを構築すること、構築した嚥下モデルを用いて嚥下と喉ごしの関係を解明することを研究目的とした。

平成25年度は、水分嚥下時の嚥下音および筋電データを用い、嚥下モデルと主観的評価である喉ごしの関係の解明を目指し、特に、以下の2点に重点を置いて研究を進めた。(1) 嚥下方法の推定方法の構築：これまでに計測した舌骨上筋群、舌骨下筋群および咬筋の筋電と甲状軟骨の側部の嚥下音に関するデータを用い、嚥下方法の推定方法を検討した。まず、嚥下音に対して Wavelet 変換による時間・周波数解析を適用し、特徴量として同係数が閾値以上となる部分の時間（嚥下音発生時間）と面積（ハイパワー部面積）を求めた。また、筋電に関する特徴量として閾値以上の筋電が出力された時間（筋電活動時間）を求めた。得られた特徴量に対して統計処理を行った結果、嚥下音発生時間、ハイパワー部面積、筋電活動時間には、試料間に統計的有意差があり、同指標を計測することで、嚥下方法の違い、特に嚥下に要する時間の違いを計測できることが分かった。さらに、嚥下音発生時間、ハイパワー部面積と筋電活動時間の間には類似した傾向があることが示唆された。(2) 嚥下における主観的評価である喉ごしと嚥下方法の関係の解明：嚥下方法を推定する過程で得られた特徴量を用い、炭酸強

度の違い（強・弱・なし）と嚥下方法の関係を解析した。被験者の主観は水<弱炭酸水<強炭酸水の順で刺激感および炭酸強度が強くなったが、嚥下音発生時間は強炭酸水<水<弱炭酸水の順で大きくなり、強炭酸水-弱炭酸水間で統計的有意差を確認できた。本結果より、ヒトの嚥下感覚は摂取する試料の刺激強度に対して上に凸の特性を持ち、試料が持つ刺激強度と喉ごしの情報から喉ごしが快の場合は嚥下時間が長く、喉ごしが不快の場合は嚥下時間が短くなるよう、嚥下方法の選択に無意識的な介入が働くことが示唆された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】嚥下、嚥下音、筋電、感性計測

【研究題目】情報集約による日常生活の構造的理解のための情報処理システムの開発

【研究代表者】北村 光司（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】北村 光司（常勤職員1名）

【研究内容】

日常生活で起きる現象は、個別の環境や状況で起きるため、個別の現象として扱われてしまい、稀な現象と誤認されたり、潜在的なリスクを見逃してしまうことがある。例えば、公園で起きた事故は、公園の大きさ・形状、遊具などの構成要素の配置が異なるため、個別の公園で起きた事故として扱われてしまい、情報共有、他の公園の情報から起き得る事故を把握したり、複数公園の事故情報を統合して統計的分析を行うといったことが十分になされていない。このように、社会に薄く広く存在している貴重なデータは問題解決に有効に活用されていないことが多い。本研究では、対象環境や分析目的において重要な特徴は保持しつつ、データを適度に抽象化することによって、複数環境下でのデータを集約して分析可能なシステムの開発を目的としている。初年度は、主にデータ入力・分析用のソフトウェアの開発と一般家庭内での子どもの事故データを対象に機能の検証を行った。ソフトウェアには、GIS 技術をベースとした現象記述機能、適切な写像を可能とする状態空間の設計機能、状態空間表現を用いた問題構造モデリング機能、データ集約による統計分析と個別環境へのリマップ機能の4つの機能から構成される。ソフトウェアでは、まず各環境の地図を作成し、その上に個別環境での現象としてデータを入力し、その後、変数の選択、モデリング、分析や個別環境への適用までを繰り返すことで、分析目的や対象環境において重要な変数を見つけ出す。2年目では、このソフトウェアを用いて、異なる目的で収集された複数のデータについて入力から分析までを行い、ソフトウェアの有用性と汎用性について検証を行う。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】正準化記述、日常生活データ活用技術、情報処理技術

〔研究題目〕 デジタルハンドによる製品の操作性評価に基づくエルゴノミック設計支援システムの開発

〔研究代表者〕 遠藤 維 (デジタルヒューマン工学研究センター)

〔研究担当者〕 遠藤 維 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

人間の手の形状と運動を精密に模擬できるデジタルハンドモデルを用いて、製品モデルに対し、仮想的なエルゴノミック評価による設計支援システムを開発することを目的とする。本研究では、研究期間内において、製品の筐体や機構、UI に対する「操作しやすさ」を、操作タスクに対する手指の力・トルク発揮効率の観点から、定量的かつ仮想的に評価するシステムを実現するための研究を行うものとする。また、実現したシステムのエルゴノミック評価システムとしての妥当性を、実被験者・実製品を用いた実験により確認する。

本年度は、把持姿勢生成字における製品に対する手指の接触領域導出手法の高精度化として、本シミュレーションにおける、物体・ハンド間に仮想的に配置されたバネ・ダンパ制御モデルを見直し、より安定したハンドモデルの制御および物体・ハンド間の干渉判定を実現した。また、製品の操作タスクに対する「操作しやすさ」の定量評価指標のモデル化に対する取り組みとして、手指操作における筋発揮に関する手指の負担感を評価するため、ハンドモデルに筋骨格構造モデルを付加する研究を行った。また、上述の把持姿勢生成シミュレーションソフトウェアと、筋骨格シミュレーションソフトウェアとを連携させることで、外力を含む手指動作における筋発揮効率評価機能を実装した。さらに、上述した把持姿勢が人間にとってありうる把持姿勢となっているかどうかを、被験者実験により検証するため、被験者と同一寸法のデジタルハンドおよびその把持姿勢を計算機上に再現し、把持姿勢および把持時の物体とハンドモデルとの接触領域を比較する手法を開発した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、把持姿勢、筋腱モデル、操作容易性

〔研究題目〕 アパレルの質と国際競争力向上の基盤となる日本人の人体計測データベースの構築と多角的分析

〔研究代表者〕 持丸 正明 (デジタルヒューマン工学研究センター)

〔研究担当者〕 持丸 正明 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

アパレル製品市場が国際化する中で、フィッティングの基盤となる人体寸法・形状データの収集、データベースの構築を行い、入手可能な海外の人体寸法・形状データベースとの比較を多角的な視点で行うことを目的とす

る。産総研は、人体3次元形状のモデル化技術と、寸法・形状計測の国際標準化の動向調査、さらに、海外の人体寸法・形状データベースの獲得を担当している。平成25年度では、ISO TC159/SC3/WG1で進められている3次元人体形状計測の精度検証方法に関する標準化動向 (ISO 20685-2) に関する調査と、インドで実施計画中の国家的人体計測の動向調査を実施した。インドでの国家的人体計測は、アーメダバードにある National Institute of Design が中心となって進めている。平成25年8月に同研究機関を訪問し、日本の人体寸法・形状データ収集の取り組みや計測方法、モデル化方法と応用事例について紹介するとともに、インドの産業側のニーズ、計測の現状について情報を得た。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、人間工学

〔研究題目〕 イナーシャマッチングに基づく階段歩行スキルの解明と大腿義足制御への応用

〔研究代表者〕 保原 浩明 (デジタルヒューマン工学研究センター)

〔研究担当者〕 保原 浩明 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

日本には概ね1万人の大腿切断者が存在しており、その多くが階段を歩けない点に不自由を感じている。そのため、大腿切断者は健常者とは異なる身体技法によって階段をゆっくりと昇る。結果として、昇段が可能にはなるものの、見た目の不自然さから、こうした動きは切断者が劣等感を抱くきっかけになっている。こうした大腿切断者が両脚交互の昇段を行うためには、バッテリー駆動型の動力義足の開発がある。しかしながら、こうした最新の義足は既存の製品に比べると価格・重量・性能の面で課題が山積している。そこで本研究の目的は、片側大腿切断者における階段上昇能力改善・再獲得を目的としたリハビリテーション法開発ならびに義足制作にとって有用な情報を提供することである。そこで本年度は義足による階段昇降ストラテジ解明の研究として、ひざ軸の回転抵抗が非常に小さい膝継手を用いて切断者による階段昇降を行った。その結果、遊脚時に特定のリズム (速さ) での昇段が行われた場合、義足と階段の接触 (つまずき) がなく、遊脚動作が達成できる割合が高かった。反対に遊脚動作がその特定のリズムから外れると、失敗する傾向が見られた。これらの結果は、義足の運動シミュレーションを行った際に示された結果と合致するものであり、義足の固有振動数によって適切な遊脚期の速さがあることを意味している。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 リハビリテーション、義足、人間計測

〔研究題目〕 こどもの事故の発生要因の解析と予防—地域、年齢、疾患特性の解析—

〔研究代表者〕 西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 西田 佳史、北村 光司
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

0歳児を除いた、子どもの死因の第1～2位は、「不慮の事故」である。死亡事故に繋がる前には、更に多くの事故が存在している。本課題全体の目標は、子どもの事故発生防止のため、以下の研究を実施することにある。

1. 保育園・幼稚園の事故（ヒヤリハット経験を含め）を一定の様式で集積する。
2. 保育園・幼稚園の事故の内容・背景を関東首都圏と地方都市（長崎県大村市）で比較する。
3. 発達障害児外来・施設・教育現場を通し、発達障害児の事故を、正常児の事故と比較検討する。
4. 救命救急センターに搬送される事故症例を集積し、保育園・幼稚園の事故と比較検討する。

個々の事故に対し、人間工学的視点から事故背景を解析し、一方、事故を起こした児に対して、発達心理学の視点から、子どもの背景を分析する。最終的に事故防止の方策・指針を作成する。この中で、産総研は、人間工学的視点から事故背景を解析することを担当する。

平成25年度は、保育所、医療機関に傷害サーベイランスの協力依頼を行い、保育所向け、医療機関向け傷害サーベイランス用紙を配布し、データの収集を行った。これまでに、34件のデータが得られた。まだ、統計分析が行える十分なデータ量の蓄積までは至っていないが、記入用紙を用いた情報収集が可能であること、協力保育所とデータ収集の仕組みづくりができ、今後、得られた知見をフィードバックすることで効果検証を行うためのフィールドづくりができた。今後、データ量が確保されしだい、地域比較、諸外国との比較などの比較研究を実施する。また、得られた知見に基づいた、傷害予防啓発用の教育コンテンツの作成を行う計画である。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 傷害サーベイランス、子どもの傷害予防、事故統計、施設安全、安全教育プログラム

〔研究題目〕 ロボット聴覚の実環境理解に向けた多面的展開

〔研究代表者〕 加賀美 聡（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 加賀美 聡、佐々木 洋子
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

実環境で用いる聴覚に必要なとされる機能としては、どこからどんな音がしているか、という時空間的な音理解機能を備えることが重要である。本研究では、我々がこれまで提唱してきたモバイルオーディションの機能を発

展させ、低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度は情報技術研究部門との連携により、開発してきた無限混合ガウスモデルを利用した学習・識別手法を動画の音声処理へ応用し、人の発話部分検出の機能を実現した。

次に無限混合ガウスモデルを利用した学習・識別手法を、音処理だけでなく、レーザー距離センサから得られた環境形状の学習と識別、移動体の追跡の結果からの行動分類の2つの問題に応用し、それぞれ半教示ありでことの有効性と新規のクラスを識別および学習可能であるということを確認した。さらに音源識別の成果を利用した移動音の追跡手法を多重仮説検定型のパーティクルフィルタリングを用いて開発した。

これらの手法を音環境理解機能として発展させていく。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ロボット、時空間聴覚理解機能、マイクロホンアレイ、サービスロボット

〔研究題目〕 InGaAs 系量子井戸におけるメゾスコピック・スピン輸送効果の検証

〔研究代表者〕 川畑 史郎（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 川畑 史郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ラッシュバ及びドレッセルハウス効果は、半導体低次元電子系におけるスピン制御の基本的メカニズムとして興味深く、スピン FET の実現、スピン量子ビットの制御、スピン偏極流の創出及び検出等の応用や新たな物理の開拓が期待されている。ところが、その機構の根幹を担うラッシュバ、ドレッセルハウス係数の定量化は未解決の課題となっている。そこで本研究においては、半導体ピリヤードモデルに基づく半古典散乱理論と極低温電子輸送実験を組み合わせることにより、ラッシュバ及びドレッセルハウス係数を定量的に評価するための基礎技術を確立する。H25年度は昨年度開発した半古典カオスシミュレーション手法を用いて磁気伝導度の実験データの解析を行い、磁気伝導度の磁場依存性、ラッシュバ係数の電圧依存性の定量的再現に成功した。以上により半古典理論を用いることによってパラメータ無しにスピン輸送特性を再現できることが明らかとなった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 化合物半導体、スピントロニクス、カオス、ラッシュバ効果、アンダーソン局在

〔研究題目〕 相変化材料のナノ秒領域における高速結晶化温度特性の解明と多値記録への応用

〔研究代表者〕 保坂 純男（群馬大学）

〔研究担当者〕 桑原 正史（電子光技術研究部門）

(常勤職員1名)

【研究内容】

相変化メモリーは、熱により相変化材料を結晶—アモルファス転移させ記録、消去を行っている。そのため、消費電力の低減のため、記録部のサイズを小さくすることは必須となっている。また、近年、相変化メモリーの多値記録も注目されており、実現のためには相変化材料のナノスケールの構造が鍵となっている。従って、ナノスケールの相変化材料の結晶構造や生成プロセスを解明することは、今後のメモリー開発や設計に必要不可欠である。本研究では、相変化材料のナノ構造作製と評価を目的に研究を遂行中である。25年度は、ナノ構造作製を主に行い、その形状に関して調べた。

基板に薄膜を作製し、加熱することでナノ構造の作製を試みた。代表的な相変化材料として、 Sb_2Te_3 および $Ge_2Sb_2Te_5$ を選び、これらをスパッタ法により、5nmの厚さで高配向熱分解黒鉛 (HOPG) 基板に堆積させ、その後アルゴン雰囲気中で加熱を行った。HOPGを基板として選んだ理由は、面内で堆積物が自由に動けること、表面が原子レベルでフラットなため生成したナノ構造の観察がし易いことである。200°Cで2分間の加熱では、ナノ微粒子が、250°Cで5分間の加熱でナノニードルが生成された。ナノ微粒子の場合、粒径が15nm程度、ナノニードルでは、直径15nm長さ1 μ m程度のサイズである。 $Ge_2Sb_2Te_5$ の場合、200°C以下では、構造的な変化が余り見られず、250°Cでナノニードルが形成される。また、300°Cで30分程度加熱すると、ナノコラムが生成される。HOPGの表面をスパッタリングで荒し、ダングリングボンドを表面に生成させた後、ナノニードルの生成をおこなった。その結果、表面に無数のナノニードルが形成されたことから、グラファイトのダングリングボンドがナノ構造生成に何かしらの役割を果たしていると考えられる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】相変化材料、不揮発メモリー、ナノ微粒子

【研究題目】フォノン波束の生成・伝播の時間・周波数実時間イメージングと量子制御

【研究代表者】渡邊 幸志 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】渡邊 幸志 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、空間位相変調器により波形整形した高強度励起パルスを生じさせ、強誘電体・グラフェンの格子振動を非線形かつ非調和に励振し、それに伴う光子・格子、電子・格子結合ダイナミクスを明らかにする。強誘電体結晶においては進行及び後退するフォノンポラリトン波束の伝播、グラフェンにおいては2重共鳴ラマン過程により生成されたナノスケールフォノン波束の伝播の時

間・周波数実時間イメージングを行い、それらのコヒーレント制御を実現することを目的としている。ここでは、上述したグラフェンのフォノン波束伝播の次元性を明らかにするために、同素体であるダイヤモンド、特に2次元的な同位体ダイヤモンド超格子構造における次元性との比較実験をおこなった。具体的には、 ^{13}C ダイヤモンドと ^{12}C ダイヤモンドの繰り返し積層構造を積層幅 $L_w = 10nm, 30nm, 600nm$ でマイクロ波プラズマ CVD 法によりホモエピタキシャル成長した。バンド端付近からのフォトルミネッセンス観測でスペクトルの違いが観測され、現在追試実験および解析を継続している。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】イメージング、光計測、フェムト秒

【研究題目】3次元磁場ベクトル測定用 SQUID 素子の創成と低雑音化

【研究代表者】日高 睦夫

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日高 睦夫、前澤 正明、永沢 秀一、北川 佳廣 (常勤職員4名)

【研究内容】

SQUID 素子は、高性能の磁場測定装置として知られ、ピックアップコイルに交差する磁束 (コイル面に垂直な磁場成分) を測定できる。しかしながら、コイル面に平行な磁場の成分は、計測できなかった。本研究では、世 Nb 多層プロセスを利用して、互いに垂直な3つのコイルを積層構造で作製し、磁場の3次元ベクトルを決定できる SQUID 素子を開発する。将来、本 SQUID を走査顕微鏡に組込めば、スピントロニクス、ナノテクノロジー、生物物理まで波及効果を持つ局所磁場3次元ベクトルマッピングが可能となる。本年度は、超伝導デジタル回路用に開発され、多数の集積回路作製の実績がある Nb 多層回路プロセスを改良し、互いに垂直な3つのピックアップコイルを SQUID と同一基板の積層構造で実現する3次元 SQUID を作製するためのプロセスを開発した。また、産総研の Nb プロセスを用いて SQUID を作製し、3次元 SQUID に向けたデータの収集を行った。現有の SQUID 顕微鏡に適合する1軸 (Z軸) ピックアップコイル SQUID チップを設計し、産総研標準 Nb プロセスにより試作した。現有装置との適合性を重視した回路と低雑音化を目指して SQUID ループをグラジオメータ型にした回路の2種類を作製した。並行して、3軸立体コイル構造を実現する Nb 多層プロセスを構築した。このプロセスに基づいて、3軸ピックアップコイル SQUID チップを設計、試作した。本成果により、 Nb 多層プロセスを用いて SQUID と同一基板に3次元ピックアップコイルを有する3次元 SQUID が作製できる見通しが得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】SQUID 顕微鏡、3次元磁場ベクトル、

Nb 集積回路プロセス、3次元ピックアップコイル

〔研究題目〕多段ゲート電界放出電子源を用いたマイクロカラムの開発と電子顕微鏡への応用

〔研究代表者〕長尾 昌善
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕長尾 昌善、吉澤 俊一
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は電子顕微鏡等に応用できる静電レンズと電界放出微小電子源を一体形成したマイクロカラムを開発することを目的としている。昨年度は、平成23年度に設計したマイクロカラムを実際に作製し、その機能が設計にかなったものであるかを調べるために、実際のマイクロカラムのビーム特性を測定した。その結果、ほぼ設計通りの機能を持つマイクロカラムを作成できていることがわかった。しかし、測定条件が400倍の拡大光学系であるとは言え、ビーム径40ミクロン程度と、電子顕微鏡のマイクロカラムに応用するためには、まだビーム径が大きい。そこで、より小さなビーム径を得るためにウエネルト電極の検討を行った。ウエネルト電極の検討は、エミッタチップ、ウエネルト電極、引き出しゲート電極の構造を電子ビーム軌道解析により行った。電子源から放出される電子ビームの所期放出角をできるだけ小さくするにはウエネルト電極の高さをエミッタチップより100nm 低くするのが良いことがわかった。エッチバック法を使って、エミッタチップとウエネルト電極の位置関係を正確に制御し、実際にこの電極構造を作製した。試作した3極構造のデバイスの電子放出特性とウエネルト電極の効果を測定し、初期発散角を制御することができることを確認した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス分野
〔キーワード〕フィールドエミッタ、マイクロカラム、電子顕微鏡

〔研究題目〕シリコンナノ構造を基盤としたドーパント原子デバイスの開発

〔研究代表者〕品田 賢宏
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕田部 道晴、小野 行徳、品田 賢宏、水田 博(常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

本研究は、半世紀以上にわたってシリコンテクノロジーを支えてきたドーパントの概念を一新し、個々のドーパント原子を利用したドーパント原子デバイスの開発を目指している。1個のドーパント原子を用いたトランジスタを基本とし、さらに2個～数個を利用したメモリ、単電子転送デバイス、フォトニックデバイスなどドーパ

ント原子デバイス群を開発する。並行してドーパント原子導入プロセス、検出技術および第一原理計算によるナノシリコン中のドーパント原子の物性研究を総合的に行って、ドーパント原子デバイス工学の基盤を構築することを目的としている。具体的には、4つの研究項目：①1～数個のドーパントによる各種デバイスを作製し、原理検証、②第一原理計算を用いてナノ Si 中特有のドーパント原子の電子状態およびキャリア輸送特性を明らかにして、デバイス設計にフィードバック、③極低温ケルビンプローブ顕微鏡(LT-KFM)および電子スピン共鳴法(ESR)によってドーパント原子の検出と複合ドーパントの電子状態を評価、④微細電子ビーム描画マスクを用いたドーピングおよびシングルイオン注入などにより、高精度ドーパント導入プロセスを確立する。H25年度は以下の研究項目に取り組んだ。

研究項目④「ドーパント高精度導入プロセス・検出技術」

シングルイオンドーピング精度を20nm～50nm に改善するために、注入イオンの注入イオンの重イオン化、低エネルギー化を図り、ストラグリッド抑制を試みた。具体的には、n 型ドーパントとして従来用いていた P イオンに代わり、より質量の重い As イオンを選定し、かつ1価の As イオンの注入を可能にした(従来は、2価の P イオン)。シミュレーション値で、深さ方向のストラグリッドは23nm から9nm、横方向のストラグリッドは28nm から7nm に大幅に抑制され、トランジスタの閾値電圧評価からばらつきが抑制されることを実証し、ストラグリッド抑制効果を確認した。また、複数のヒ素ドナーをアレイ状に注入することによって、複合ドナー特有の電子輸送特性を観測した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス
〔キーワード〕シリコン、ドーパント原子デバイス

〔研究題目〕百万画素サブミクロン分解能中性子ラジオグラフィのための固体超伝導検出器システム

〔研究代表者〕日高 睦夫
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕日高 睦夫、前澤 正明、永沢 秀一、北川 佳廣(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究では、サブミクロン分解能を持つ大画素中性子ラジオグラフィにおいて、学術・産業の基幹技術として大きな期待に答えるため、サブミクロン分解能・100万画素・高フレームレート・全固体素子の実現を目指し基礎研究を推進する。二硼化マグネシウム(MgB₂)、あるいは、ニオブ(Nb)による超伝導ナノワイヤのリニアアレイ・システムを形成することで、ワイヤ中の同位体¹⁰Bと中性子の核反応熱を運動インダクタンスの変化ΔLKとして検出する一次元1000画素検出系の実現を目

指す。Nb を用いる場合は、10B の核反応層を間に挿入するサンドイッチ構造を取る。この二次元1000画素検出系を2式、X 方向と Y 方向に直交させてイベントを同時計測する。小さな運動インダクタンスの変化 ΔLK を感度良く測定するために単一磁束量子 SFQ 尤度判定回路による ΔLK 検出と高速超低消費電力大容量読出しにより高フレームレートを実現し、中性子による実証実験を行う。本年度は、ボロン (B) 膜を X 方向および Y 方向2層のニオブ (Nb) ナノワイヤでサンドイッチした検出器と SFQ 読出し回路をハイブリッド化するための作製プロセス開発を行った。SFQ 読出し回路は、Nb4層、モリブデン (Mo) 抵抗層、臨界電流密度10 kA/cm²の Nb/AlOx/Nb ジョセフソン接合を用いた AIST 標準プロセス3 (STP3) と呼ばれるプロセスで作製する。この研究では、検出器と SFQ 読出し回路の接続部のプロセス開発がキーとなる。STP3で COU (M3) 層まで形成したのち、Mo と Nb を積層したナノワイヤ1を形成する。引き続き B 膜をリフトオフで形成し、その上に Nb/Mo からなるナノワイヤ2を形成する。ナノワイヤと SFQ 回路の接続は、層間絶縁膜成膜後 CTL (M4) 層で行う。本方法が SFQ 回路と検出器作製においてお互いに最も影響を与えないプロセスである。本プロセスを用いてまず手始めに、下層ナノワイヤだけを形成したハイブリッド回路を作製した。本試作では構造のテストを主眼としたため、B 膜の代わりに成膜が容易な SiO₂を用いた。また、中性子実験用に22mm 角チップに検出器のみの作製も行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超伝導検出器、単一磁束量子素子、中性子、ラジオグラフィ、イメージング

【研究題目】断熱モード単一磁束量子回路の導入によるサブ μ W マイクロプロセッサの研究

【研究代表者】日高 睦夫

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日高 睦夫、永沢 秀一、佐藤 哲朗、伊坂 美千代 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究では、高速低消費電力で知られる単一磁束量子 (single flux quantum; SFQ) 回路の極限的な低消費電力化を目指す。断熱モード動作など低消費電力化への回路的ブレイクスルーを中心に、アーキテクチャ、プロセスも含めすべての知見を導入することによって、SFQ 回路の消費電力は従来の1/400から1/100000に低減され、冷凍機の電力を考慮しても半導体システムに対し強い競争力が生まれることが期待できる。本研究では、これらの技術を構築し、最終的に50 μ W 30GHz 動作16ビットマイクロプロセッサの動作実証を行い、学術的にも未踏領域となる高性能サブ μ W マイクロプロセッサを実現する基盤技術の確立を目的とする。本年度は、面積従来比

1/5のジョセフソン接合を集積回路プロセスに適用するために均一性、再現性の面から最も適した作製方法の検討を行った。CMP 平坦化を用いる方法は、面積従来比1/10以下の極微細接合を作製可能であるが、所望の均一性、再現性を得るためにはより高度な装置が必要であることがわかった。一方、コンタクトホール結合型円形接合は、面積従来比1/5レベルの接合作製において集積回路に適用可能なレベルの均一性、再現性が得られることを明らかにした。また、低消費電力 SFQ 回路を作製し、横国大、名大に供給した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超伝導材料・素子、先端機能デバイス、低消費電力、超高速情報処理、デバイス設計・製造プロセス

【研究題目】変調ドーブと結晶粒径極微制御による高移動度・低熱伝導率ナノシリコン熱電材料の創成

【研究代表者】黒崎 健 (大阪大学大学院)

【研究担当者】内田 紀行 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

シリコン (Si) は、毒性が低い、p 型・n 型の制御が容易、低価格で高品質な材料が入手可能といった多くの利点を有する一方で、バルク Si の熱電変換性能指数 (ZT) は最大でも0.2程度しかなく、実用化の目安である ZT=1には遠く及ばない。本研究では、高ドーブした SiGe 合金から超高純度 Si に対して変調ドーブを施すとともに、両者の結晶粒径をナノスケールで精密に制御する。これにより、イオン化不純物散乱に起因する低キャリア移動度と、軽元素・単純結晶構造・共有結合に起因する高格子熱伝導率といった Si が本来有する熱電材料としての致命的な二つの欠点を一挙に解決する。最終的には、室温から300°Cまでの温度域において ZT>1を示すナノ Si 系バルク熱電材料の創成を目指す。

研究計画・年度進捗状況：

SiGe/Si ヘテロ接合を作製し、変調ドーブによる熱電性能向上の原理実証を行うために、今年度は厚さ5-10nm の SOI (silicon on insulator) 基板の作製プロセスの構築と、SOI への電気的なコンタクト作製プロセスの選定、SiGe 層作製のためのスパッタ装置堆積の整備を行った。熱酸化とフッ化水素溶液によるエッチングを繰り返すことで、厚さ~10nm の SOI 基板を作製した。変調ドーブを行うためには、SOI 層はドーパント濃度が低い方が好ましく、極薄膜化も手伝ってコンタクト抵抗が高くなる。特に n 型の Si に対する低抵抗コンタクトは難しいが、SOI と金属電極の間に、タングステン内包 Si クラスタ (WSi_n) 層を挟むことで、低抵抗化することに成功した。

【分野名】ナノエレクトロニクス

〔キーワード〕 熱電変換、変調ドーピング、ヘテロエピタキシャル構造

〔研究題目〕 III-V族 p チャネル MOSFET のための価電子帯エンジニアリングと界面双極子制御

〔研究代表者〕 安田 哲二
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 宮田 典幸、前田 辰郎、小倉 睦郎、後藤 高寛 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

微細化が物理限界を迎える CMOS 回路への III-V 族半導体等の高移動度チャネル材料の導入が近年真剣に検討されているが、プロセスの複雑化を避けるためには、p チャネルと n チャネルに同じ材料を用いて CMOS 回路を構成することが望ましい。III-V 族半導体を用いた n チャネル MOSFET については良好なデバイス特性が既に達成されており、p チャネル MOSFET の高性能化が強く求められている。本研究は、ホール有効質量が比較的小さな III-V 族半導体を用いて高性能 pMOSFET の実現を目指すものであり、今年度はこれまでの検討により有望な材料であることが判明した GaSb に着目して研究を進めた。

GaSb 上の MOS 界面制御に関して、GaSb (001) 面及び (111) 面について超高真空の MBE 環境にて各種再配列表面を調整した上に HfO_2/GaSb 構造を作製し、表面構造が MOS 界面特性に及ぼす影響を検討した。その結果、Sb 被覆率が小さい GaSb (111) A- (2×2) 表面上で界面準位密度が最も低くなり、初期表面の Sb 被覆率と界面準位密度との相関が示された。更に、量産に適した絶縁膜形成手法である原子層成長を用いて、GaAs 基板上に GaSb 層をエピ成長した基板上に $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{GaSb}$ 構造を作製する場合について、成長前処理が MOS 特性に与える影響を調べた。その結果、真空アニールにより GaSb 表面酸化膜を脱離させることで界面準位密度が $10^{12}\text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$ の前半程度の界面を得ることができ、この MOS 構造を用いての pMOSFET 動作を確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 III-V 族化合物半導体、MOSFET、界面制御

〔研究題目〕 超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

〔研究代表者〕 神代 暁
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 神代 暁、平山 文紀、山森 弘毅、永沢 秀一、日高 睦夫、福田 大治、佐藤 泰、山田 隆宏 (常勤職員8名)

〔研究内容〕

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端検出器 (TES) カロリメータの受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。昨年度、共振器電極にニオブ (Nb) を用いた素子の読出雑音が、従来型 TES 読出用 SQUID 多重回路の報告値に比べ約40倍悪かった理由として、動作温度4Kにおいて Nb の電極損失が大きく共振 Q 値が 3×10^3 と予測値に比べ低いことが考えられた。今年度は、超伝導転移温度が Nb に比べ約2倍の窒化ニオブ (NbN) を共振器電極に用いた素子を作製し、共振 Q 値の5倍化、入力換算雑音電流 I_N の1/7倍化に成功した。得られた $I_N = 31\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ は、本方式研究の先駆機関である米国標準研究所の報告値より良い。また、 I_N の読出マイクロ波電力依存性を系統的に調べ、主要雑音源と寄与度を明らかにした。その結果、標記は、マイクロ波漏洩防止用ローパスフィルタ内の抵抗で発生する熱雑音が支配することを解明した。さらに、各々の主要雑音源に対し、既存技術の範囲内で可能な対策を施すことにより、将来的に、従来型多重回路の報告値に匹敵する $I_N < 5\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$ に到達可能であることを明らかにした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

〔キーワード〕 超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、マルチプレクス (周波数多重)、センサ、放射線計測

〔研究題目〕 決定論的ドーピング法による量子物性制御

〔研究代表者〕 品田 賢宏
(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 品田 賢宏、谷井 孝至、井上 耕治
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、10nm 以下の領域へのドーピングを実現し、次世代デバイスに適応可能な決定論的ドーピング法の確立を第1の目的とし、単ドーパントシリコンデバイス、単一シリコン-空孔ダイヤモンドデバイスをはじめとする量子デバイスの物性制御を第2の目的としている。単ドーパントの3次元規則配列が最終目標である。具体的には、3つの研究項目：①「10nm 以下の領域への単ドーパントドーピングプロセスモジュールの開発」、②「単ドーパントシリコンデバイス量子輸送」、③「単ドーパントシリコン-空孔ダイヤモンド量子発光」に取り組む。H25年度は以下の研究項目に取り組んだ。

研究項目①「10nm 以下の領域への単ドーパントドーピングプロセスモジュールの開発」

10nm 以下の領域への単ドーパントのドーピングを

可能とするために、電子線リソグラフィによってチャネル領域に10nm以下の単一孔を有するレジスト形成を試みた。3次元アトムプローブ法によってドーパントの注入分布を評価するためのスキームを構築した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】決定論的ドーピング、
ドーパント規則配列、シリコン量子物性、
ダイヤモンド量子物性、
3次元アトムプローブ

【研究題目】ジョンソン雑音温度計のための集積型量子電圧雑音源

【研究代表者】山田 隆宏
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】山田 隆宏、浦野 千春、日高 睦夫、
前澤 正明、山澤 一彰、金子 晋久
(常勤職員6名)

【研究内容】

ジョンソン雑音温度計測法 (JNT) による熱力学温度測定の不確かさを低減し、科学・産業基盤である温度精密計測技術向上に寄与することを目的とする。測定の高精度化、低コスト化、利便性向上のため、JNT装置の主構成要素である量子電圧雑音源 (QVNS) を制御機能とともに超伝導集積回路技術により1チップに集積することを提案する。本研究では、この集積型 QVNS をベースにしたプロトタイプ JNT 装置を開発し、2つの温度定点 (水の三重点、ガリウム融点) における熱力学温度を不確かさ10ppm以下で測定することを目指す。

集積型 QVNS 回路は、超伝導特有の磁束量子化現象を利用した究極的な高精度性とクロック周波数10GHz以上の高速性を併せ持つデジタル・アナログ混載回路である。その性能を最大限発揮するための高度な回路技術が必要である。

平成25年度は、集積型 QVNS の3要素回路である、擬似乱数発生器、可変長パルス数増倍器、電圧増倍器の開発を行った。本研究では、安価な回路設計用 CAD ソフトを導入し、既存の超伝導回路用ライブラリと設計ツールを本 CAD 上に移植し、超伝導回路向けの安価な統合設計環境を構築した。さらに、集積型 QVNS の要素回路設計を行った。世界最高レベルの信頼性をもつニオブ超伝導回路の作製実績豊富な、産総研の設備 (CRAVITY) と技術により回路を作製した。要素回路チップを液体ヘリウムに浸して冷却し、回路動作評価を行った。一部不安定な箇所は見られたものの、集積型 QVNS の要素回路の基本動作試験に成功した。また、精密温度測定に向けた測定系の基本設計、低雑音増幅器等の部品調達についても行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ジョンソン雑音温度計、熱力学温度、量子電圧雑音源、ジョセフソン効果、超伝

導集積回路

【研究題目】次世代高移動度チャネル材料向け全窒化膜ゲートスタック技術の研究

【研究代表者】前田 辰郎
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前田 辰郎、安田 哲二
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、次世代チャネル材料として有望視されている Ge の MOS 構造作成技術において、金属性と絶縁性を兼ね備えた HfN_x という窒化膜に着目し、“金属性 HfN / 絶縁性 $\text{HfN}_x/\text{Ge-MIS}$ 構造”というシンプルなゲートスタック構造の可能性とその電気的なポテンシャルを検証することである。このゲートスタック構造は、酸化雰囲気を嫌う高移動度チャネル材料に非酸化環境を提供するとともに、化学組成の観点からも最もシンプルなゲートスタック構造であるという特徴を有する。今年度はデバイス化プロセスの開発と、その評価を重点的に行った。その結果、単一金属 Hf ターゲットを用いた反応性 DC マグネトロンスパッタリング法にて、 Ar/N_2 流量比のみの変化で、金属性 HfN (抵抗率 $349\mu\Omega \cdot \text{cm}$) / 絶縁性 HfN_x ($E_g=2.9\text{eV}$) / Ge-MIS 構造を作製できることが明らかになった。さらに、絶縁性 HfN_x は、比誘電率が20以上の High-k 材料であり、Ge と良好な界面 (界面準位密度 $D_{it}=\text{mid} \times 10^{12}\text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$) を形成することが判明し、目的とした構造が実現できることがわかった。また、製作した Ge-MIS 構造は、酸素の混入が無く、 500°C まで熱的に安定であることから、窒素組成比の制御のみで、シンプルに、耐熱性の高い全窒化膜 Ge-MIS 構造を作製できることがわかった。得られた成果は、応用物理学会等で速やかに外部発表を行い、高移動度チャネル材料向けの新しいコンセプトのゲート構造ということで注目を浴びている。当初計画よりも素子作製において大きく進展があり、素子の電気的特性の評価の重要性が増している。電気的評価の高速性を高めるためのスイッチマトリクス装置を導入することで、研究の加速させている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】半導体、ゲート絶縁膜、ゲート金属、窒化薄膜、スパッタリング

【研究題目】イオンビームによる細胞へのドーピングと細胞機能修復

【研究代表者】品田 賢宏
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】品田 賢宏、朝日 透
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、申請代表者らが半導体物性制御用に世界

に先駆けて開発した単一イオン注入技術（イオンを1個ずつ数10nmの精度で注入可能）を応用して、ドーパント原子を生きた細胞に注入し、細胞機能修飾を試す。具体的には、慢性関節リウマチ治療に効果が知られているAu、抗がん剤シスプラチンに含まれるPtヒントを得て、細胞へのドーピングを実施、生きた細胞に対する注入効果の検証に着手した。細胞機能修飾を通じて生命現象を解明し、半導体用に開発されたイオン注入法の細胞生物学分野への新展開を図り、創薬分野に資することを研究目的とした。具体的には、3つの研究項目：①生きた細胞へのドーピング効果の検証、②細胞レベルでの治療に有用な元素の探索、③ナノ毒性学（Nanotoxicology）への展開に取り組んだ。

研究項目②「細胞レベルでの治療に有用な元素の探索」

生きたがん細胞（HeLa）を凍結させた状態でAuイオンを注入し、アデノシン三リン酸（ATP）量の測定を通じて、ドーピング効果を検証した。その結果、未注入の細胞と比べて約50%ATP量が増加することを確認した。また、Geの細胞への有用性を見出し、Geイオン注入実験に着手した。

研究項目③「ナノ毒性学（Nanotoxicology）への展開」

本研究手法は定量性に強みを有する。通常、元素種に依らず細胞への過剰暴露はアポトーシスをもたらすことが常識となっている中で、特に微量元素の導入が可能で有り、生きた細胞へのドーピング効果の確認を得て、創薬だけでなく、半導体製造で多用されるAsドーパントの細胞への影響検証など毒性学に資するツールを提供できることを実証した。国際半導体テクノロジーロードマップ（ITRS）が章を設置して関心を寄せる環境・安全・健康（ESH）に対して、本研究手法の有用性を確認した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞機能修飾、ドーピング、イオン注入

【研究題目】原子層シリサイド半導体を用いたドーピング制御

【研究代表者】内田 紀行

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】内田 紀行、岡田 直也

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

目標：

本研究課題では、Si表面上で遷移金属内包Siクラスター（MSi_n）を単位構造とする原子層シリサイド半導体を形成し、MSi_nの性質を利用することで、原子レベルの急峻性で10²¹-10²² cm⁻³の超高キャリア密度を実現し、フェルミレベルコントロール可能な原子層シリサイドとSiとの界面準位を持たない接合形成、電界や電荷

注入による原子層シリサイドのバンドギャップ制御を実証することで、Siナノエレクトロニクスの革新的な要素技術の開発を目指す。

研究計画・年度進捗状況：

今年度は、極薄SOI（silicon on insulator）基板の上にWSi_n層をヘテロエピタキシャルし、WSi_n層の2次元的なキャリア輸送特性を評価した。WSi_n（n=~10）を低ドーパ型p型の厚さ12nmのSOI基板（9 Ωcm）上に堆積して、400-500℃で熱処理によりWsin（n~10）を単位構造とする厚さ1nm程度のヘテロエピタキシャル層が作製できたことを走査型透過電子顕微鏡観察で確認した。SOI基板を用いるために、フッ化水素溶液処理による清浄化を行い、表面平坦化プロセス温度も低温化し、デバイス作製プロセスに実装できるWSi_n/Siヘテロ接合の形成手法を確立した。Hall測定の結果、WSi_n層が、8.3-8.8cm²/Vsecの移動度を持ち、6.5-8.1×10¹⁹cm⁻³の電子密度を持つn型半導体であることが判った。これは、これまでにWSi_n/Siの接合特性の解析から得られた、WSi_n層が、1.7×10¹⁹cm⁻³以上の電子密度を持つ原子層シリサイド半導体材料であるという描像と一致した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】遷移金属内包Siクラスター、原子層シリサイド半導体、ヘテロエピタキシャル成長

【研究題目】固体ゲート絶縁体を利用した電界効果による強相関酸化物の電子相制御

【研究代表者】浅沼 周太郎

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】浅沼 周太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、強相関酸化物の一種であるモット絶縁体が示す金属-絶縁体（MI）転移を電界により制御することで素子を通る電流を制御するモットトランジスタの研究が進んでいる。モットトランジスタは、金属に匹敵する大量の電子が関与する電子相転移を利用することから、素子サイズを半導体素子の微細化限界以下に微細化しても動作することが予想されている。また、理論的には、スレッシュホールド係数（S値）が低く、僅かな電荷ドーパで相転移を誘起出来ると考えられている。

本研究では、強相関酸化物であるNi系ペロブスカイト酸化物（Nd, Sm）NiO₃をチャンネルに、high-k材料であるLa₂O₃やHfO₂をゲート絶縁体に用いた電界効果トランジスタ（FET）を作成し、室温近傍で電子相制御を実現することを目的とした実験を行っている。

今年度はHfO₂を原子層堆積法（ALD法）を用いて製膜すると同時に、チャンネルの膜厚及び形状、ゲート絶縁層の膜厚及び形状、及びゲート電極の形状を変化させ、そのときの素子特性の変化を測定する実験を行っ

た。測定の結果は、 HfO_2 層の静電容量は最大で $2\mu\text{F}/\text{cm}^2$ (@1Hz) 程度、電圧耐性は最大で $6\text{MV}/\text{cm}$ 程度であり、昨年度以前に作成した特性とほとんど変わらない値であった。FET のドレイン電流のゲート電圧依存性に関しても昨年度以前の実験結果とほとんど変わらなかった。これらの結果はチャンネル、ゲート絶縁層、電極の膜厚及び形状を変化させても素子の特性が向上しなかったことを示しており、電子相制御を実現するには、ゲート絶縁層である HfO_2 層そのものの特性を向上させる必要があることを示唆している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 強相関酸化物、モットランジスタ、金属絶縁体相転移、電子相制御、薄膜

【研究題目】 液中レーザー溶融法における間接発生プラズマのゆらぎ変調の試み

【研究代表者】 石川 善恵 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 石川 善恵 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、我々が独自に開発中の「液中レーザー溶融法」における「間接発生プラズマ」の時間的・空間的ゆらぎをレーザー照射条件で変調し、粒子生成プロセスの制御を試みることを目的とした。間接発生プラズマは液中に分散させた原料ナノ粒子にナノ秒パルスレーザー光を照射することで原料ナノ粒子のみを選択的に加熱溶融し、その熱が液相中に拡散する際に界面において引き起こされる液相分子の急速加熱による熱分解によって発生すると考えられる。そこで本研究ではこの目的を達成するために分光学的手法を用い、種々のレーザー照射条件における過渡的変化の検証を試みた。当初の計画では発生するプラズマの分光的な解析を行う予定であったが測定が困難であったため、レーザー照射により黒体放射と考えられる発光の分光測定を行い、レーザー照射による反応空間の温度とレーザーフルエンスの関係について調べた。ナノ秒パルスレーザー光を照射した際の照射方向に対して垂直方向の分散液からの発光を、照射パルスからゲート遅延 200ns 、ゲート幅 300ns の条件で分光器を付属した ICCD カメラにて測定し、得られたスペクトルをプランク式に近似することで粒子および反応空間の温度を評価した。見積もられた温度はレーザーフルエンスの増加に従い上昇し、照射後に溶融によると考えられる球状化が確認できたレーザー条件化ではホウ素の融点である約 2350K を超えると評価された。これらの検証より、本プロセスでは比較的弱いエネルギー密度のパルス照射によっても原料粒子の溶融が起こっていることが初めて実験的に示唆された。他に液中レーザー溶融法において凝集状態が生成粒子サイズに及ぼす影響とその制御方法として電解質を分散液に添加する方法を提案した。また、混合原料粒子の分散液へのレーザー照射により複合化合物の合成を試みた。酸化チタンと炭酸マグネ

シウム混合粒子に対して波長 355nm のナノ秒レーザーを照射したところ、酸化チタンの溶融液滴と炭酸マグネシウム固相粒子との界面での反応により MgTi_2O_5 の生成が生成することを確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 サブミクロン粒子、液中レーザー溶融法

【研究題目】 低環境負荷化学プロセスのための金属-有機ナノチューブハイブリッド触媒の創製と応用

【研究代表者】 青柳 将 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 青柳 将、小木曾 真樹 (常勤職員2名)

【研究内容】

反応をより温和な条件で効率よく進行させる触媒反応は低環境負荷な有機反応プロセスの実現に向けて、欠くことのできない手段の一つである。特に不均一系触媒は反応後の分離の容易さから極めて有用である。金属イオンには酸化反応に対して触媒能を示すものがあることから、アミノ酸と脂肪酸から合成されるペプチド脂質 (L) と金属イオン (M) から自己集合する金属錯体タイプ有機ナノチューブ (M-ONT) は不均一系酸化触媒への応用が期待できる。ペプチド脂質とコバルトイオンから形成する Co-ONT がスチレンの水中、過酸化水素によるベンズアルデヒドへの酸化反応において高い触媒活性を示すことを見出した。反応はスチレンと過酸化水素水、この Co-ONT 触媒を 40°C で混合攪拌するだけで進行する。また同条件において、ベンジルアルコール、1級、2級アルキルアルコール、 α 、 β -不飽和アルコール、フェノール誘導体、アルキルベンゼンといった基質の、対応するアルデヒド、ケトン、キノンへの酸化反応を触媒することを見出した。さらにスチレンの酸化反応において室温でも触媒活性を示すことを明らかにした。すなわち、Co-ONT 触媒が有機溶媒を必要としない、穏やかな条件で種々の有機物を酸化する触媒であることを示した。

Co-ONT を構成するペプチド脂質とコバルトイオンは理論上2:1のモル比で錯形成しうるが、Co-ONT の組成を分析したところ、2:0.17とコバルトイオンが理論値よりはるかに少量であった。また透過型電子顕微鏡観察から、Co-ONT は4~5層二分子膜構造であることが確認された。従って少量の Co イオンが高い活性で反応を触媒していると推測される。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 自己集合、ナノチューブ、配位錯体、金属、不均一系触媒、酸化反応

【研究題目】 有機ナノチューブの基礎特性評価と高機能化

【研究代表者】 小木曾 真樹 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 小木曾 真樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、グリシルグリシンを結合したペプチド脂質が形成する多様な自己組織化体の中でも特に有機ナノチューブに注目し、形成機構の解明や基礎物性の評価などの基礎研究と、高機能化や複合材料化などの応用研究を同時に推進する相乗効果により、「自己組織化ナノ材料の学術領域の発展」と、「有機ナノチューブの高機能化による世界で初めての実用化」の両面で高い成果を得ることを目的とするものである。

平成25年度は、基礎研究の項目としては、大学との共同研究を引き続き行う中で、有機ナノチューブやその他の自己組織化ナノ構造体の弾性率を評価し、自己組織化の形態、水素結合様式、配位した金属種などで弾性率が変化することを明らかにした。また、重金属等へ結合力を高めた新たな脂質分子を設計し、数種類の新規有機ナノチューブを開発することに成功した。応用研究の項目としては、主に高機能化有機ナノチューブの大量合成、他の有機・無機材料との複合化の検討を進めた。有機ナノチューブへの磁性ナノ粒子吸着やニッケルメッキを行う簡易な製法を開発することで、磁性や導電性をもつ有機ナノチューブを大量合成することに成功した。また、ゲル化、シリカハイブリッド化などの複合材料化にも成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機ナノチューブ、自己組織化、複合材料

【研究題目】 空間的拘束下でフラストレートした液晶の秩序形成とダイナミクス

【研究代表者】 福田 順一（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 福田 順一（常勤職員1名）

【研究内容】

平行平板間の薄い空間に閉じ込められたキラル液晶について、実際の実験に近い表面配向条件（アンカリング）のもとでどのような秩序構造を形成するかを連続体理論に基づく数値計算によって遣唐使、これまで検討を行った別種のアンカリングのもとで生じる構造のみならず、バルクのコレステリックブルー相の構造に比較的類似した別の構造が、適切な温度や平行平板間距離のもとで生じることを見いだした。またそれらの秩序構造の光学的性質（より具体的には、光がどのように反射されるか）を平面波展開を用いた数値計算によって調べ、実験によって得られた性質をよく再現できることがわかった。

また、コレステリックブルー相を示す液晶からなる平行平板セルの電場応答のダイナミクスについても検討を行った。液晶という非一様非等方な媒質中の静電ポテンシャルに関するポアソン方程式を効率よく解くスキームを開発し、櫛場電極が生成する面内方向かつ非一様性の強い電場下におけるコレステリックブルー相液晶の振

る舞いを数値的に調べ、電場のセル厚方向の非一様性に起因した応答の強い空間依存性を明らかにした。

その他の問題として、サイン波状の溝中に液晶を閉じ込めた際に生じるジグザグ状の線欠陥が、キラリティを有する物質の溶け込みによってどのように構造を変化させるかを簡単なモデルに基づいて調べ、実験的に見いだされたジグザグの非対称な振る舞いを良く再現することを見いだした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、キラリティ、連続体シミュレーション、欠陥、コレステリックブルー相、電場応答、溝

【研究題目】 潰瘍性大腸炎治療を指向したカーボンナノチューブによる経口投与薬物送達

【研究代表者】 中村 真紀（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 中村 真紀、湯田坂 雅子（常勤職員1名、契約職員1名）

【研究内容】

本研究では、潰瘍性大腸炎の治療を目指して、カーボンナノホーン（CNH）による治療薬の経口投与薬物送達を行うことを目標とする。昨年度はまず、薬剤キャリアとして従来法で開孔した CNH を用い、動物実験による検討を行った。その結果、構造修飾などを施した新たな薬剤キャリアの開発が必要であると判断した。今年度は、それを受けて、過酸化水素を用いた CNH の構造修飾（CNH への酸化型官能基の導入）について、詳細な検討を行った。

レーザーアブレーション法により生成させた CNH 集合体には、ホーン型の CNH に加えて、層数の少ないグラファイト様シート（Graphite-Like Thin Sheet, GLS）が含まれる。この CNH 集合体を室温で一定時間（1時間～28日）過酸化水素に浸漬させた。その結果、カルボキシル基、カルボニル基、キノン基などの酸化型官能基が、GLS 端部、GLS 平面部、CNH 開孔縁部、CNH 壁などに生じた。また、酸化型官能基の種類や量は浸漬時間により変化した。特に1時間という短時間の浸漬では、GLS 端部が選択的にカルボキシル化することが判明した。今後、この酸化型官能基を反応部位として利用し、構造修飾を試みる予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ材料、ナノホーン、経口投与、潰瘍性大腸炎、薬物送達

【研究題目】 色素分子組織化ナノチューブの光捕集アンテナ機能を利用した光触媒システムの構築

【研究代表者】 亀田 直弘（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 亀田 直弘（常勤職員1名）

【研究内容】

天然の光合成においては、約200個のクロロフィル分子により吸収・捕集した太陽エネルギーが、100%に達する量子効率のエネルギー移動を通じて1個の反応中心に集められる。 π 電子系芳香族分子をナノ構造体へと自己組織化させ、人工光合成システムを構築する取り組みが盛んに行われている。一方、研究代表者らは的確なデザインを施した合成脂質分子が液相中で自己組織化し、チューブ状ナノ構造体（ナノチューブ）を形成することを見出している。本研究では、色素部位を連結した脂質分子から色素分子組織化ナノチューブを構築し、その光捕集アンテナ機能を利用した光触媒システムの構築を目指した。

合成糖脂質分子と芳香族ボロン酸の脱水縮合反応より得られるボロン酸エステル糖脂質分子、及び芳香族ボロン酸自身の脱水縮合反応により得られるボロキシンからナノチューブを形成させることに成功した。ナノチューブのナノチャンネルに CO_2 を還元可能な光触媒として Re 錯体をカプセル化したところ、ナノチューブ膜壁内に高密度に集積・配向した色素部位の励起エネルギーが Re 錯体に移動した。エネルギー移動の効率はほぼ100%に達した。カプセル化した Re 錯体を直接励起した場合と比較し、エネルギー移動を利用してカプセル化した Re 錯体を間接励起した方が数倍高い触媒活性を示した。また、この光触媒活性は、Re 錯体単独の均一溶液系と比較しても高かった。ナノチューブのナノチャンネル内で Re 錯体の光触媒活性を増強させることに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 自己組織化、有機ナノチューブ、光捕集アンテナ、光触媒

【研究題目】 社会的インプリケーティングによる生物規範工学体系化

【研究代表者】 石田 秀輝（東北大学）

【研究担当者】 阿多 誠文、関谷 瑞木、安 順花
（ナノシステム研究部門）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

① 社会との双方向コミュニケーションに基づくバイオミメティクスのテクノロジーガバナンス

今日科学技術と社会のインターフェイスで起きている様々な問題は、市民が科学技術を理解していないことよりも、科学技術の研究開発に携わる者が社会を理解していないことから起きている場合が多い。新興の学際的科学技術の研究開発には、社会との双方向コミュニケーションに基づくテクノロジーガバナンスが不可欠であり、その実践のツールとしてバイオミメティクスの研究開発と社会受容の促進に活用してきたのが PEN である。PEN の一次配信先は1450に達した。30の民間企業団体、学協会、内閣府をはじめとする政府関係各省庁、公的研究機関や大学、企業、メディア、

企業、個人等へ毎月電子版で配信される。バイオミメティクスの国際標準化の国内審議団体であるバイオミメティクス研究会が置かれている高分子学会からは、2万人の会員に2次配信されるようになり、バイオミメティクスの研究開発動向や国際標準化の動向も広く共有できる体制が整ってきた。またバイオミメティクスに関する国際標準化のニューズレターも、PEN 編集室で原案の作成を行っている。

② バイオミメティクス国際標準化活動

ISO/TC266 Biomimetics の WG3 Biomimetic Structural Optimization のエキスパートとして、またバイオミメティクスの国際標準化国内審議委員会の主査として、日本のバイオミメティクスに関する研究開発とその産業化にとって重要な戦略課題である国際標準化に取り組んできた。

③ バイオミメティクスに対する意識調査

バイオミメティクスの社会インプリケーションの取り組みの一環として、バイオミメティクスに対する理解の程度を把握するため、20歳～69歳の男女1000人を対象としてインターネットでアンケート調査を実施した。バイオミメティクスのようなエマージングな研究開発分野においては、社会に対するアカウンタビリティに留まらず、さらに積極的にアウトリーチ活動を展開していくことが極めて重要であることを、これらの結果は端的に示している。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 バイオミメティクス、国際標準化 ISO/TC266 Biomimetics、JISC 国内審議会、テクノロジーガバナンス

【研究題目】 キラルブレステッド酸触媒による制御システムの理論的検討

【研究代表者】 内丸 忠文（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 内丸 忠文、都築 誠二
（常勤職員2名）

【研究内容】

プロリンの誘導体である有機分子触媒ジアリールプロリノールシリルエーテルは、多くの有用な有機反応に対して優れた不斉触媒となることが報告されている。また、同触媒を用いる不斉触媒反応は、医薬品や医薬品候補化合物の合成においても鍵反応として巧みに利用されている。しかしながら、同触媒の反応における位置選択性や立体選択性、あるいは不斉識別のメカニズムに対する理解は必ずしも充分ではない。そこで、実験的手法による解析と並行して、計算化学的手法による解析を行うことによって不斉触媒反応における制御機構を明らかにすることを試みる。すなわち、ジアリールプロリノールシリルエーテルの不斉触媒反応システムの制御因子を分子レベルで理解し、触媒の性能向上や目的に即した触媒の創製に向けた設計指針を導き出すことを目指している。

25年度には、ジアリールプロリノールシリルエーテルの不斉触媒反応の反応中間体について、計算化学的手法による詳細な構造解析を行った。この解析結果に基づいて、プロリノール系シリルエーテル触媒の不斉反応における反応中間体の構造や、その動的挙動を的確に予測するための方法論を確立した。さらに、ジアリールプロリノールシリルエーテルの触媒性能の向上や、同触媒を用いる新たな不斉反応の創製に向けた触媒の分子設計指針を導き出すことができた。また、触媒反応の選択性には弱い分子間相互作用も影響あたえることがあるが、弱い分子間相互作用を密度汎関数法で計算する際の精度はよく分かっていない。そこで、基底関数系や汎関数の選択が密度汎関数法で計算した π/π 、 CH/π 相互作用の計算に与える影響について詳しい解析を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機分子触媒、計算化学、不斉触媒、不斉反応

【研究題目】 高移動度を示す有機トランジスター中のキャリアの電子状態とダイナミクス

【研究代表者】 下位 幸弘 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 黒田 新一 (名古屋大学)、田中 久暁 (名古屋大学)、下位 幸弘 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

有機電界効果トランジスタ (FET) のデバイス界面に注入された電荷キャリアを電子スピン共鳴 (ESR) 法によりその場観測することで、キャリアの電子状態やダイナミクスをマイクロに解明する。高移動度を示すチエノチオフェン系など多様な低分子系および高分子系有機半導体を用いた FET を系統的に測定することにより、分子構造に依存したキャリアの波動関数やダイナミクスとその温度依存性、界面近傍の分子配向を決定し、有機 FET 界面における伝導機構の解明を行う。さらに、イオン液体などによる高濃度のキャリア注入を実現し、キャリア相互作用によるスピン転移や金属転移などを探索する。実験と理論の協力により研究を進めることで、高性能有機 FET の設計指針を得るとともに、有機 FET 界面における新規な物性の開拓を目指す。

本課題の産総研担当部分の研究として、平成25年度に以下の研究をおこなった。(1)密度汎関数法を用いて有機半導体の g 値を理論的に計算し、本課題の実験グループで得られた ESR 実験との比較を行った。具体的には、高分子 F8BT や低分子 C_{10} -DNTT について、モデル化して計算を行った。(2)新たに開発された有機結晶構造の理論的予測法を用い、有機半導体等の結晶構造予測を行った。ペンタセンなどについて、化学構造式から実測の結晶構造を予測することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機半導体、電子スピン共鳴、有機電界

効果トランジスタ、結晶構造予測、密度汎関数法

【研究題目】 構造化ゲルと化学反応場の協働による運動創発

【研究代表者】 有村 隆志 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 有村 隆志、向井 理 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

計画班として参画し、発足から2年目となる新学術領域研究「分子ロボティクス」は、個別の材料やデバイスを「いかにシステムとして組み上げるか」に重点を置いて、人工的な分子システムを構築する方法論の創成を目指す新しい学術領域である。サーカディアンリズムを有する生体は、外部から受け取るエネルギーと生体内で散逸するエネルギーが一定の均衡を保つことで、細胞レベルから一個体に至るすべての階層において、自律神経、膜電位、心臓拍動等の自律的機能を有するアクティブゲルである。生体系で発現されている複雑かつ精密に組み立てられた時空間機能を、人工的に組み上げることができれば、生体を模倣したアクチュエータや自律歩行するゲルロボットや自律駆動ポンプなどの実現が期待できる。スライム班においては、分子ロボットの「スケールの拡大」を目的として、ゲル反応場で構成されるスライム型分子ロボットを開発することを目的としている。今年度は、架橋剤を含む高分子ニップムゲルの反応場を、鉄錯体フェロインを触媒とするペロウソフジャボチンスキ反応を用いて膨潤収縮の自律運動させることに初めて成功した。振動周期は7分で、継続時間は6時間であった。また、分子反応場環境中の濃度勾配をセンシング可能な分子システム、および自律運動の可能なアクティブゲルの設計・合成を試みた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 分子ロボティクス、アクティブゲル、レオロジー制御、ペロウソフジャボチンスキ反応、概日リズム

【研究題目】 コロイド結晶の応力変形

【研究代表者】 森田 裕史 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 森田 裕史 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年コロイド等の粒子材料についての研究が、機能材料の観点から盛んに行われている。一方で、コロイドの利用のため、コロイドが凝集した結晶についての応用研究の模索も始まっている。コロイドやコロイド結晶の材料を用いようとした場合、それ自体の変形等によってその機能等に影響を及ぼすことも考えられるが、このコロイドの変形について扱った研究は従来ほとんどなかった。そこで、本研究では、実験と理論(数値)解析を組み合わせることで、その粒子の変形について解析を行い、変

形のメカニズムについて、研究を行っている。

昨年度は、実験より、(a) Micro-bricks 型、(b) Micro-dobbers 型、(c) Micro-runner beans 型の3つの変形構造が観測され、それらの構造について理論解析を行い、伸張方向と水平な長さについて、一部が解析できていないことを報告した。本年度は、変形構造の理論解析について再度見直した。理論解析について、コロイド結晶を最密充填の六方格子状に粒子が並んだ構造を仮定するところまでは同じだが、そこからコロイドどおしの接着を考え、一部の部分が変形しないことを仮定して、再度解析を行った。結果として、接着して変形しない部分と変形できる部分という効果を含めた解析により、一部を除き実験の結果を理論的に再現できるようになった。このことから、このようなコロイド結晶の変形には、一部の接触部の効果が重要であることが示された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 コロイド結晶、アフィン変形、界面

【研究題目】 生体膜における不均一構造のダイナミクス

【研究代表者】 関 和彦 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 関 和彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

生体膜は数十種類の脂質で構成されており、多数のステロールなども含まれ、これらが生体膜内で不均一に分布している。特定の脂質が集まったドメインが形成され、シグナル伝達などの役割を果たしていると考えられている。脂質膜は一般に脂質の疎水性の炭素鎖を向かい合わせた2重膜構造を取っている。ドメインは、2重膜のどちらかの膜にのみ存在する場合と、両方の膜で結合して存在する場合がある。本研究では、生体膜の2重膜構造に注目し、二重膜の結合や周囲の溶媒も含めた流体力学的効果を考慮してドメインの拡散運動を理論的に研究した。どちらか一方の膜のドメインの拡散係数に及ぼす、2重膜の結合の効果を理論的に求め、実験およびシミュレーションで得られている結果と比較検討した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 自己組織化、脂質二重膜、不均一構造

【研究題目】 生物多様性を規範とする革新的材料技術

【研究代表者】 下村 政嗣 (東北大学)

【研究担当者】 大園 拓哉 (ナノシステム研究部門)
(常勤職員1名、他10名)

【研究内容】

本新学術領域研究の目標は、生物学・工学・環境科学の異分野連携によって、「生物多様性」に学び「人間の叡智」を組み合わせた新しい学術領域としての「生物規範工学」を体系化し、技術革新と新産業育成のプラットフォームとなる「バイオミメティクス・データベース」を構築するとともに、生物学と工学に通じた人材を育成

することを目的としている。本領域は、7つの計画班と総括班から構成され、総括班には、計画班メンバーからなる実施グループ、評価グループ、産学連携グループ、ならびに事務局を置き、以下等の実施を開始した。

(1) 各計画班内ならびに班間における異分野融合を効果的に推進するために、主として若手の連携研究者・大学院生を対象にした連携研究課題の募集と支援を行う。

(2) 「バイオミメティクス・データベース」作成の進捗を勘案しつつ、ポータルサイトの運用計画を立てる。

(3) 「生物と工学の融合」を主題とする講習会を開催する。

(4) バイオミメティクス国際標準化の国内審議・認証機関である高分子学会や関連の学協会との密な連携のもと、海外における実用化、産業化など研究開発動向を収集分析する。

(5) 領域国際会議、分科会および全体会議を開催する。

(6) 本領域の研究成果や国内外の研究動向を発信するホームページを設置する。

(7) 博物館が有する生物資源を効率的にデータベース化するため、博物館ネットワーク形成の検討を始める。

(8) 博物館機能を利用して、市民講座や定期刊行物等による市民向け情報発信を図り、我が国の科学・技術を文化として育むことに資するとともに、次世代人材育成に寄与する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 バイオミメティクス、データベース、生物規範工学、自己組織化

【研究題目】 生物毒素に対する分子認識素子の創製と効果的な除染法の開発

【研究代表者】 瀬戸 康雄 (科学警察研究所)

【研究担当者】 鵜沢 浩隆 (ナノシステム研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

本プロジェクトでは、糖誘導体をシリカモノリス担体に導入した生物毒素吸着材を開発する。本年度は、リン吸着に適した糖認識素子を選定するために、モデルに毒素擬剤を用い、セラミド型合成糖鎖とのアフィニティー解析を行った。まず、ラクトース、N-アセチルガラクトサミンなど数種類のセラミド糖誘導体をセンサ基板表面の金薄膜に SAM 法により固定化した。次に、擬剤を用い、各糖誘導体に対するアフィニティー定数 (K_a) を SPR により求めた。その結果、これらの糖誘導体のうち、ラクトースに対する K_a が最も大きく、その値は 10^{10}M^{-1} のオーダーに達した。従って、ラクトースをシリカモノリス担体に導入すれば、標的毒素を効率よく吸着・除去可能であると期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 テロ対策、分子認識、認識素子、機器分析、生物毒素

【研究題目】 第一原理分子動力学法による構造サンプリングと非平衡ダイナミクス

〔研究代表者〕 大谷 実 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 大谷 実、Nicephore Bonnet
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

密度汎関数理論に基づく第一原理分子動力学法を用いて、原子間相互作用の非調和性が本質的に重要となる大きな原子変位を伴う物理現象の予測と、非平衡ダイナミクスの解明を目指す。具体的には、分子/電極界面での電子移動による再配置エネルギーと電子移動度、固液相変化とナノスケールでの相関や揺らぎ、固液界面の電気化学反応をターゲットとする。本年度は分子/電極界面のモデリングを向上するため、有効遮蔽媒質 (ESM) 法の拡張を行った。

ESM 法では、電極1-溶液-真空-電極2という構造を用いて電極1, 2間に電位差を印加する。従来の ESM 法では溶液-電極2の間に一定の真空領域が必要であり、電圧を印加した場合にその真空領域で電圧降下が起き、実際にシミュレーションが行いたい構造 (電極1-溶液-電極2) における電極間電位の決定が難しかった。そこで、方程式の解法を工夫して真空領域を除く拡張を行った。これにより、より現実的な電池モデルの構築が行え実験環境に近い状況でのシミュレーションが可能になった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 グラファイト薄膜、グラフェン、密度汎関数法

〔研究題目〕 第一原理有効模型と相関科学のフロンティア

〔研究代表者〕 三宅 隆 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 三宅 隆、石橋 章司、平山 元昭
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

密度汎関数法と強相関模型解法を融合した手法を進展させ、強相関物性解明に必要な方法論の確立と応用を目指す。強相関物質の金属絶縁体転移や競合するゆらぎを第一原理的な手法で非経験的に理解した上で光電子分光、光学スペクトルなどの励起構造に現れる強相関効果を解明し、実験結果との比較検証を進める。とりわけ誘電応答、交差相関に関する第一原理からの知見を得て、スピン軌道相互作用と電子相関効果の競合と絡み合いが生む物理を解明する。H25年度は制限 RPA による第一原理有効模型の導出において、自己エネルギーを差し引いたバンド構造から出発する改良法を開発した。この方法では密度汎関数法の交換相関項が GW 近似の自己エネルギーで置き換えられ、その低エネルギー成分が差し引かれる。鉄系超伝導体 FeSe と FeTe へ適用した結果、自己エネルギーの波数依存性が有効模型のバンド構造と軌道エネルギーに大きく影響することがわかった。また FeSe における反強磁性の不安定性と関連物質 FeTe の

反強磁性の安定性を説明した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 計算科学、電子相関

〔研究題目〕 単分子素子の機構解明を先導する機能性 π 電子系の創製

〔研究代表者〕 中村 恒夫 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 中村 恒夫 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

単分子による、p 型あるいは n 型特性をもつと推定される多様な分子材料を合成し、その金属電極架橋構造を実測により確認するとともに、その伝導特性をシミュレーションで調べることで、用途に応じた、機能性 π 電子系の設計を行うことが目的である。我々は、シミュレーション及び理論解析を担当し、合成された分子物性と接合系の伝導特性を評価する。本研究では、我々が開発した電気伝導計算プログラム HiRUNE を用いて、チオフェン系の多脚アンカーを持つ π 共役分子の伝導計算を行い、その伝導特性が p 型であることを示すと同時に、チオフェンの S 原子置換によるアンカーと共役分子の留め金と、力学的安定性、伝導物性変化を議論した。一連の結果は合成担当の研究グループにフィードバックされ議論しているところである。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 第一原理シミュレーション、有機エレクトロニクス材料

〔研究題目〕 知能分子ロボット実現に向けた化学反応回路の設計と構築

〔研究代表者〕 小林 聡 (電気通信大学)

〔研究担当者〕 原 雄介 (ナノシステム研究部門)
(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題では、分子デバイス群を統合して動作させる分子ロボットの知能中枢を担う、核酸をベースとした化学反応回路の構築を通じて、知的な動作が可能な分子ロボットを設計・構築する方法論の確立に取り組んでいる。本研究では、核酸をベースとした化学反応回路を内包した高分子ゲルの開発を目指して、新規ゲルアクチュエータの合成検討を行った。また分子ロボットの駆動変位を制御するため、ゲルアクチュエータの設計に関して理論およびシミュレーション手法を用いた研究を、他班と連携して行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 高分子ゲル、アクチュエータ、核酸、分子ロボット

〔研究題目〕 ナノ構造形成・新機能発現における電子論ダイナミクス

〔研究代表者〕 土田 英二 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 土田 英二（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は新学術領域研究「コンピュータによる物質デザイン」の一環として行っているもので、物性科学とハイパフォーマンスコンピューティング分野の密な協力を進め、京コンピュータやその後継機のような大規模な計算機環境を活用することで前例のない規模の第一原理シミュレーションを行うことを目標としている。最近は以下のような項目について研究を進めている。

- (1) リチウムやマグネシウムを電荷のキャリアとする電解質系は高性能次世代電池の開発において重要な役割を果たすと期待されている。昨年度より運用を開始した「京コンピュータ」を活用して、このような系の大規模な第一原理分子動力学計算を行った。具体的には、 LiBH_4 、 $\text{Li}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Mg}(\text{BH}_4)_2$ 等の固体及び液体系について計算を進めた。特に多価イオンであるマグネシウム系の場合には伝導が起きにくいいため、陰イオン (BH_4^-) を AlH_4^- で置換する等の操作を加えることで伝導を促進することを目指した。
- (2) 現在、計算機システムの性能評価法としては LINPACK が良く知られているが、これは巨大な行列演算であり、どのアーキテクチャでも比較的性能が出易い。一方、実際のアプリケーションではより複雑かつ小規模な演算における性能が重要であるため、LINPACK で評価した結果とはしばしば解離することがあり、不都合である。このような観点から、最新アーキテクチャを持つシステム（京コンピュータ、インテル系 CPU/GPU 等）において、より現実的な条件の下で性能評価を行った。測定した中で単位コア当たりの性能が最速のチップは Haswell であった。ノード単位で見た場合には、インテルのアクセラレータ (Xeon Phi) が限られた条件の下で高い性能を出せることを確認したが、Xeon E5サーバーの方が総合的に見て優れた性能を発揮することが分かった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 シミュレーション、京コンピュータ、第一原理計算

〔研究題目〕 量子多成分系分子理論システムの構築およびプロトニクス・ボジトロニクスへの展開

〔研究代表者〕 長嶋 雲兵（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 長嶋 雲兵（常勤職員1名）

〔研究内容〕

現在の量子化学理論は主に化学結合を支配する電子状態の理論に偏っているが、本プロジェクトでは、電子に加え、水素結合に重要な役割を果たすプロトンや医療応用がすでに始まっている陽電子、 μ オンなど量子多成分系を取り扱う事が可能な分子理論の開発と応用を行う。産総研グループは陽子に注目し、水素結合と H/D 同位

体置換による幾何学的同位体効果の解析を行うために、経路積分分子動力学 (PIMD) シミュレーション技術の開発と応用を行っている。

本年度は、昨年度実行した塩素負イオン水和クラスターに加えフッ素負イオン水和クラスターの構造にたいする、核の量子効果と H/D 同位体置換に関する幾何学的同位体効果を解析した。また温度依存性のみの効果を見るために、核の量子効果を含まない古典的分子動力学シミュレーション (CMD) もあわせて実行した。

核の量子効果を含む PIMD の構造分布は CMD のそれに比べ広く、またその平均構造は、重原子間の距離が短くなっている。この結果からは核の量子効果はポテンシャル面をより浅くするため構造分布の広がりを与え、平均構造の違いからイオン-水間のイオン性水素結合および、水-水間の水素結合両者を強める効果があることが判った。また H/D 同位体置換による幾何学的同位体効果は、H の場合に比べイオン-水間のイオン性水素結合および、水-水間の水素結合両者を弱める傾向があることが判った。これは、D の方が核の広がりが小さく、電子を核中心に多く引きつけるため、D の正電荷が H のそれに比べ小さくなるからである。また D 置換した場合、イオン-水間のイオン性水素結合の弱まり方のほうが大きいと、結果的に水-水間の水素結合が重要となる第二水和圏の形成が促進されることが観測された。また、フッ素のイオン-水間のイオン性水素結合に比べ塩素のそれは弱いため、塩素イオン水和クラスターの場合は先の D 置換の場合と同様、相対的に水-水間の水素結合が重要となる第二水和圏の形成が促進される。これは、塩素陰イオン水和物のように比較的通常の水同士の水素結合に近い、弱いイオン性水素結合を持つ水和物は、水の水素結合をより強固にするという実験的知見を支持する。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 水素結合、同位体効果、ボジトロン、 μ オン、核の量子効果

〔研究題目〕 水素結合型有機誘電物質における強誘電性光制御の理論

〔研究代表者〕 下位 幸弘（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 岩野 薫（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所）、下位 幸弘（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

いわゆる水素結合型強誘電体はその強誘電分極の大きさから圧電素子・光学素子として注目されているが、これまでの理論では水素の自由度に加え、せいぜいその他の構成原子の変位を考慮して強誘電性を議論するのみであった。本研究では、クロコン酸結晶などの有機分子結晶を具体的に想定して π 電子分極と水素自由度の密接な関わりを初めて理論的に明らかにすることを中心的なテ

ーマとする。特に、実験的に報告されている光励起後の高速な強誘電消失を、2次元水素結合ネットワークの上の光励起を契機とする集団的プロトン移動、あるいは、異種ドメイン成長と捉えた新概念を提案する。さらに、1次元およびその他の2次元水素結合型有機誘電物質において予想されるダイナミクスと比較することで、この概念の普遍性を検証するとともに幾何学的ネットワーク構造の違いから生じる差異について検討し、ひいては新たな光制御の可能性について考察する。

平成25年度には、観測されている光学伝導度スペクトルを理解するために、従来の1分子計算を拡張し、分子クラスターに対して局在基底および時間依存密度汎関数法に基づく計算を行った。1分子の場合よりも観測されたスペクトルにより近い結果が得られ、クラスター計算の有用性を確認した。その一方で、1分子の計算において得た励起状態特性は定性的には同じであることを確認し、これまでの予想通り、すなわち、電子遷移が引き金になり水素原子の再配置が起き得るという考えがやはり有望であることがあらためて分かった。また、静電場下での計算もおこなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 強誘電体、クロコン酸、水素結合

【研究題目】 分子アーキテクトニクス：単一分子の組織化と新機能創成

【研究代表者】 浅井 美博（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 浅井 美博（常勤職員1名）

【研究内容】

新学術領域研究「分子アーキテクトニクス：単一分子の組織化と新機能創成」の総括班活動を行った。新学術領域「分子アーキテクトニクス」では整流特性等を示す単一分子素子のネットワークを構築し、ナノエレクトロニクスに特徴的な電気特性のノイズやばらつき現象を理解し、それらに対してロバストなエレクトロニクスを実現する為の基礎学理を構築する事を目標として掲げている。その為、自然ノイズを利用した（パワー投入が不要な）確率共鳴や、シナプス模倣素子や脳型計算を実現する為の材料学理の構築などを行う。この目標に向かって、化学、物性物理、情報科学、電子工学等の異分野の専門家が結集しているのが本領域であり、異分野間の研究協力をはかる為の企画や異なる分野の専門家間の調整を行った。また本領域の関わる研究分野において振興活動を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 分子エレクトロニクス、ナノエレクトロニクス、ノイズ、ばらつき、シナプス模倣、脳型計算、確率共鳴

【研究題目】 乱流摩擦抵抗低減のためのポリマー溶出界面の研究開発

【研究代表者】 安藤 裕友（独立行政法人海上技術安全研究所）

【研究担当者】 増田 光俊、和田 百代
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

船舶運航における乱流摩擦抵抗の低減は、その省エネルギー化に貢献する。ポリマー等の添加による流体抵抗低減はトムズ効果として知られているが、船舶等の外部流れ場では実用化されていない。一方、船底塗料技術を応用してソフトマター層を固液界面近傍に形成させることで、摩擦抵抗低減の可能性が示されている。しかし実用化にはポリマー・塗料系の新規界面の構築やポリマー自体の性能向上が必要である。本研究では異分野連携により、界面の流れ場とポリマー分子状態を計測し、ポリマーの溶出、拡散、流体への作用を明らかにする。これらの結果を基に、ポリマーと乱流の相互作用としてのトムズ効果のメカニズムを解明し、適切な特性をもつポリマーとソフトマター界面構築の基礎を確立することを目的とする。

溶解過程における抵抗低減効果について、ポリマーサイズの変化との相関を検討するために、ポリマーに対して時間経過毎の抵抗低減効果と分子量および回転半径を計測した。その結果、ポリマー溶解初期過程では重合時に生じるポリマー鎖の絡み合い等に由来する会合物が存在し、これによって低減効果が増大していることが示唆された。一方、ポリマーを良く溶解した場合は、会合物が解離して同時に低減効果が減少した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 乱流、流体摩擦、抵抗低減、トムズ効果、ポリマー、溶出

【研究題目】 生物規範界面デザイン

【研究代表者】 大園 拓哉（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 大園 拓哉、黒川 孝幸、平井 悠司、小林 元康（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

生物の「動き」とその「制御」は、生物表面—環境の界面が持つ作用である。様々な環境に適応した多様な生物群を考えると、その環境下での生物の運動、物質交換、情報獲得のために進化した個性豊かな界面構造、その動き、制御機構が存在する。最近になってバイオミメティクスの観点からその一部の原理が調べられ、抽出された概念が工学へ応用されるようになってきた。そのなかで本研究では、変形能を有する界面凹凸形状と液体に濡れた（ウェット）界面に特に着目し、そのトライボロジー機能と構造・変形の関連を人工的な材料系を構成することで調査し、生物の事例にも学びながら、より一般的な学理を導き出す。さらにその結果を、社会ニーズの実現の観点から応用し、特にスイッチング可能なトライボロジー特性（吸脱着能、摩擦力の増減能）を有する界面を

開発することを目的とする。そのため生物の体表面などに見出されるウェットかつ可逆的に変形可能な微細構造を模倣した材料を創製し、それらの構造が摩擦や潤滑、接着など表面特性に与える影響を明らかにすることで、表面・界面の機能を自在に制御（スイッチング）可能な新しい技術や原理の創出を目指している。生物特有のウェットかつ柔軟な材料（ソフトマテリアル）のトライボロジー特性を明らかにすることは学術的にも極めて重要であるが、そのためには高分子科学、無機化学、トライボロジー、付着・接着学、海生生物学、界面メカニクス、非線形科学、機械工学など当班員がカバーする幅広い異分野連携・異分野融合によって研究を進めている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 バイオミメティクス、トライボロジー、生物規範工学、自己組織化

【研究題目】 高分子粗視化シミュレーションによるソフトアクチュエータ材料の物性とダイナミクス

【研究代表者】 森田 裕史（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 森田 裕史（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、原雄介氏らによって精力的に開発・応用展開されている自励振動ゲルについて、高分子粗視化モデルを用いてモデル化し、シミュレーションを行うことで、自励振動ゲルの膨潤・収縮挙動について解析を行うことを目的に研究を行っている。このためには、いかにゲルをモデル化するのかという点と、モデル化したゲルが現実のゲルの特徴的な現象を再現できているのかという点、さらに自励振動ゲルのように膨潤・収縮を繰り返す変形のダイナミクスがモデルで表すことができるのかという点、これらの問題点がクリアになるかどうかがかギとなる。

本年度は、散逸粒子動力学法を用いた高分子鎖の粗視化モデルを用いてゲルをモデル化し、そのモデルを用いて、自励振動ゲルの第1版のモデル化を行った。元来自励振動ゲルは BZ 反応に従って、変形する。第1版の自励振動ゲルモデルでは、この反応が sin 型のような反応状態となると仮定し、膨潤・収縮に関わるパラメータを sin 型で変化させることでシミュレーションした。結果として、周期的に膨潤・収縮を表すことができることを示すことができた。また、ゲル自体のモデル化についても、伸張されたゲルの再膨潤現象を表すことができるかどうかでチェックしたところ、本モデルで記述できたことから、ゲルの特徴的な現象も再現できることが示された。次年度は、これらの結果を踏まえて、より現実に近い自励振動ゲルの第2版のモデル化を行う予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ゲル、シミュレーション、膨潤、収縮

【研究題目】 ナノ接合での熱電変換と局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション

【研究代表者】 中村 恒夫（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 中村 恒夫（常勤職員1名）

【研究内容】

第一原理電気伝導計算方法を用い、ナノ分子ワイヤーや有機薄膜-電極接合から、酸化物半導体材料まで、広くヘテロ接合系の電気伝導シミュレーションを行うとともに、量子伝導理論に基づいた、フォノン熱輸送計算方法を開発し、第一原理計算プログラムに実装を行った。これらを用いて、精密計測との比較を行いながら実在系分子・分子膜-電極接合複合構造体の非平衡電気伝導を解明した。

また、上記手法を発展させ、接合系の熱電変換物性（ゼーベック係数や、熱電性能指数 ZT）を第一原理から計算するスキームを同じくシミュレータに組み込んだ。二核金属有機錯体分子からなる分子膜の長距離伝導特性を利用し、その有機熱電材料への展開を理論計算のみから初めて提案した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 第一原理シミュレーション、非平衡伝導理論、ナノエレクトロニクス

【研究題目】 高度歯科医療のための液相レーザープラズマ技術の開発

【研究代表者】 大矢根 綾子（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 大矢根 綾子、坂巻 育子
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

研究代表者らはこれまでに、液相レーザープラズマ技術を利用して、エチレンービニルアルコール共重合体（EVOH）基材に対する部位特異的なリン酸カルシウム形成技術を開発してきた。この技術では、リン酸カルシウム過飽和溶液中に設置された EVOH 基材の表面に、非集光の Nd-YAG パルスレーザー光を30分間照射する。その結果、EVOH 基材表面のレーザー光照射領域のみにリン酸カルシウムが形成される。本リン酸カルシウム形成技術は簡便（1段階）かつ迅速（30分以内）であることから、生体材料の製造・表面改質技術としての応用が期待される。

本研究では、EVOH 基材だけでなく、レーザー光吸収性を示す他の高分子基材および金属材料基材にも、上記のリン酸カルシウム形成技術を適用できることを明らかにした。基材のレーザー光照射面に形成されたリン酸カルシウムの形態、構造、および量は、基材の種類と照射条件（照射時間、エネルギー密度など）によって異なっていた。また、高いレーザー光吸収性を示す金属材料では、高分子材料に比べより低エネルギー密度・短時間の照射条件下で、基材のレーザー光照射面にリン酸カルシウムが形成された。レーザー光照射による溶液環境お

よび基材表面の変化を調べたところ、基材のレーザー光吸収による溶液の局所的な温度上昇、ならびに基材の表面酸化反応（マイクロ形態変化を伴う）が、リン酸カルシウム形成反応に寄与していると考えられた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 リン酸カルシウム、コーティング、バイオミネティック、過飽和溶液、レーザー

【研究題目】 微小錐台におけるエバネッセント光の結合効果による自然放射光の指向性

【研究代表者】 王 学論（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 王 学論、天野 建（電子光技術研究部門）、戸田直也（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

高い空間指向性を持つ発光ダイオード（LED）の実現は様々な応用分野において強く望まれている。我々は微小リッジ構造におけるエバネッセント光-伝播光変換現象の研究において、発光領域をリッジ構造の中心に局在させることによって、光はリッジ軸に直交する面内において高い指向性を持って放出される現象を見出した。本研究は上記現象を利用したもので、その目的はエバネッセント光の結合現象を円錐台構造において発現させることによって、全ての方向において高い空間指向性を持ち、しかもその指向性は目的や応用に応じて自由に設計できる革新的高指向性・高効率 LED を実現することである。平成25年度では、InGaAs/GaAs 量子井戸を発光層に用いた GaAs リッジ構造の作製および発光特性評価を行った。具体的に、まず、フォトリソグラフィおよびウェットエッチングによって InGaAs/GaAs 量子井戸を幅200nm のストライプに加工した。次に、上記試料上に GaAs を有機金属気相成長法により再成長し、その表面を平坦化させた。最後に、ストライプ状の InGaAs 量子井戸が上部平坦面の中心に来るように GaAs リッジを形成した。得られた試料の発光強度の空間分布を角度分解フォトルミネセンス法で評価したところ、発光は40～50度の指向角を持ってリッジの上部平坦面の垂直方向に強く指向して放射されていることが分かった。これにより、本研究で提案した指向性制御の原理が初めて実証された。また、微小円錐台の作製に関して、エッチングのマスクを従来のフォトレジストから SiO₂ 膜に変更することによって、AlGaInP 円錐台の作製に初めて成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、指向性、錐台構造、エバネッセント光、結合

【研究題目】 蛍光体ナノ結晶の合成と EL デバイスへの応用

【研究代表者】 伯田 幸也（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 伯田 幸也、陶 究、大原 基広

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、粒子径を制御された希土類元素ドーパ型のペロブスカイト蛍光体ナノ結晶の合成と得られたナノ蛍光体の素子、デバイスへの応用の可能性を明らかにすることを目的とする。

最終年度である本年度は、高輝度ナノ結晶の合成法の確立および分散型 EL 素子の低電圧発光を目的とした。はじめに、ペロブスカイト蛍光体のひとつである CaSrTiO₃:Pr 系ナノ粒子（以下 PCSTO）の発光強度を高めるため、水熱合成条件の精緻な最適化を行った。特に、原料溶液中のアルカリ土類金属（Ca, Sr）濃度とチタニアゾル濃度との原料比および水酸化カリウム濃度に焦点をあてて合成実験を行い、生成物の発光特性の評価を行った。その結果、アルカリ土類金属イオン濃度過剰、かつ、弱アルカリ性の条件で合成することで、生成物の発光強度は、原料調整前の合成物よりも約10倍が増加することができた。これは生成物の化学組成の均質化によると考えている。さらに、得られたナノ粒子を1000℃で焼成したところ、量子効率率は12%に達し、バルク体と同程度の発光性を有するナノ粒子を得ることができた。

さらに、得られたナノ粒子を用いて EL 素子開発を行った。ナノ粒子を溶媒に分散させたのち、透明導電膜処理した基板状にスピコート等で粒子膜厚12～50μm の試験 EL 素子を作製した。周波数50～1kHz、印加電圧5～500V の電界下での EL 発光挙動を観察したところ、膜厚12μm の素子からは、5V の低電圧下であっても発光挙動を観察でき、低消費エネルギー EL 素子デバイスへ応用できる可能性を確認できた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造分野

【キーワード】 ナノ蛍光体、ペロブスカイト、超臨界水熱合成

【研究題目】 気-液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜

【研究代表者】 小平 哲也（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 小平 哲也、池田 拓史（コンパクト化学システム研究センター）、阪本 康弘（大阪府立大学・21世紀科学研究機構）、関口 ちか子（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

多孔質結晶の一種であるゼオライト AFI（内径0.73 nm の一次元細孔を有する多孔質結晶）の配向自立膜は研究代表者が本研究課題前に発見したものであり、支持基板不要な合成環境で得られる。本研究目標は、この配向自立膜の形成過程の解明と高品質配向自立膜合成条件の探索である。次の目標として、軽量であるが機械的強度に劣る自立膜に対し、従来とは異なる発想に基づく機能の付与・利用法の開発を行うことである。

既に自立膜形成の起点は気-液界面近傍であり、溶液自身も相分離を起こし、AFI 結晶の原料成分が次第に沈降するゲル層と水が主成分である上部透明層からなることが明らかとなっている。自立膜はこの相分離界面で形成・成長する。

本年度は、合成反応可視化装置を使った反応過程が出発原料組成や反応条件にどのように依存するかを検討した。自立膜形成は溶液濃度と相関があり、また溶液の高粘度度合いを印可圧力の制御により明瞭に可視化することにも成功した。このほか、新規な用途開発を目的に、吸着可能な機能性ゲスト物質の探索を通じ、AFI の吸着能がその化学組成（固体酸）に依存することを見いだした。この固体酸点への選択吸着を利用し、酸点の結晶内分布を可視化する方法を見いだした。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] ゼオライト、配向自立膜

[研究題目] 錯体分子超構造膜の構築と量子効果発現

[研究代表者] 石田 敬雄（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 石田 敬雄、大山 真紀子
（常勤職員1名、他1名）

[研究内容]

25年度はルテニウム錯体分子膜に関して1) 2種類のルテニウム錯体を交互に積層した多層膜；2) 1種類のルテニウム錯体を用いて錯体間に挿入する錯イオンの種類を変えた多層膜の量子効果発現を狙った研究を行った。1) についてはジルコニウムイオンを介して交互多層膜が形成できたが顕著な量子効果や電子移動能の変化は確認できなかった。しかし2) の多層膜について、ジルコニウム以外に鉄やスズなどの金属イオンで良質な多層膜が形成され、鉄イオンの場合に量子効果に基づく長距離電子移動能の向上や光学特性の変化が観察された。特に鉄イオンの場合には、鉄イオンが膜中に挿入されたために特徴的な光学吸収スペクトルからも短波長側に特異的な吸収が生じた。この電子状態の生成が電子移動能にも良い影響を与えたと考えられる。鉄イオンの場合にはジルコニウムイオンの場合の3倍の電子移動能が得られた。また本年度は電子移動能測定用電極の最適化や C60 をルテニウム錯体単分子膜に埋め込む効果についても実験を行った。導電性高分子電極の最適化により電子移動能計測の精度が高まり、C60 の内包でもルテニウム錯体分子膜の光電変換特性が向上したことを確認した。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

[研究題目] 新規炭化ホウ素ナノワイヤの熱電物性計測及び伝導機構解明による廃熱発電素子の開発

[研究代表者] 桐原 和夫（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 桐原 和夫、向田 雅一、清水 禎樹
（常勤職員3名）

[研究内容]

身の回りの未利用熱を電力に変換する熱電材料として、有望な炭化ホウ素に焦点を当て、そのナノ構造化による高性能化を目指す。新規の炭化ホウ素ナノワイヤを作製し、ナノワイヤ1本の高精度な熱起電力及び電気伝導率の計測を行う。ホウ素クラスターや構造欠陥を通じたホッピング伝導による電気的性能向上、ナノ構造におけるフォノン散乱による低熱伝導率化、等を手がかりに、画期的な高性能化を実現するナノワイヤを探索することを目的とする。

25年度は、いくつかの合成法のうちセルロースアニール法が最も収率の良い合成法であることを見出し、再現性よく合成するための大まかな合成条件を決定した。さらに、合成した炭化ホウ素ナノワイヤに対して、電子線リソグラフィによる電極微細加工を行うとともに、交流加熱法によるナノワイヤ計測装置を立ち上げ、1本のナノワイヤの熱起電力及び電気伝導率の測定に成功した。これまでのところ、測定したナノワイヤの多くは、熱起電力の温度依存性がバルク焼結体の炭化ホウ素と異なる結果となっているが、電気伝導機構の違いを明らかにするには引き続きナノワイヤの熱電物性計測を行う必要がある。また、得られたナノワイヤの一部は、触媒金属がナノワイヤのコア部分にも存在するユニークなコアシェル型構造であることも明らかにした。今後は、コアシェル構造やナノワイヤ中の構造欠陥の評価を行い、これらによる熱電特性の変化を明らかにしていくことも必要である。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造、環境・エネルギー

[キーワード] ナノ材料、熱電変換、ナノ物性計測

[研究題目] タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤

[研究代表者] 石田 豊和（ナノシステム研究部門）

[研究担当者] 石田 豊和（常勤職員1名）

[研究内容]

本研究課題では、非経験的量子化学計算と分子動力学計算等を組み合わせた複合シミュレーション技術の開発／拡張を基礎として、オロチジン-リン酸脱炭酸酵素（Orotidine 5'-phosphate decarboxylase, ODCase）を題材に選び、「反応基底状態を不安定化させる事で相対的に酵素反応を加速させる」という作業仮説の検証を行った。これまでの研究により、本系においては基質歪みの効果で実際に反応障壁が低下しうる事が検証出来たため、今回更に、タンパク質場が遷移状態／反応中間体に与える影響を詳細に解析した。

アミノ酸残基単位の相互作用エネルギー解析を実行する事で、Asp70、Lys72 の2残基が遷移状態／反応中間

体と強く相互作用する事が確認出来た。そこでこれらアミノ酸をアラニンに変異させた変異型酵素の分子モデルを作成し、反応の自由エネルギー変化および変異型タンパク質が基質に及ぼす影響を電子状態計算から解析した。本酵素には特異的なアミノ酸残基配列として、Lys42-Asp70-Lys72-Asp75* (*は異なったタンパク質ドメイン上に位置する事を示す) が知られているが、Asp70、Lys72は主として静電相互作用で反応中間体の安定化に寄与する一方、Lys42、Asp75* は基底状態と強く結合する事で基質歪みの要因となる事が明らかになった。つまり本酵素は、活性中心に配置する少数の極性アミノ酸残基が基底状態/遷移状態(反応中間体)において静電相互作用を介して基質との相互作用を適切に調整する事で、結果として低い活性化エネルギーで化学反応が進行する事が確かめられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 QM/MM 計算、自由エネルギー計算、分子シミュレーション、酵素反応機構、オロチジンーリン酸脱炭酸酵素

【研究題目】 in situ 非線形分光による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究

【研究代表者】 宮前 孝行(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 宮前 孝行(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、有機 EL や有機薄膜太陽電池などの有機デバイスにおける有機材料界面の相互作用を詳細に解析するために、界面選択性の高い和波発生(SFG)分光による有機デバイス材料の界面構造の解析と実デバイスを用いたその場計測を進めてきた。本年度は可視光レーザーを波長可変化した2波長可変 SFG 分光装置を用いて、有機薄膜太陽電池材料界面に最適化した2重共鳴SFG 分光を適用し、試料加熱による表面構造の変化とその太陽電池特性との相関について検討を行った。ポリ(3-ヘキシルチオフェン)(P3HT)とフラーレン誘導体(PCBM)混合膜は、有機薄膜太陽電池でよく用いられ研究例も多いが、製膜後の加熱処理により発電効率が向上することが知られている。しかし、その界面構造と加熱効果との関連については不明であった。SFG 分光で混合膜表面を測定すると、加熱処理後の界面ではP3HTの光学吸収が長波長側へ伸びていることが確認できた。これはP3HTの結晶性が向上し、界面での π 共役系が広がっていることを示している。この π 共役系の拡大によりキャリアの移動度と光学吸収範囲が界面でも広がったため太陽電池としての特性が向上していると結論付けた。太陽電池実デバイスにおいてもSFG 分光で測定を行ったところ、製膜後の加熱処理の有無により、表面での測定結果と同様の挙動が確認でき、実デバイス界面でも加熱処理によるP3HTの結晶化が進行していることが明らかになった。本手法は、有機ELや有機薄

膜太陽電池などの有機デバイスを非破壊で計測する方法として非常に有効な方法であり、今後、種々の有機デバイスの機構解明を目指していく。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機エレクトロニクス、界面、非線形分光

【研究題目】 光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究

【研究代表者】 木原 秀元(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 木原 秀元、吉田 勝(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、光反応性有機分子であるアントラセンに着目し、光反応に基づいた材料の相変化を機能性材料開発に応用することを目指した。アントラセンの2位の位置にアルキルスペーサーを介してシアノビフェニル基を導入した化合物は室温で結晶相を示すが、この化合物を加熱溶解させながら紫外光を照射して得られた光二量体は室温でも安定なアモルファス固体相を示すことが分かった。また、光二量体は200℃付近まで加熱すると元のアントラセン化合物に戻り、室温で結晶相を示すことも分かった。そこで、この現象を利用して結晶相とアモルファス固体相のコントラストを有する書き換え可能なパターンを作成することができた。科研費研究期間最終年度に当たる平成25年度では、アントラセン光二量体のアモルファス固体相発現のメカニズムを、実験および計算シミュレーションの両方のアプローチで解明することを試みた。HPLC 測定では、光二量体に構造異性体が存在することがアモルファス固体相発現に必要な条件であることが分かった。さらに、分子動力学法を用いた計算シミュレーションから、アントラセン光二量体の溶解時における拡散速度が遅いことがアモルファス固体相発現に深い関連があることが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 アントラセン、光二量化、相変化、光記録、計算科学

【研究題目】 in situ XAFS と XRD 同時測定による無機発光材料の活性点構造の解明

【研究代表者】 阪東 恭子(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 阪東 恭子(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、ガス流通下室温より1000℃までの加熱処理条件下で、X線吸収端微細構造解析(XAFS)とX線回折(XRD)を同時にその場測定することを可能にする新規XAFSおよびXRD同時測定法の開発し、それを用いて新規無機エレクトロルミネッセンス(EL)材料である希土類イオンドーパブルミナ自立膜を焼成条件下でその場観察し、EL発光活性構造および活性構造発現の

機構、活性構造発現条件の解明を行うことを目的とする。H25は、新規セルの設計・製作をした。特に、効率的にサンプルを1000°Cまで加熱できる機構の構築を試みた。また、サンプルを透過した X 線を検出するとともに、散乱光の検出も必要であり、その検出条件の最適化に関しても検討した。作成したセルは、実際に放射光施設のビームラインを利用して、性能の評価を行った。この時、測定試料としては、EL 発光の発光元素としての Tb をドープしたアルミナゾルから調製した EL 特性を持つ自立膜を用い、窒素流通下で XAFS および XRD の同時測定を試みた。その結果、750°Cまでの加熱条件での測定を実施することに成功した。XAFS と XRD の測定に関しては、測定ごとに条件設定を変更する必要があったため、完全な同時測定にはならなかったが、順次連続測定をすることで、母材のアルミナの相変化と Tb の周囲の配位状態の変化を対応させた測定に成功した。加熱機構やデータ収集方法に係わる問題点が明確になったので、次年度での改良を目指す。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 無機発光材料、X 線吸収端微細構造解析、その場測定

【研究題目】 グラフェン・ナノ構造の電気伝導

【研究代表者】 中西 毅 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 中西 毅、宮本 良之、安藤 恒也
(東工大) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では層欠陥、周期構造などナノ構造があるグラフェンの電気伝導、電子状態などを理論的に研究し、トポロジカルに特異な2次元系でのメゾスコピック現象を解明し予言することを目的とする。今年度は昨年度に引き続き、表面に層欠陥を含む多層グラフェンにおいて電気伝導を有効質量近似の方法で調べた。電気伝導の谷状態に依存する異方性すなわち谷分極伝導は層欠陥のジグザグ型、肘掛椅子型といった原子構造に大きく依存することを見いだした。さらに非対称性は層数とともに減少することを示した。

扁平したカーボンナノチューブについてはグラフェン・ナノ構造の一例として調べている。これは層間相互作用があり2層グラフェンとみなせる中央部分と、単層グラフェンとみなせる端部分から構成される。実験的には太い単層ナノチューブの単離と、それに由来する扁平したカーボンナノチューブが報告されている。グラフェン・リボンに比べ、端構造に揺らぎの少ない新たな量子細線として注目される。そこで、有効質量近似を用いた2つの方法により、その電子状態を調べた。最初の方法ではカーボンナノチューブから出発し面間の相関相互作用を含めたモデルにより電子状態のカイラリティ依存性を明らかにした。すなわち、カイラルナノチューブが扁平した場合、上下層の原子配置は非整合になり、一般に

面間の相互作用は極めて弱い。他方2層グラフェンの境界条件として解く方法により、非カイラルな場合の電子状態を理解した。このとき AA, AB といった2層グラフェンの構造も含め上下層の原子配置は整合するが、電子状態は重なり方に大きく依存して金属的または半導体的になることを示すと共にその理由を明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラフェン、電気伝導、量子効果

【研究題目】 第一原理計算によるスピン軌道相互作用系の電界効果の研究

【研究代表者】 三宅 隆 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 三宅 隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

電界下のスピン軌道相互作用に関する第一原理計算手法の開発と応用を目的とする。平成25年度は軌道磁気モーメントに基づいた結晶磁気異方性の計算手法の開発を行った。スピン軌道相互作用を摂動とした2次摂動に基づき、軌道磁気モーメント行列 (スピンで分解した2×2行列) を用いた公式を導出した。この公式は、交換分裂が大きく、マジョリティスピンが完全に占有されている場合は Bruno の公式に帰着する。この公式を L_{10} 型合金に適用し、スピン反転項が無視できないことを見いだした。また三方晶テルルとセレンの電子構造を調べた。これらの物質は螺旋構造が配置された構造をもち、空間反転対称性がない。セレンに比べてテルルは原子番号が大きいためスピン軌道相互作用が大きく、結晶内の電場がスピン軌道相互作用を介して電子構造に与える影響に興味もたれる。標準的な局所密度近似ではテルルが金属と誤って記述するため GW 近似による自己エネルギー補正を加え、準粒子バンド構造を求めた。その結果、フェルミ準位近傍に複数のワイルノードが存在することがわかった。スピン軌道相互作用を無視した場合、伝導帯底は H 点に位置するが、スピン軌道相互作用を入れるとスピン分裂を生じ、H 点からわずかにずれる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 計算科学、スピン軌道相互作用

【研究題目】 高強度・高じん性を有する微粒子/液晶複合ゲルの創製

【研究代表者】 山本 貴広 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 山本 貴広、川田 友紀
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、微粒子/液晶複合ゲルのレオロジー特性に与える、液晶相構造及び高分子等の添加剤の影響を解明して、高強度、高じん性なゲルを創製することを目的としている。微粒子/液晶複合ゲルのレオロジー特性に与える液晶相構造の影響の解明については、ネマチック相、スメクチック A 相、コレステリック相を発現する液晶

を用いて検討した。ネマチック相に比べて、分子配列の層構造を導入することによって分子集合状態の秩序度を上げたスメクチック A 相を用いたゲルにおいては、ゲルの丈夫さの指標である限界ひずみの低下を抑えつつ、ゲルの硬さの指標である貯蔵弾性率を高めることができることを明らかにした。同様に、ネマチック相に分子配列のらせん構造を導入したコレステリック相を発現する液晶を用いた場合には、スメクチック A 相における結果とは逆に、限界ひずみと貯蔵弾性率は、ネマチック相に比べて、らせん構造のピッチが短くなるにつれ低下することを明らかにした。これらの結果は、分子配列のマイクロ凝集構造がゲルの力学物性に大きな影響を与えることを示しており、ゲルの力学物性は、層構造導入より向上し、らせん構造導入によって低下することがわかった。一方、高分子添加の影響についても検討を行い、微粒子表面に化学的に高分子鎖をグラフトさせた微粒子を用いたゲルにおいて、従来の材料よりも貯蔵弾性率が約10倍高いゲルを得ることができた。さらに、ゲルの力学特性は、高分子鎖の分子量によって大きく影響を受けることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、ゲル、自己修復

【研究題目】 自励駆動する筋繊維を模倣したナノファイバーゲルアクチュエータの創製

【研究代表者】 原 雄介 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 原 雄介 (常勤職員1名)

【研究内容】

自励駆動する筋繊維を模倣したナノファイバーゲルアクチュエータの創製に向け、水溶液中で安定なナノファイバーゲルの作製を目指した。水溶液中で安定なナノファイバーゲルの作製には、ナノファイバー中に化学結合もしくは物理結合を構築する必要がある。そのため本研究では、ナノファイバーを構成する自励振動高分子に疎水基を適量導入することにより、疎水基同士の相互作用によってポリマー鎖間に物理的な結合を持たせることを目指した。検討の結果、エレクトロスピンング法の出発原料として自励振動高分子を採用した、耐水性を有する新規ナノファイバーゲルの作製に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノファイバー、アクチュエータ、エレクトロスピンング

【研究題目】 高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発

【研究代表者】 陶 究 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 陶 究 (常勤職員1名)

【研究内容】

マイクロデバイスを用いた連続式水熱法による酸化物

微粒子製造において、粒径分布が狭く平均粒径を制御した高品質な酸化ナノ粒子の製造には、流路内壁面での不均質核発生/成長による粒径分布の拡大・多峰化、副生成物の生成等の回避が不可欠である。本研究ではこの課題を解決可能な構造のマイクロデバイスを開発し、各種条件でナノ粒子合成を行い有用性を実証するとともに、平衡論・速度論の両面から核発生/成長機構を解析し、所望の粒子特性を有するナノ粒子の設計指針を明らかにすることを目的としている。昨年度までに、酸化物種によらず均質なナノ粒子を得るためには、数百ミリ秒オーダー以下の滞在時間での原料水溶液と昇温用加熱水の混合の完結に加えて『高過飽和比の付与、つまり瞬時に原料の全てを核発生させ結晶成長過程を経ない粒子生成条件の設定 (加水分解反応の高度制御)』が不可欠であることが明らかとなった。核発生のみを優先的に進行させることができれば、核発生と成長過程を明確に分離・制御することが可能となる。

今年度は、原料水溶液、加熱水に加えて、加水分解反応の高度制御に必要なアルカリ水溶液を含んだ3液の急速混合のために、2段階の旋回流混合部を組み込むとともに、不均質核発生/成長を回避可能な新たな構造のマイクロデバイスを開発した。混合性能を CFD シミュレーション、Villermaux/Dushman 反応、常温下でのポリマーナノ粒子合成を通して評価するとともに、実際に ZnO ナノ粒子の流通式水熱合成を実施して、粒径、結晶構造、流路への粒子付着に影響が顕著に表れる合成時の温度や圧力変動について解析し、従来型の混合部に対する優位性を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金属酸化物、ナノ粒子、高温高圧水、オンデマンド製造、マイクロ流体デバイス

【研究題目】 第一原理計算に基づくシリコンナノシートの有機分子修飾による機能化

【研究代表者】 森下 徹也 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 森下 徹也 (常勤職員1名)

【研究内容】

ナノシートは体積に対する表面積の割合が高いため、2次電池電極や太陽電池、分子センサーなどへの応用が期待されている。特に Si ナノシートは分子修飾しやすいため、修飾分子に応じて多様な性質の発現が期待される。本研究では、有機分子修飾された Si ナノシートの電子物性を第一原理計算により明らかにし、電池電極などへのデバイス応用に適した分子修飾を提案する。

平成25年度は、金属基板上の pristine な Si シート (シリセン) の構造形成と層状に積み重なったフェニル基修飾 Si ナノシートを課題対象とした。シリセンに関しては実験的に金属基板上での形成が確認されているが、主に銀の (111) 表面だけで他の金属基板ではあまり作成されていない。そこで他の金属基板での形成可能

性を明らかにするために、密度汎関数理論に基づく第一原理分子動力学計算を行い、アルミニウムの(111)面上でもハニカム格子を持つシリセンが安定に存在できることを明らかにした。また AFM 操作による原子の引っ張り実験を LogMFD 法によりシミュレーションしたところ、ハニカム型ではない新しい2次元格子構造を持つ新しいシリセン(ポリゴナルシリセン)が形成されることもわかった。ポリゴナルシリセンはハニカムシリセンよりも高い電荷分布を保持し、電気伝導性が高い可能性がある。さらに振動スペクトルの計算も行い、基板原子と Si 原子との相互作用の評価も行った。

フェニル基修飾 Si シートに関しては、層状に積み重なった場合のシート間相互作用を、ファンデルワールス(vdW)力を加味した計算を行うことで評価した。vdW力を取り入れた計算では、層間距離は実験値と一致する一方で、vdW力を取り入れない場合は過小評価されることがわかった。さらに詳細な計算から、OptBタイプのvdW汎関数が最も層間引力を大きく見積もることがわかった。このような知見はシートを積み上げてデバイスを設計する際に重要で、理論設計を行う際に非常に有用である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】シリコン、ナノシート、2次電池、電極

【研究題目】タンパク質コロナと生体分子の相互作用の解明

【研究代表者】平野 篤(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】平野 篤(常勤職員1名)

【研究内容】

ナノ粒子は、サイズや形態に由来する特有の機能をもつため、次世代の材料として電子機器から医療機器まで幅広い分野で応用開発が進められている。同時に、ナノ粒子の安全性の確認や検証も求められている。ナノ粒子を研究開発する上で、安全性に関する理解が後手に回ることで、労働災害や環境被害といった様々な問題が引き起こされる可能性がある。したがって、安全性を事前に理解し確保することがナノテクノロジーの持続的発展に必須となっている。

最近では、生体内へ取り込まれた際に形成されるナノ粒子表面のタンパク質の層(タンパク質コロナ)がナノ粒子の生体内動態と関わることを細胞実験等から示されている。しかし、細胞実験だけでは、タンパク質コロナの生体への作用を分子レベルで理解することは困難である。そこで当該研究では、世界的に応用開発が進められている単層カーボンナノチューブをナノ粒子のモデルとして主に用いることで、未知であるタンパク質コロナと生体分子の相互作用を物理化学的に明らかにし、ナノ粒子の生体内動態の分子機構を理解することを目的とする。特に、タンパク質のアミノ酸残基の違いがナノ粒子との相互作用に与える影響を実験と分子動力学計算の両方か

ら明らかにする。当該知見はナノ粒子の安全性を知る手がかりとして有益なものになると考えられる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノ粒子、タンパク質、安全性

【研究題目】有機材料とナノ構造体材料における熱電効果の理論研究

【研究代表者】浅井 美博(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】浅井 美博、Marius Ernst Buerkle
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

有機材料の熱電特性に関して、化学修飾による制御可能性にフォーカスを当てた研究を行った。パラシクロファン誘導体の熱電特性:積層厚を系統的に変えてシクロファンを研究する事により、熱電特性の厚さ依存性を研究した。この分子の電気伝導度はトンネル機構に従い、厚の指数関数に比例して減衰するが、熱起電力は厚に比例して増大する。ベンゼン環2個から構成される最小厚のシクロファン([2.2]パラシクロファン)では熱起電力 S は負の値を取るが、厚さを増すとLUMO伝導からHOMO伝導へと変化し、熱起電力の符号は正に変わる。フォノン熱伝導度は電子熱伝導度より一桁大きな値を持ち、常温においてもフォノンが熱伝導度において支配的である。[2.2]パラシクロファン機能性誘導体を用いる事により、熱電特性に対する置換基効果を調べた。具体的にはパラ位にある2つの水素を電子供与基または電子吸引基に置換した。その結果、熱起電力 S の符号がハメット定数と相関している事を見出した。 NH_2 や OH の様な電子供与基は分子をp伝導的($S>0$)にし、 NO_2 や COCF_3 の様な電子吸引基は分子をn伝導的($S<0$)とする。どちらの場合でも熱起電力 S の絶対値は著しく増大するので、熱電変換効率 ZT を向上する効果がある。これらの改良効果はあるものの、フォノン熱伝導度の大きさが災いして ZT の値は小さなままに留まる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】理論シミュレーション、熱電特性、フォノン熱伝導度、ゼーベック係数

【研究題目】時間に依存する電圧下での第一原理伝導計算

【研究代表者】大戸 達彦(ナノシステム研究部門)

【研究担当者】大戸 達彦(他1名)

【研究内容】

時間に依存する電圧下での第一原理伝導計算を実現するために必要な①電子状態の実時間発展、②電極での電子の散乱を表すための電子格子相互作用の計算を、局在型基底関数を用いた第一原理計算パッケージであるSIESTAプログラムに実装した。①では、孤立系だけでなく周期系の計算も可能であることに加え、並列でプログラムを流すことも可能とした。テストの結果、原子核

座標を固定すれば安定した時間発展をするが、原子核を Ehrenfest force に従って実時間発展させると全エネルギーが保存しなくなる。基底関数の移動に起因する項も取り入れたが、状況は完全には改善しなかった。②では、微小な原子の変位に従ってハミルトニアン・重なり積分の差分を計算し、基準振動方向に射影することで電子格子相互作用行列を求める。これを用いると電流による振動の励起を計算することができるため、Cu (001) 表面に吸着した Melamine 単分子のプロトン移動の解析へ応用を試みた。計算の結果、スイッチ反応座標方向の振動モードが選択的に励起されることを確かめ、また一次元のポテンシャル井戸中での振動励起によって反応の近似をしてよいことを確かめた。最終的に、モデル計算に必要なパラメータをほぼすべて第一原理計算から求め、スイッチ確率を再現した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 第一原理計算、非平衡理論

【研究題目】 Studies on the thermoelectric properties on PEDOT : PSS

【研究代表者】 衛 慶碩 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 衛 慶碩 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、有機半導体材料の熱電性能が飛躍的に向上し、注目を集めてきている。有機半導体の多くはバルク状で得る事が難しいため、熱電用の有機半導体材料も薄膜で作製して特性を評価している。これまで熱電用の有機半導体材料においては電気伝導度、ゼーベック係数については、膜面に水平な方向の値を中心に、また一方熱伝導率は垂直方向のみの値を測定して議論してきた。有機半導体の特徴のひとつに、製膜時の分子配向性があり、得られた膜には異方性が生じやすい。しかし有機熱電材料の異方性による特性変化に関する報告例は少ない。

本研究では、有機熱電材料として有望と考えられる PEDOT:PSS 膜の、膜面に水平な方向と垂直な方向の双方の電気伝導度、ゼーベック係数、熱伝導率を測定し、PEDOT:PSS 膜のキャリア移動と熱伝導に関して異方性がある事を明らかにした。キャリア移動の異方性に関しては、導電性の PEDOT 微結晶と絶縁性の PSS が、膜面に垂直な方向に積層している構造になっている事により説明できる。熱伝導の異方性は、PSS 高分子鎖が膜面の水平方向に沿って形成されている事から生じると考えられる。本研究の結果より、PEDOT 系材料の熱電特性を向上するためには、PSS にかわる低分子ドーパントの利用と結晶配向性の制御による特性最適化が有効であると思われる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機半導体、熱電素子、異方性、

【研究題目】 完全制御カーボンナノチューブの物性と

応用

【研究代表者】 片浦 弘道 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤、蓬田 陽平、魏 小均、都築 真由美、平川 琢也 (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

単層カーボンナノチューブ (SWCNT) は、単原子厚のグラフェンシートを丸めて筒状にした構造をとるが、巻き方に任意性があるため、実際の試料では様々な構造の混合物になっている。本研究課題では、独自開発のゲルクロマトグラフィー法を用いて、SWCNT の大量構造分離装置を作製し、SWCNT の原子配列のわずかな違いも選り分ける、精密構造分離の大規模化を目指す。炭素原子の配列が同一の SWCNT を大量に分離精製することにより、これまで不可能だった SWCNT 単結晶を作製し、未知であった3種の C-C 結合長をはじめとする、SWCNT の精密構造パラメータおよび物性を明らかにする事を目的としている。

本年度は、単一の構造を持った単層カーボンナノチューブ (SWCNT) を大量に分離するための高速クロマトグラフィー装置の設計・導入を行った。本装置を用いて、新たな溶出法の検討を行ったところ、少量の試料から極めて効率良く、数種類の単一の構造に近い SWCNT 分散液を得る事に成功した。一方、SWCNT の単結晶を作製するには、分離で用いた分散剤を除去する必要がある。これまで、分散剤の残留については定量的な計測が成されていなかったが、試料に含まれる有機物の分解を検出する事により定量的に計測することに成功した。この計測法を利用し、分散剤の残留を大幅に減らす手法の開発に成功した。また、高濃度で SWCNT を溶かす有機溶媒の検討を行い、有望な有機溶媒を見いだした。以上により、分離装置の整備と構造を分離精製された SWCNT の単結晶育成に必要な基盤技術の整備がほぼ整った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、構造分離、カイラリティ

【研究題目】 単一分子と組織化分子ネットワークの非線型伝導理論

【研究代表者】 浅井 美博 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 浅井 美博、中村 恒夫、宮崎 剛英、Marius Ernst Buerkle (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

新学術領域研究「分子アーキテクニクス：単一分子の組織化と新機能創成」の計画研究課題の一つである「単一分子と組織化分子ネットワークの非線型伝導理論」の研究を行った。分子エレクトロニクスに限らず、

チャンネルサイズが小さいナノエレクトロニクス材料共通の問題としてノイズの問題が深刻である。低電圧でデバイスを駆動する際にはその影響は顕著である。外部からノイズを与えて、本来意味のある信号を明瞭にする「確率共鳴」が注目を集めているが、外部ノイズの投入にパワーを要し、低電圧駆動のメリット（省電力）を相殺する事が懸念される。電流に伴う自然ノイズを用いた確率共鳴を指向する意義がここにある。電流に伴う根源的なノイズは量子力学的な波動性・粒子性の相補性に根ざすショットノイズと熱揺らぎの二つである。これらノイズの生成機構とその物質依存性、電圧・温度依存性を理論的に解明する事により自然ノイズを利用した確率共鳴を実現する為の基礎学理を構築する。本年はショットノイズ・熱ノイズの計算に電子・フォノン散乱効果とフォノン伝導・熱散逸の影響を高次効果も含めて取り入れる為の基礎理論を構築し、その理論を用いた計算シミュレーションを行う事により、ショットノイズの電圧依存性にフォノン由来のキंक構造が現れる事を見出した。引き続き、その物質パラメータ依存性を研究している。同時に、抵抗変化型メモリーを用いたネットワーク記憶の可能性を探る為の理論研究を開始した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 分子エレクトロニクス、ナノエレクトロニクス、ショットノイズ、電子・フォノン散乱効果、温度特性、熱輸送・熱散逸、抵抗変化型メモリー、ネットワーク記憶

【研究題目】 高周波スピントロニクスの研究

【研究代表者】 鈴木 義茂（大阪大学）

【研究担当者】 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真、松本 利映、谷口 知大、今村 裕志（ナノスピントロニクス研究センター）
（常勤職員8名、他3名）

【研究内容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の基礎的なメカニズムの解明に関する研究を行っている。素子を応用する場合には、発振出力の増大、発振周波数の揺らぎの低減が必須であるが、その手法はまだ確立されていない。本研究では、複数素子間の位相ロック現象に着目し検討を行っている。H25年度は、外部電源から交流電流を注入する注入位相ロックについて実験を行い、基礎的なデータを得た。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピンドYNAMICS

【研究題目】 高周波スピントロニクスの研究

【研究代表者】 鈴木 義茂（大阪大学）

【研究担当者】 今村 裕志、山路 俊樹、谷口 知大

（ナノスピントロニクス研究センター）

（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

強磁性体を含むナノ構造にスピン流を注入することで生じる高周波（GHz から THz）領域におけるスピンの歳差運動を利用する「高周波スピントロニクス」の基礎理論を確立する。このことにより、高性能トンネル磁気抵抗素子をベースとした高出力・狭幅高周波発振器、半導体を凌駕する感度をもつ検波器、単一の超常磁性微粒子が作るダイポール磁場を検出できるような高感度磁気センサーの実現を目指す。

今年度は、高周波電圧印加による磁化反転アシスト効果について理論的に精査し、大きなアシスト効果を得るための条件を明らかにする。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 高周波、スピントロニクス、スピントロニクスダイオード

【研究題目】 スピエレレクトロニクス材料の探索

【研究代表者】 野崎 隆行

（ナノスピントロニクス研究センター）

【研究担当者】 野崎 隆行（常勤職員1名）

【研究内容】

本プロジェクトでは、理論研究者と密に連携することにより、電界による磁気異方性制御の物理起源解明と異方性変化効率の増大を目指している。産総研グループは理論予測の実証を目的とした実験を担当している。電界磁気異方性制御では界面制御が重要となるが、これまでの素子ではバッファ層などに用いる非磁性材料が超薄膜強磁性層／絶縁層界面に偏析し、効果を弱めている可能性が指摘されている。平成25年度は、このような偏析の効果が小さいと期待されるクロムをバッファ層に用いた素子構造を作製し、高周波電圧誘起共鳴ダイナミクス励起の測定を通して電圧効果が存在することを確認した。今後は偏析の有無確認、および電圧効果の定量評価を進めることで電圧効果増大の指針を探る。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントロニクス、電界効果、垂直磁気異方性

【研究題目】 スピントロニクス発振を用いた、高時間・高空間分解能をもつ電子スピン共鳴法の理論開発

【研究代表者】 荒井 礼子

（ナノスピントロニクス研究センター）

【研究担当者】 荒井 礼子（他1名）

【研究内容】

デバイスの微細化に伴い、欠陥や不純物原子に起因する不対電子の同定・定量・ダイナミクスの解明に関する重要度が増してきている。不対電子の検出には電子スピ

ン共鳴法が有用であるが、デバイス動作中の局所的な分析方法は未だ確立されていない。本研究ではスピントルク発振を用いることで時間・空間分解能を向上させ、デバイス動作中の特性評価を可能にする新規電子スピン共鳴法の理論開発を行う。本年度は磁場中のスピントルク発振についてシミュレーションを行い、発振条件とダイナミクスを明らかにした。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントルク発振素子

【研究 題目】 熱活性領域におけるスピントルク磁化ダイナミクスの理論的研究

【研究代表者】 谷口 知大

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 谷口 知大 (常勤職員1名)

【研究 内容】

本研究ではトンネル磁気接合の熱擾乱耐性を短時間で精度よく評価する技術の開発に取り組んでいる。熱擾乱耐性を評価するにはトンネル磁気接合に電流を印加することによって磁化を反転させるスピントルク磁化反転を観測し、その反転確率を理論的に解析する必要がある。数分以下の短時間で素子の熱擾乱耐性を評価するには比較的大きな電流を印加しなければならない。そのような状況での反転確率に対する理論の確立を目指す。25年度は他大学と連携し、基礎理論の構築と過去の実験との比較検討を行った。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントルク磁化反転、理論

【研究 題目】 電流により誘起される磁界作用トルクを用いた磁気高周波検波素子の高感度化

【研究代表者】 松本 利映

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 松本 利映 (常勤職員1名)

【研究 内容】

高周波電流に対して検波作用を示す磁気トンネル接合素子はスピントルク・ダイオード素子と呼ばれる。本研究では、電流印加により誘起される磁界作用トルク(電流磁界、ダイポール磁界、フィールド・ライク・トルクによる磁界)のスピントルク・ダイオード素子への作用を理解・制御することでスピントルク・ダイオード素子を高感度化させることを目指している。平成25年度はスピントルク・ダイオード特性の素子間のばらつきを抑制する課題と高周波数帯の検波感度向上に取り組んだ。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントロニクス、スピントルク・ダイオード、磁気共鳴

【研究 題目】 不揮発性トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入

【研究代表者】 齋藤 秀和

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 齋藤 秀和、オレリー スピーサー

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

電子のスピン自由度を利用して不揮発的に情報を記憶するスピントランジスタは、その導入によりあらゆるIT機器の消費電力の劇的な削減につながるため、世界的に熾烈な開発競争の只中にある。スピントランジスタを実現するためには、半導体中へのスピン注入技術の確立が必要がある。Geは次世代のMOS-FETのチャネル材料の有力候補とされており、スピン注入技術の確立が期待される。高効率のスピン注入のためには、高品位の強磁性体/Ge接合を可能とする材料・成長技術が必要であると考えられるため、新障壁層材料や強磁性体を用いたトンネル接合技術を開発する必要がある。今年度達成した主な成果を以下に説明する。

- (1) Ge基板上の磁性半導体(Ga, Mn)As単結晶膜作製技術の確立: (Ga, Mn)Asは極めて高いスピン偏極状態を有し、かつ、Geと格子定数がほぼ等しくエピタキシャル成長が期待されるため、Geへのスピン注入源として注目されるべき物質である。しかしながら、これまでスピン注入実験はおろか、Ge基板上の結晶成長すら報告はなされていなかった。本研究では分子線エピタキシー法による成長条件を最適化することにより、世界で初めてGe上の単結晶(Ga, Mn)As膜の作製に成功した。
- (2) 障壁層フリーのスピン注入源の作製とスピン注入の実証: トンネル障壁層を必要としない高品位スピン注入源の開発は、作製プロセスを簡略化できるため応用上有利である。しかしながらFe等の通常の強磁性体をGeと直接接合させると、接合界面での磁性が失われてしまうという問題があり、これまで実現は困難であった。そこで、Mn₅Ge₃というGeを構成要素とする強磁性体に注目しGeへの結晶成長とスピン注入に取り組んだところ、期待通りにスピン注入を実証するに至った。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントランジスタ、スピン注入、Mn基強磁性化合物

【研究 題目】 スピントランジスタのためのGe/Siヘテロ構造への高効率スピン注入・検出

【研究代表者】 齋藤 秀和

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 齋藤 秀和、クノク チョン、

ロン ヤンセン (常勤職員2名、他1名)

【研究 内容】

将来に亘る継続的なエレクトロニクス技術の発展のために、より一層の素子の微細化を可能とする新たなテク

ロロジーが求められている。これを可能とする技術として、スピントランジスタに代表される半導体をベースとしたスピントロニクス素子・技術が注目されている。半導体中におけるスピン偏極電子の注入、制御および検出は半導体スピンドバイスの基盤技術であるため、近年、最重要半導体である Si および Ge 基デバイスにおいて多くの研究が報告されている。しかしながら、スピン注入・検出効率およびスピン制御に関しては、まだデバイス化レベルには達していない。本研究では、Si および Ge においてスピン注入・検出効率の改善および新奇スピン制御技術の確立を目的とする。

従来、強磁性体から半導体へのスピン入力には、専らスピンを電荷（電流）と共に直接流す手法が用いられてきた。ここで、もし電流を用いることなくスピン情報を半導体に注入することができれば、スピントランジスタの更なる省電力化に繋がるはずである。このようなモチベーションの下、本年度は電流フリーのスピン注入技術の開発を進めることとした。具体的には、我々の研究チームが発見した新現象である強磁性電極と Si 間に熱勾配を設けるだけで Si へのスピン注入が実現される「スピントネル・ゼーバック効果」の外部電界による影響を調べた。その結果、スピントネル・ゼーバック効果により Si 中に生成したスピン信号強度を外部電界により制御することに成功した。更に、観測した電界効果の生ずるメカニズムの解明にも成功した。この成果は世界で最も権威のある雑誌の一つである Nature Materials 誌へ掲載された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、スピン注入

【研究題目】DNA 単分子操作を目指した多層膜細孔の作成

【研究代表者】長谷川 雅考

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、
沖川 侑揮（常勤職員4名）

【研究内容】

生体分子のハンドリングや高速シーケンシングへの応用を目指して、金属/絶縁物/金属の多層構造の薄膜にサイズを制御した細孔を形成する方法を開発する。また、数 MeV のイオン照射により、薄膜試料上に担持された生体分子等の高分子を無傷の二次イオンとして飛行時間測定 (TOF) 型の質量分析器により分析するとともに、二次イオンのイメージングを行う顕微質量分析法の開発を行う。

極薄の固体表面に電極となるグラフェンを貼付したグラフェン/絶縁性薄膜/グラフェンの多層薄膜に高速イオンを照射することにより、直径が良く制御されたナノメートルサイズの細孔を形成する条件を、電子顕微鏡で細孔の径や形状を調べることにより明らかとした。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】グラフェン、高速イオン、細孔形成

【研究題目】ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム

【研究代表者】湯田坂 雅子

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】湯田坂 雅子、岡崎 俊也、池原 謙、
小倉 睦郎、飯泉 陽子、深田 伸介
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

現在の血液検査で使われている光の波長は400-500 nm である。この波長域では、血球などによる強い光吸収と非特異的発光ノイズが、検出されるべき疾患バイオマーカーの蛍光検出を妨害し、疾患検出感度を下げる。そこで、本研究では、血球などに対して透過性が高い近赤外光を使い、臨床検査の高感度化を目指す。

この目的に最適な素材は、唯一、単層カーボンナノチューブ (CNT) である。よって、CNT に IgG 抗体をカップリングさせ、プロテイン G 付き磁気ビーズを使って、免疫アッセイ基礎実験を行い、CNT が近赤外免疫アッセイに適した蛍光ラベルで、ナノモル程度抗原検出あるいはそれより高感度の検出が可能であることを確認してきた。また、CNT 近赤外免疫アッセイを実用化するために必須である小型簡易近赤外光検出装置の開発にも成功してきた。今年度は、CNT と IgG のカップリング法を改良し、収率の増加に成功した。また、CNT の表面修飾を改良することにより、CNT-IgG の抗原への付加効率を10倍程度増加させることに成功した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、近赤外発光、臨床検査

【研究題目】高品位六方晶窒化ホウ素単結晶の創製と新たな機能発現

【研究代表者】山田 貴壽

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】山田 貴壽（常勤職員1名）

【研究内容】

六方晶窒化ホウ素 (h-BN) の新機能発現を目指して、グラフェンの高移動度が観測されているグラフェン/h-BN 構造の電子状態と仕事関数を見積もった。

機械的剥離法による常圧合成単結晶 h-BN を Si 上に形成し、熱 CVD 法グラフェンを転写することで、グラフェン/h-BN/Si 構造を作製した。ラマン分光法により、欠陥の導入なくグラフェンが h-BN 上に転写出来たことが確認できた。電界電子放出特性と紫外線光電子分光法により、h-BN およびグラフェン/h-BN の仕事関数を評価した。グラフェンを形成することで h-BN の仕事関数が高くなることを見出した。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造
 〔キーワード〕 グラフェン、六方晶窒化ホウ素、仕事関数

〔研究 題目〕 複合原子層の界面特性理解と原子層デバイスへの応用

〔研究代表者〕 長谷川 雅考
 (ナノチューブ応用研究センター)

〔研究担当者〕 長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、
 沖川 侑揮 (常勤職員4名)

〔研究 内容〕

物性と応用をつなぐ“応用物性”として原子層を複合化した場合の界面特性の理解と制御が最重要課題という認識の下、グラフェン/金属電極のコンタクト抵抗の低減の研究を進めている。

低濃度炭素源によるプラズマ CVD 法を用いて合成した低抵抗グラフェン膜を用いたデバイス開発を行った。透明かつフレキシブル性が高いグラフェン膜の特徴を活かした応用例の一つとして、有機エレクトロルミネッセンス (EL) 素子に使われる透明電極があげられる。特に ITO と比較して原子層の薄さが特長であるグラフェンは様々な光学的優位性が期待される。本研究では将来大面積化が期待されるグラフェン膜を用いた高分子有機 EL 素子の作製と評価を実施した。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造
 〔キーワード〕 グラフェン、有機 EL、界面制御、コンタクト抵抗

〔研究 題目〕 ランダムショートカットと光通信技術による超低遅延グリーンインターコネク

〔研究代表者〕 鯉淵 道紘 (国立情報学研究所)
 〔研究担当者〕 石井 紀代、並木 周 (ネットワークフォトニクス研究センター)、工藤 知宏 (情報技術研究部門) (常勤職員3名、他2名)

〔研究 内容〕

本研究は、エクサスケール規模以上の構成の計算機システムのインターコネク

と、シリコンフォトニクス技術を用いた高密度集積により、計算ノードを収容するラック数の数%程度に収まるとの結果を得た。また、現在実現されている光スイッチは切替ガードタイムが比較的大きいため、転送サイズが数~数十メガバイト以上という領域において効率的なバーストスイッチングが可能であるとの試算を得た。来年度以降も研究計画書に沿った現状の枠組みを維持し、構成の計算機システムのインターコネク

〔分 野 名〕 情報通信・エレクトロニクス
 〔キーワード〕 光スイッチ、インターコネク

〔研究 題目〕 Be カルコゲナイドを用いた高信頼性緑色~黄色半導体レーザの実現

〔研究代表者〕 秋本 良一 (ネットワークフォトニクス研究センター)

〔研究担当者〕 秋本 良一 (常勤職員1名)

〔研究 内容〕

本研究では、結晶強度の増大が期待できるベリリウムカルコゲナイド系 II-VI 族半導体材料を用いて、信頼性の高い緑色および黄色半導体レーザを実現するための基盤技術を開発する。活性層に Be を添加した BeZnCdSe 量子井戸レーザの室温連続発振条件下における信頼性を検証し、Be の添加が素子の結晶強度や劣化抑制に与えるインパクトを定量的に明らかにすることを目的とする。

本年度は、活性層材料 BeZnCdSe 中の Be 濃度が量子井戸発光特性に与える影響を明らかにした。高信頼性レーザを実現するためには、活性層の結晶強度を増大させ、劣化に対する耐性を高めることが肝要であり、このため Be 濃度の増大は有効であると期待できる。具体的には、これまでの我々の研究で用いた BeZnCdSe の中の Be 濃度は~2%であったが、今回 Zn をなくした BeCdSe 量子井戸に着目した。Be 濃度が0.15~0.25において、緑~黄色の波長域にあたる500~570nm に発光ピークをもつ量子井戸を得ることができた。PL 波長~540nm にピークを持つ BeZnCdSe (Be=2%) と BeCdSe (Be=20%) についての PL 強度を比較すると、BeCdSe では PL 強度が約1/10に減少しており、PL スペクトル幅が約2倍に増大していることが観測された。Be 濃度減少とともに発光ピーク波長は、長波長側へシフトするが、570nm (Be=15%のとき) では数ケタの PL 強度の減少が観測された。格子不整合による結晶欠陥の発生が示唆される。

〔分 野 名〕 情報通信・エレクトロニクス
 〔キーワード〕 半導体レーザ、II-VI 族半導体

〔研究 題目〕 多層アレイ導波路回折格子と液晶空間光変調器を用いた波長選択スイッチの研究

〔研究代表者〕 反本 啓介（ネットワークフォトニクス研究センター）

〔研究担当者〕 反本 啓介、河島 整
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

次世代型ネットワーク実現のためのキーデバイスである波長選択スイッチ（**Wavelength Selective Switch, WSS**）の開発を目的として、その高機能化に向けた設計を行った。まず、 $1 \times N$ WSS の構造として、新規なダブルパス光学系を設計した。導波路部分に製造誤差があっても、またスイッチが置かれる環境温度が変化しても、スイッチ動作が影響を受けにくいように工夫した。実験によって、信号劣化が小さいことを確認し、設計通り、温度変化に性能が左右されないことを実証した。更に、 $N \times N$ WSS の分光光学系に $1-f$ 光学系を導入することで、従来の半分に小型化できる見通しを得た。懸念された損失増加は、非球面レンズの採用によって解決された。WSS に実装することが望ましい、集積型の光信号モニターを検討し、MMI（**Multi-mode Interference**）カプラを用いた新規の導波路型光信号雑音比モニタを考案した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 波長選択スイッチ、液晶空間光変調器、光スイッチ、回折格子

〔研究題目〕 サブバンド間遷移の超高速光非線形性を集積化した全光信号処理デバイスに関する研究

〔研究代表者〕 秋本 良一（ネットワークフォトニクス研究センター）

〔研究担当者〕 Feng Jijun（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、InGaAs/AlAsSb 量子井戸におけるサブバンド間遷移（ISBT）に起因する超高速位相変調効果を用いた全光ゲートスイッチの研究開発を行っている。特に、超高速光位相変調効果が発現する光非線形光導波路と干渉計光回路などのパッシブな光回路を高効率に集積化して、従来型と比較して小型かつ低エネルギー動作が可能な光ゲートスイッチデバイスを実現することを計画している。平成25年度は、窒化シリコン（SiN）を用いたパッシブ導波路と ISBT 光非線形導波路を垂直方向に積層して集積化したマッハツェンダー型 ISBT 光スイッチ構造を実現するための要素技術として、SiN 導波路偏波スプリッターの開発を行った。ISBT 光スイッチにおいては、信号光と制御光としてそれぞれ TE 偏波と TM 偏波が用いられるため、SiN 導波路光回路を介して TE 信号光と TM 制御光を合波し、これらの光を ISBT 光非線形導波路へ結合させるための偏波スプリッターが必要となる。積層方向に光結合した3次元型の方向性結合器による偏波スプリッターを開発した。1層目の SiN

導波路層を作製した後、導波路を SiO₂ でカバーし、CMP 研磨により SiO₂ 表面を平坦化した。その後、研磨表面の粗さを除去するために、レジストを塗布して再度平坦化しドライエッチングを施した。SiO₂ とレジストのドライエッチング時の選択比が1:1であることを利用して、微視的に平坦な表面を得ることに成功した。これにより表面粗さによる光損失の抑制した第二層目の SiN 導波路を形成することが可能となった。1535-1565nm の波長範囲で、16dB 以上の偏波消光比を得た。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 サブバンド間遷移、超高速全光デバイス、集積光回路、光信号処理

〔研究題目〕 極限環境下の生物多様性—モデルサイトとしての南極湖沼

文部科学省 科研費(研究分担者)

〔研究代表者〕 星野 保（バイオマスリファイナリー研究センター）

〔研究担当者〕 星野 保（常勤職員1名）

〔研究内容〕

南極大陸は、様々な人為起源の環境攪乱が未だおよんでいない地域であるが、同時に環境変動の影響を受け易い敏感で脆弱な生態系をもつ。温暖化による氷床の融解が危惧されている中、攪乱を受ける瀬戸際にある南極陸上生態系の現状を総合的に把握し、その変動を監視する体制を整えることが急務となっている。本研究では、南極大陸沿岸露岩域に点在する湖沼を、環境攪乱による影響を評価するモデル生態系と設定し、その生物多様性の全体像の解明と変動監視体制の確立を目的とする。

本年度、南極湖沼の優占菌類である担子菌酵母 *Mrakia blollopis* の環境適応能に関して検討を行なった。湖沼堆積物および湖岸土壌からの分離菌株の半数以上は担子菌酵母であり、特に *Mrakia* 属菌は総分離株の40%以上を占める特殊な生態系である。本属分離株は多様な有機物分解能をもち、特に *M. blollopis* は糖類から脂質まで高い分解能を有していた。人為的な影響下での本菌の動態を確認するため、低温にて馴養した活性汚泥を含むモデル排水に添加した。本菌の添加によって、約2割の有機物分解能の向上が確認された。また、水温を3~25℃まで変化させ200日以上培養した場合、水温25℃で50日間経過しても、死滅することが無く、その後10℃以下で培養すると再び菌数の増加が確認されることから、本菌は高い環境適応能を有することが確認された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 南極、気候変動、生物種多様性

〔研究題目〕 生きる化石「接合菌類」の多様性から読み解く菌類の陸上進出と繁栄

〔研究代表者〕 星野 保（バイオマスリファイナリー研究センター）

〔研究担当者〕 星野 保（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、菌界の進化過程を探る上で重要な鍵を握る“生きた化石”接合菌類について、徹底した一点（温帯）および広域（熱帯）でのインベントリー調査を実施し、得られた新規分類群の菌株・標本に関して、網羅的に塩基配列情報を蓄積し高精度の系統樹構築を行う。また、その系統樹上に肉付けをする進化的イベントとして菌類の陸上化に関わる鞭毛の欠失（細胞分裂装置構造の比較）、菌根の起源（菌根形成能の検討）を解析し、進化過程を反映した旧接合菌門の分類体系の改訂を行うことを目的とする。

本年度、温帯積雪地域の *Pythium* 属雪腐病菌、*P. iwayamai*、*P. paddicum* の菌糸体および遊走子嚢は1回の凍結融解処理によりすべて死滅した。一方、南極圏から分離した *P. polare* は採集地が南下するに従い菌糸体・遊走子嚢いずれの生存率も増加し、極地の *Pythium* 属菌は類縁種に比して高い凍結耐性を有していた。さらに低温順化した植物（ベントグラス）に上記3種を感染させ、宿主の凍結融解を3回繰り返した後、培養を行うと供試菌株のすべてが100%再分離できた。凍結融解処理を行った *P. iwayamai* 遊走子嚢は凍結による脱水により、細胞質が凝集した。一方、宿主細胞内の *P. iwayamai* 菌糸は、凍結融解処理による影響は認められず、健全な状態であった。上記の結果から、*Pythium* 属雪腐病菌は菌糸体・遊走子嚢単独では凍結融解により死滅するが、宿主植物に感染し、未凍結環境である宿主細胞に侵入することで凍結障害を回避していると判断した。これまでの結果と合わせて、雪腐病菌は分類群ごとに凍結に対して異なる適応様式を示すことが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 接合菌類、環境適応、生物種多様性

〔研究題目〕 *Bach1*により制御される関節軟骨保護機構の解明と ZFP による新規治療法の開発

〔研究代表者〕 加藤 義雄

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 加藤 義雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

変形性関節症は、我が国においてその患者数は約1000万人ともいわれている。変形性関節症は、主に加齢、メカニカルストレスの蓄積、炎症といった危険因子による関節環境の変化から軟骨代謝バランスの破綻をきたし、関節軟骨の変性・破壊を引き起こす。しかし、現在まで変形性関節症に対する治療は、痛みに対する対処療法であり、その原因療法や早期診断法の確立には至っていない。これらの問題を解決するためには、変形性関節症発症の分子機構をより明らかにすることで、変形性関節症

予防・治療や初期診断につながる原因療法を目指した標的分子を解明していくことが必要である。

*Bach1*は、抗酸化など細胞保護作用を有しているヘムオキシゲナーゼ-1を抑制する転写因子である。したがって、*Bach1*の抑制は細胞保護作用を向上させる可能性があり、*Bach1*を抑制する手法が開発することが、変形性関節症の予防もしくは治療につながる可能性がある。我々は、ジンクフィンガータンパク質（ZFP）を用いた新しい遺伝子抑制法の開発を行い、*Bach1*の遺伝子発現を抑制しようと試みている。ZFPには、細胞膜を透過するという機能があることから、患部の細胞内の遺伝子発現を抑制できるタンパク質薬剤として使用できる可能性がある。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 変形性関節症、*Bach1*、ジンクフィンガータンパク質

〔研究題目〕 多機能ゲルが誘導する軟骨自然再生における間葉系細胞内情報伝達機構の解明

〔研究代表者〕 近江谷 克裕

（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕 近江谷 克裕（常勤職員1名）

〔研究内容〕

北大の安田らは、多機能生体材料 PAMPS / PDMAAm ダブルネットワーク（DN）ゲルが硝子軟骨の *in vivo* 自然再生を誘導する現象を世界で初めて発見した。本研究の目的は、この軟骨自然再生現象において、多機能 DN ゲルが間葉系細胞を軟骨細胞へ分化させる過程の遺伝子発現、代謝のダイナミクスを解析することにより、合成ゲルに誘導される軟骨分化の細胞内情報伝達機構を解明することである。本年度は ATDC5細胞の軟骨細胞への分化過程において、多機能ゲルの影響、インスリンの有無の影響を考察するため、どのような遺伝子群が発現するか DNA チップを用いた網羅的な遺伝子発現の解析を行った。サンプルとしては PAMPS ゲル、PS ゲル（インスリン添加）、PS ゲル（インスリン無添加）上で ATDC5細胞を培養、培養後1、2、3、5日後の4点でサンプルを回収・抽出したトータル RNA を用いた。抽出 RNA は定量、純度を測定、ほぼ均一に抽出されたことを確認後、マウス DNA チップを用い、1色法によって1対1比較を行った。従来、ATDC5細胞は PAMPS ゲルではインスリンがなくても軟骨に分化、PS ゲルではインスリンが分化に必要であった。遺伝子網羅的な解析において、インスリン様成長因子に注目した結果、PAMPS ゲルでは1日目から発現し、5日まで増加しているが、PS ゲルではほとんど発現が認められなかった。但し、PS ゲルにインスリンを加えた細胞群では5日目に有意な増加がみられた。これらの結果、PAMPS ゲルにはインスリン様成長因子の遺伝子発現を誘導する作用があることが示唆された。一方、PAMPS

ゲルでのみ発現が誘導される遺伝子として、組織メタロプロテアーゼ阻害物質が見いだされた。機能は不明であるが、バイオマーカーとしての可能性が示唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療、軟骨、プロテオミクス

〔研究題目〕 非 DNA に対する放射線損傷に伴う生物影響の検討

〔研究代表者〕 加藤 大 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 大 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、非 DNA 性の核酸生体分子である RNA 分子が、放射線によって損傷した場合の生体影響を多角的に解析し、どのような生物学的効果を示すかを *in vitro* および *in vivo* 実験で検証することが目的である。リボ核酸の一種であるアデノシン三リン酸 (ATP) は、生体エネルギー供与物質として多様な生化学反応へエネルギーを供与している。さらに、遺伝情報の仲介物質であるメッセンジャーRNA を合成するための基質でもあるため、遺伝子情報の正確な発現にも重要な働きをしている。そのため、ATP の塩基部位に生じる僅かな分子変異が、この RNA 合成にも深く関わり、突然変異や発がんの原因となる可能性がある。そこで、本課題では、DNA 以外の分子が損傷を受けた場合に引き起こす生物効果を指標として ATP の生化学機能を網羅的に解析する。

平成25年度は、放射線照射による ATP 分子の変化を分析するため、溶液状 ATP 分子に対して γ 線照射を段階的に行い、液体クロマトグラフを用いた測定を行った。液体クロマトグラフの検出器としてすべての核酸分子を直接酸化検出ナノカーボン電極を配置し、上述の γ 線照射試料の分析を行った。その結果、 γ 線の照射量に応じリン酸基の加水分解に伴う ATP 量の減少が見られたことに加え、5Gy の γ 線を照射した ATP 試料のみ、未知ピークが観察され、質量分析と同様の分子変化が確認された。電気化学的反応によって検出された観点から、アデニン環構造の破壊が起きている可能性は低く、不飽和二重結合への水酸基の付加反応や、アミノ基の酸化反応が進行していることが推察された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ナノカーボン、ATP、放射光、非 DNA、分子変化

〔研究題目〕 複合機能プローブシステムによるバイオ・ナノ材料の分子スケール機能可視化

〔研究代表者〕 平田 芳樹

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 平田 芳樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

液中高分解能 FM-AFM イメージング技術およびデュ

アルプローブ AFM 技術を基盤として、生体膜上のさまざまな機能性分子の機能情報と構造情報を分子スケールで識別・可視化する新たな分子機能イメージング法を確立し、これら生体分子の細胞生理機能における微視的役割を解明することを目的としている。

〔モデル生体膜の作製〕

情報伝達や物質移動に関わる機能性生体分子は細胞膜に存在している場合が多く、そのままの状態では SPM 計測に不都合なため、モデル生体膜として固体基板上に吸着させた脂質二分子膜内に生体分子を再構成する手法であるサポータッドメンブレン法を試みた。バクテリオロドプシン分子を埋め込んだ系では、タンパク内の色素やピークシフトの有無から組込み量や活性保持が保持されている事が確かめられた。また、AFM 観察によって脂質膜内にタンパク質のユニットが3量体のまま埋め込まれている事がわかり、モデル分子系を再構成であることを示した。

〔生体分子周囲の水和構造可視化〕

複雑な柔構造を有する生体分子試料における水和構造計測を実現するため、探針駆動制御の精度および周波数帯域を改善し、複雑な形状試料においても高精度で探針が追従できるよう工夫した。その結果、生体分子系においても安定に水和構造計測ができることが確認された。具体的な例としては水チャネルであるアクアポリンの2次元結晶状膜断片をブタ眼球のレンズファイバーから分離してマイカ表面に吸着させた試料では、格子状に並んだ分子構造が観察できた。さらに、この上に形成されている水和層の膜面上の変動周期が2次元結晶の格子周期と良く一致している事を明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー、ライフサイエンス

〔キーワード〕 走査プローブ顕微鏡、水和構造、機能性タンパク質、モデル生体膜

〔研究題目〕 細胞シグナリング複合体によるシグナル検知・伝達・応答の構造的基礎

〔研究代表者〕 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃

(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

目標：

細胞におけるシグナル伝達と制御の主役を担うのはタンパク質複合体である。本研究では複合体構造を、精製タンパク質の透過電子顕微鏡 (TEM) 画像から情報学的再構成により立体構造を導き出す単粒子解析法と、細胞を水溶液中で固定・ラベルするだけで複合体の局在を高分解能で決定する大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を組み合わせることで解析し、その機能を明らかにする。

研究計画：

単粒子解析の画像解析プログラムの自動化と精度を向

上させ、不安定な複合体で完全会合体の割合がある程度低くとも、その構造が解明できる方法へと改良する。そのために、確率概念を用いた計算自動化プログラムを開発する。

シグナル制御を行うタンパク質複合体の機能を理解するためには、大気圧電子顕微鏡 ASEM によって細胞内での局在と離合集散とを高分解能で観察することが必要である。タンパク質3次元微小結晶を ASEM を用いて高分解能で観察することで、微小3次元結晶染色法を開発し、シグナル制御複合体のより良い3次元結晶化条件を ASEM を用いて探す。

年度進捗状況：

本項目によって、領域内での連携をさらに深め、共同研究の進展を図った。単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、完全会合体の割合が低い不安定なチャネル複合体でも、解析できる方法を開発した。この方法を用いて、実際に動的な複合体である microtubule を解析した。シグナル制御を行う複合体の多くは、動的に離合集散を繰り返し、細胞内での配置を換えながら機能する。これらの局在を観察するために、新たに開発した大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を用いた水中免疫電顕法の開発に成功した。離合集散を繰り返す複合体である細胞骨格の microtubule・F-actin が初代培養神経細胞がシナプス形成するときに起こす変化を水中免疫電顕撮影に成功した。マイコプラズマの足複合体に相当する構造の免疫電顕高分解能撮影に成功した。さらに、ニューロンのシナプス形成におけるプレシナプス構造の詳細観察と免疫電顕に ASEM を用いて成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シグナル伝達、分子複合体、電子顕微鏡、タンパク質構造、イオンチャネル

【研究題目】 有機反応ダイナミクス支配現象の微視的解析

【研究代表者】 古明地 勇人

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 古明地 勇人 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

化学反応がなぜどのように進行するかを、溶媒も含めた全分子のダイナミクスに基づいて、分子レベルで明らかにすることを目的とする。

研究計画：

上記の目標遂行のためには、溶媒を含めた、全分子系を量子化学的解析を可能にする、第一原理分子動力学法を発展させる。具体的には、フラグメント分子軌道法 (FMO) に基づく分子動力学 (MD)、FMO-MD 法の方法とソフトを開発発展させる。溶媒の動的関与が重要な代表例反応をとりあげ、速度論的解析を行い、さらに FMO-MD 法による溶液反応シミュレーションを実施し、

溶媒とダイナミクス解析を行う。

年度進捗状況：

H25年度は、FMO-MD 法のプログラムの発展的开发を行った。FMO 法は分子軌道法プログラムの ABINIT-MP に導入されているが、H24-25に掛けて、ABINIT-MP に FMO-MD 法を直接実装した。この新規バージョンを H26年度に公開するために、動作試験とマニュアル作成を行った。一方、FMO-MD 法を、将来的に生体分子の反応シミュレーションに展開するための基礎データとして、水和 DNA の電子状態計算を FMO 法で行った。その結果、水和により DNA 内の塩基間相互作用が大きく変化すること、それは主に静電相互作用の変化によること、などが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 計算機シミュレーション、電子状態、化学反応

【研究題目】 量子・情報科学理論の融合による生体反応場の統合的解析

【研究代表者】 館野 賢 (兵庫県立大学)

【研究担当者】 山崎 和彦、山崎 智子 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

遺伝子の発現調節や複製において主要な生体反応場を構成するゲノム DNA では、細胞の状態変化に対応し、超らせん状態を含む様々な構造変換が行われている。本研究では、その制御に関わるタンパク質因子が超らせん DNA を認識・結合する機構を解明し、反応場の転換の仕組みの一端を明らかにすることを目的とする。分担研究においては、円二色性分光法、NMR 分光法、表面プラズモン共鳴法などの物理化学的実験により、タンパク質・核酸相互作用に関する詳細なパラメータを決定する。これらのパラメータと分子生物実験による知見・パラメータと併せ、計算科学的手法を用いて、タンパク質核酸複合体の立体構造モデルや超らせん認識機構に関する数理モデルを構築する。

本年度は、円二色性分光法、NMR 分光法、表面プラズモン共鳴により、タンパク質因子とプラスミド DNA の相互作用解析を行った。円二色性分光法において、プラスミドの超らせん状態の違いにより、タンパク質が結合した場合のスペクトル変化の状態が大きく異なることを見いだした。円二色性、NMR スペクトル変化のタンパク質濃度依存性や表面プラズモン共鳴実験による結合キネティクス解析により、結合強度、結合の量比、結合・解離速度などのパラメータを得ることに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 DNA 超らせん、タンパク質核酸相互作用、立体構造、NMR、計算科学、構造転移の数理モデリング

〔研究題目〕放射光軟 X 線を用いて誘発した ATP の分子変異の誘発による生物効果の制御

〔研究代表者〕加藤 大 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕加藤 大 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、放射光軟 X 線のもつ元素選択性を利用して、RNA 合成や放射線バスター効果などの生物効果を制御する手法を確立することにより、細胞の放射線感受性を制御することが目的である。そのために、生体内における様々な生化学反応の担い手として最も重要な物質の一つである ATP に着目した。まず、放射光軟 X 線を用いて ATP に生物効果を顕著に変化させるような特異的な構造変異を誘発させる。そして、その変異の種類に伴って変化する生物反応・生化学反応を解析する。それにより、軟 X 線の波長や光量と分子構造変異の関係、ならびにこれら変異がもたらす ATP の生物効果 (エネルギー供与能力、遺伝情報伝達能力、及び細胞間情報伝達能力など) に対する系統的な知見を得ることができる。

平成25年度は、溶液状 ATP 分子に対して γ 線照射を段階的に行い、それらが試料に与える影響を質量分析、軟 X 線吸収スペクトルおよび電気化学分析を用い検討した。これらのうち、我々は電気化学分析を担当し、高速液体クロマトグラフィーとナノカーボン薄膜電極の組み合わせによって、ATP、ADP、AMP などを安定に分離・定量出来る計測条件を最適化した。その結果、 γ 線の照射量に応じリン酸基の加水分解に伴う ATP 量の減少が見られ、逆に分解により生成した ADP 分子は全体の2.5%程度以下であることを見出した。これらの結果は質量分析などの解析法でもほぼ同等の結果が得られることが確認された。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕ナノカーボン、ATP、放射光、分子変化

〔研究題目〕内在性線維芽細胞・基質複合体被覆下における移植腱マトリクス再構築機序の解明と制御

〔研究代表者〕近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕近江谷 克裕 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

北海道大学の近藤らは、臨床研究で問題となっている自家移植腱の力学的劣化現象の本質が、内在性線維芽細胞壊死後に浸潤する外来性線維芽細胞が起こすマトリクス再構築現象であることを、その分子機序と共に明らかにしてきた。そこで大動物モデルを用いて行う本研究の目的は、自家移植腱マトリクスを「内在性線維芽細胞・基質複合体」で被覆することによって外来性線維芽細胞の浸潤を阻止し、そこから内在性線維芽細胞のみを浸潤させることが移植腱マトリクス再構築現象に与え

る効果とその分子機序の解明が重要な課題となっている。産総研の近江谷らはウミホタルルシフェラーゼの糖鎖にインドシアニンなどの色素を化学的に結合させると、ウミホタルのルシフェリン・ルシフェラーゼ反応で生まれた光が励起光となって結合した色素を励起し近赤外光が生まれる発光プローブの開発に成功した。さらにこの近赤外光プローブを抗体に融合させると生体内でも対象となる抗原を追跡できることを証明した。そこで本研究では再構築現象を追跡できる光プローブの作成を目指した。本年度は昨年度同様に近赤外光プローブを作成、抗体と融合するためのビオチン化修飾後、精製し、各種抗体と融合させたプローブ群を作成した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕自家移植腱マトリクス、光イメージング、ルシフェラーゼ

〔研究題目〕加齢による血栓傾向とその日内リズムを改善する食品成分探索と新規機能性食品の開発

〔研究代表者〕大石 勝隆

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕大石 勝隆 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

現在我が国においては5人に1人が睡眠に問題を抱えているとされ、高齢者においては3人に1人ともいわれている。睡眠障害は、うつ病や神経症などの精神疾患のみならず、肥満や糖尿病、高血圧、メタボリックシンドロームなどの代謝性疾患の原因ともなっており、2006年には日本における睡眠障害の経済損失が3.5兆円 (医療費を含めると5兆円) との発表もなされた。その大きな原因は、社会の24時間化による生活リズムの乱れと、社会の高齢化であると考えられている。本研究課題においては、加齢に伴う生体リズムの乱れと血栓傾向との関連性を明らかにしようとするものである。

今年度は、生体リズムの乱れた睡眠障害モデルマウスとして、明暗サイクルを通常の明期12時間：暗期12時間 (LD12:12) から、明期3時間：暗期3時間 (LD3:3) に変化させることにより活動リズムを攪乱する実験を行った。行動リズムの乱れが末梢時計に与える影響について調べるために、肝臓や心臓、白色脂肪組織における時計遺伝子の発現リズムを検討したところ、*Per1*や *Per2*などの時計遺伝子の日周発現が乱れていることが確認された。血液線溶系の強力な阻害因子で、時計分子 *CLOCK* や *BMAL1/2*によって直接的に転写制御されている *Pai-1*遺伝子の発現について調べたところ、発現リズムの消失が確認された一方で、発現量の変化は認められず、リズム障害による血栓症の発症リスクの変化は示唆されなかった。今後は、*PAI-1*以外の血液凝固線溶分子の発現への影響を調べるとともに、我々が独自に開発した、ストレス性睡眠障害モデル動物を使った検討を行う計画

である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体内時計、加齢、サーカディアンリズム、血栓症、時計遺伝子

【研究題目】 シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析

【研究代表者】 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

目標：

細胞におけるシグナル伝達と制御の主役を担うのはタンパク質複合体である。本研究では複合体構造を、精製タンパク質の透過電子顕微鏡 (TEM) 画像から情報学的再構成により立体構造を導き出す単粒子解析法と、細胞を水溶液中で固定・ラベルするだけで複合体の局在を高分解能で決定する大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を組み合わせて解析し、その機能を明らかにする。

研究計画：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、不安定な複合体で完全会合体の割合がある程度低くとも、その構造が解明できる方法へと改良する。

シグナル制御を行うタンパク質複合体の機能を理解するためには、大気圧電子顕微鏡 ASEM によって細胞内での局在と離合集散とを高分解能で観察することが必要である。タンパク質3次元微小結晶を ASEM を用いて高分解能で観察することで、微小3次元結晶染色法を開発し、シグナル制御複合体のより良い3次元結晶化条件を ASEM を用いて探す。

年度進捗状況：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、完全会合体の割合が低い不安定なチャンネル複合体でも、解析できる方法を開発した。この方法を用いて、実際に動的な複合体である microtubule を解析した。シグナル制御を行う複合体の多くは、動的に離合集散を繰り返し、細胞内での配置を換えながら機能する。これらの局在を観察するために、新たに開発した大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を用いた水中免疫電顕法の開発に成功した。離合集散を繰り返す複合体である細胞骨格の microtubule・F-actin が初代培養神経細胞がシナプス形成するとき起こす変化を水中免疫電顕撮影に成功した。マイコプラズマの免疫電顕高分解能撮影に成功した。さらに、ニューロンのシナプス形成におけるプレシナプス構造の誘導を、磁気ビーズに結合した誘因タンパク質により行うことに成功し、さらに詳細観察と免疫電顕に ASEM を用いて成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シグナル伝達、分子複合体、電子顕微鏡、

タンパク質構造、イオンチャネル

【研究題目】 少数のダイニンと微小管から成る振動系の作成と構造・機能研究

【研究代表者】 広瀬 恵子

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 広瀬 恵子 (常勤職員1名)

【研究内容】

繊毛・鞭毛の波打ち運動は、ATP 加水分解のエネルギーを利用して微小管上をマイナス端方向に移動する分子モーターダイニンによって駆動される。ダイニン分子は繊毛・鞭毛内で規則的に配列し、互いに協調し、また、力などの因子による制御を受けながら機能するが、その仕組みを理解するためには、実際に力を出して運動しているダイニンの構造を高分解能で明らかにする必要がある。しかし、力学的負荷のもとで運動中のダイニンの構造に関する知見は、現在までほとんど得られていない。そこで本研究では、このようなダイニンの構造を低温電子顕微鏡で解析することを目的とし、少数のダイニン分子と微小管、微小管架橋構造から成る系を開発した。

緑藻クラミドモナスから軸糸外腕ダイニンを抽出し、長さを短くした微小管に結合させて、1マイクロメートル程度の微小管二本の間に十〜数十個のダイニン分子が規則的に並んだ複合体を作成することができた。ATP を加えて運動が起こると微小管が滑り合って複合体が解離してしまうため、DNA 折り紙法を利用したリンカーで微小管同士を架橋した。ビオチン化した微小管を用いてダイニン-微小管複合体を作成し、両端をビオチン化した DNA 折り紙架橋構造を用いて、ストレプトアビジンを介した架橋を行った。作成したダイニン-微小管-DNA 架橋複合体に ATP を加えて急速凍結することにより、力発生中のダイニンの構造を電子顕微鏡で観察することができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 分子モーター、細胞運動、鞭毛・繊毛、電子顕微鏡

【研究題目】 アメーバ運動を統御するアクチン構造多型マシナリー

【研究代表者】 上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃

(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

本研究の主たる目的は、アクチン結合ドメインとアクチンフィラメントの結合が協同的か、また二つのアクチン結合ドメインが排他的もしくは協調的にアクチンフィラメントと結合するかを解明することである。手法としては、蛍光顕微鏡による直接観察法と、アクチンフィラメントを超遠心し、共沈するアクチン結合ドメインの量

を定量する方法を想定している他、本新学術領域総括班が提供するさまざまな先進測定・観察技術を活用する。

1. HMM とコフィリンが、それぞれ相互排他的にアクチンフィラメントと協同的に結合する減少については、補充実験を行い、論文投稿の準備を進めた。
2. さまざまなアクチン結合タンパク質のアクチン結合ドメインを GFP 融合タンパク質として細胞性粘菌で発現し、細胞内の特定のアクチンフィラメントと結合するアクチン結合ドメインを複数種同定した。これらは、細胞内アクチンフィラメントの構造多型性を認識して局在している可能性が高いと考えている。
3. コフィリンがアクチンフィラメントに協同的に結合する際のアクチンフィラメントの構造変化を、高速原子間力顕微鏡により観察した。その結果、コフィリンはクラスター状にアクチンフィラメントと結合するが、これにより引き起こされる、らせんピッチの短縮を伴うアクチンフィラメントの構造変化は、フィラメントのマイナス端方向へ一方向的に伝播することを見出した。またコフィリンクラスターの伸長方向もマイナス端方向へ一方向的であった。これは、アクチンフィラメントの一方向的な協同的構造変化を初めて実証した結果である。なおこの実験は、総括班の金沢大学古寺准教授の全面的な協力を得て行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] アクチンフィラメント、アクチン結合タンパク質、協同的構造変化、高速原子間力顕微鏡

[研究題目] SecDF のタンパク質膜透過促進機構に関する電子顕微鏡構造解析

[研究代表者] 三尾 和弘

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 三尾 和弘、(常勤職員1名)

[研究内容]

SecDF はトランスロコン複合体において、膜を通過したペプチドをつかんでペリプラズム側に引き上げることで、淀みないペプチド輸送を可能にする。結晶解析から SecDF にはペプチド引き上げの初期状態 (F 型) と、後期状態 (I 型) の少なくとも2つの構造があることが示唆されたが、現在のところ解析に成功しているのは F 型のみで、I 型についてはペプチド結合領域 P1の部分結晶しか得られていない。輸送機構の全容を理解するために、I型の構造解明が望まれている。

ペプチド引き上げの最終段階と考えられる I 型構造を電子顕微鏡解析で確認することを目的に実験を行った。予備的検討において溶液中には F 型および I 型構造が混在し、さらにそれらの中間構造と思われる分子の存在も確認された。STEM トモグラフィーを用いた解析により、野生型 SecDF の三次元構造解析を行ったところ、大きく2つのグループに分けられ、それぞれ F 型および

I 型構造に対応するものと考えられた。さらに単粒子解析法の技術を用い負染色画像からの三次元構築を行ったところ、STEM トモグラフィー同様 F 型および I 型構造に相当する2つの構造体を示すことができた。また I 型のみを効率よく選び出すために、Ile106 と Leu243 をシステイン置換したコンストラクトを用い、分子内架橋によって I 型構造比率を高めた試料を作成した。電気泳動等の生化学手法で十分架橋されたことを確認した後電子顕微鏡撮影でデータ取得し、単粒子解析法で構造決定した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] タンパク質構造解析、膜蛋白質、電子顕微鏡、画像情報処理

[研究題目] CRISPR システムにおけるエフェクター複合体の構造機能解析

[研究代表者] 沼田 倫征

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 沼田 倫征 (常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

CRISPR-Cas システムでは、まず、細胞内に侵入してきた外来 DNA の一部が、宿主ゲノムに取り込まれる。取り込まれた DNA 配列から合成された crRNA は、Cas タンパク質と会合してエフェクター複合体を形成し、crRNA と配列相補的な外来核酸を特異的に認識し分解する。タイプ III のエフェクター複合体は、crRNA と5種の Csm タンパク質からなる Csm 複合体と、6種の Cmr タンパク質からなる Cmr 複合体に大別される。

今年度は、Csm 複合体を構成する Csm3 と Csm4 との複合体の結晶構造の決定を試みた。まず、これらタンパク質を共発現させ、各種クロマトグラフィーを用いて、複合体として精製した。Csm3-Csm4複合体の結晶化をスクリーニングした結果、単結晶を得ることに成功した。次に、大型放射光施設フォトンファクトリーにて回折実験を行い、3.1~3.2Å分解能の回折データを収集した。結晶の位相はセレノメチオニン置換体結晶を用いた SAD 法により決定した。Csm3-Csm4複合体の構造を解析した結果、Csm4の構造が Cmr3と類似していることが明らかとなった。一方、Csm3の構造は Cas7と類似していることが分かった。ゲルシフト解析を行ったところ、Csm3-Csm4複合体は配列非特異的に ssRNA と結合することが明らかになった。次に、Csm3と Csm4のいずれのサブユニットが RNA 結合に関わるのか解明するため、それぞれのサブユニットと ssRNA とのゲルシフト解析を行った。その結果、Csm3は ssRNA とは結合せず、Csm4が ssRNA との結合に関わることが分かった。Csm4にはプラスにチャージした領域が存在しており、この塩基性領域に RNA が結合すると推定される。現在、変異体解析を進めているところである。また、Cmr 複合体の再構成も進めており、これまでに、6種の

Cmr タンパク質が相互作用し、crRNA と結合することを確認している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

〔研究題目〕 細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメージング技術

〔研究代表者〕 Kaul Sunil

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 カウル スニル、ワダワ レヌー

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

当研究室で見出したモータリン抗体は細胞内在化の性質を持つことから、*in vitro*、*in vivo* を問わず、遺伝子導入やイメージングの強力なツールとなることが予想される。しかし、モータリンを抗原とする全ての抗体が内在化の性質を示すわけではなく、特異性と抗体価が同じでも内在化しない抗体もあり、内在化は特定のエピトープに限られた現象だと考えられる。本研究では細胞内在化の分子機構を詳細に調べ、基礎研究、臨床研究に有用なイメージング技術としての応用を目指した。

新規に作製した3つの抗モータリン抗体について、モータリントタンパク質の欠損変異体と合成ペプチドを用いて、各クローンの最終的なエピトープを決定した。各抗体クローンにつき、6種のヒトがん細胞を用いて、細胞への内在化能を調べた。内在化能を持つ抗体と持たない抗体があり、それぞれ異なるエピトープを有していた。がん細胞、間葉幹細胞、iPS 細胞を用い、抗体に量子ドットを結合させ、ナノ運搬体としての可能性を調べた。*in vitro*、*in vivo* においても、これらの細胞では、長時間にわたり量子ドットによるラベルが見られた。内在化のメカニズムを複数の阻害剤で調べた結果、ナスタチンにより最も強く阻害されたことから、脂質ラフトを介するエンドサイトーシスの関与が示唆された。さらに、三つのラフト経路の阻害剤を用いて調べた結果、内在化はダイナミン阻害剤で強く阻害される一方で、カベオリン-1阻害剤と CDC42阻害剤には弱い効果を示した。これらにより、抗モータリン抗体の細胞内在化は、ダイナミンとカベオリンに依存性のエンドサイトーシスの関与が大きいと結論した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 モータリン、抗体、イメージング

〔研究題目〕 カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発

〔研究代表者〕 丹羽 修 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 丹羽 修、加藤 大、吉岡 恭子

(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

本研究では、ナノ構造を有する電極上に薬物代謝に関する酵素 (チトクローム p450) を固定化し、薬物代謝と阻害を電流値の変化でスクリーニングことを目的とする。電子サイクロトロン共鳴スパッタ法で作製したカーボン薄膜に UV/オゾン処理により形成したナノ構造体電極上では、BOD の酸素還元電流が、30倍以上も向上した。しかしながら昨年度サイズが大きいチトクローム P450 (CYP) で同様な実験を行ったところ、あまり顕著な差は観測されなかった。そこで、より大きなナノ空間を創りだせる材料としてカーボンナノファイバーを薄膜カーボン電極に修飾し、それに CYP を吸着固定化して酸素還元電流を測定したところナノファイバー電極と CYP 間の直接電子移動による大きな酸素還元電流が観測された。その系に薬物であるテストステロンを加えると還元電流は大きく増幅され薬物代謝の直接電子移動に基づく電流を観測できた。また、同様にキニジンを加えても電流の増加が観測された。更に、代謝酵素活性を阻害する薬物 (ケトコナゾール) を加えると還元電流は大きく低下した。以上の結果からナノカーボン電極を用いた直接電子移動による薬物スクリーニングを観測することに成功した。更に同様に表面にナノレベルの構造を有するインジウム-錫酸化物 (ITO) を用い、それに CYP 酵素を修飾して測定を行ったところ、同様に薬物代謝による還元電流増幅と阻害剤による現象を明瞭な差で観測できることを確認した。更に ITO 電極では、純度が高く高価な CYP の代わりにマイクロゾーム画分を含む CYP を用いても薬剤代謝に伴う電流計測は可能であった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ナノ構造カーボン、電気化学、薬物代謝、阻害、チトクローム P450、カーボンナノファイバー、インジウム-錫酸化物

〔研究題目〕 臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究

〔研究代表者〕 新家 一男

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 新家 一男 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

がん細胞の特徴は、高い増殖力、細胞の不死化、周辺組織への浸潤や転移など代表的であるが、全てのがん細胞がこのような特徴全てを持っているわけではなく、実際にこれらの特徴を併せ持ち、ヒトや動物に癌を生じさせたり、進行させる能力 (造腫瘍能) があるものは、全体のごく一部である。そういった多様な機能を持ったがん細胞を作り続ける最も未分化な細胞をがん幹細胞と呼ばれ、がんがこの幹細胞様の細胞から発生・進行するという仮説 (がん幹細胞仮説) が提唱されている。がん化学療法において、薬剤耐性を含めた問題を克服するためにも、このがん幹細胞を叩かなければならないと考えら

れるようになってきており、がん幹細胞に対して作用を示す化合物の発見が望まれている。

平成25年度は、二種類の患者由来の GBM 細胞のうち、より悪性度の高い1123 (mesenchymal 由来) を用いて、分化させた同細胞に対する細胞毒性と比較対象に用い、一つの大きな sphere 塊に対して選択的に細胞死を誘導するアッセイ系を用いて、がん幹細胞選択的阻害剤のスクリーニングを行った。

大きな sphere 塊を形成するために種々の検討を行った結果、PrimeSurface プレートを用いることにより、安定に大きな sphere 塊を形成させる系の確立に成功した。また、イメージアナライザーを併用することにより、propidium iodide を用いて死細胞を染色定量することが可能になった。

本アッセイ系を用いて、約5万ライブラリーについてスクリーニングした結果、単離天然化合物ライブラリーより、10個の化合物を活性物質として得た。さらに微生物培養抽出サンプルを用いてスクリーニングを行った結果、10個のヒットを得た。これらのヒットサンプルについて再現培養を行い、活性物質の単離、同定を行った結果、一つの糸状菌が極めて強力に細胞死を誘導する物質を産生していることを見出した。本化合物は、分子量422あるいは448の化合物であることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】がん幹細胞、スクリーニング、天然化合物ライブラリー

【研究題目】新規発光・蛍光技術ソースの探索を目的とした発光生物調査

【研究代表者】近江谷 克裕

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】近江谷 克裕、三谷 恭雄、二橋 亮

(常勤職員3名)

【研究内容】

新規発光・蛍光技術の確立、新規の生物発光・蛍光技術を創出するソース探索のため、世界各地の発光生物及びその共生微生物群を現地調査する。採取されたサンプルは、現地協力者の実験室にて遺伝子を抽出、或いは低分子化合物も抽出し、協力者の許諾のもと一部は現地の研究者に、一部は申請代表者の産総研に持ち帰り、知財確保、論文作成を目指す。本年度は、気候変動や現地協力者の状況に応じて2カ国（中国、ブラジル）及び海外との比較を行うことを目的に国内富山県魚津市を中心に現地調査、研究打合せを行った。具体的には、①平成25年8月29日－9月2日、研究代表者近江谷は中国での研究協力者の中国科学院昆明動物研究所の Andy Liang 教授とともに同教授が発見した発光甲虫の野外調査の一環として中国青海省黄河の源流域を調査した。本年度は予備調査として現地の森林の環境調査を行った。季節的には発光甲虫の採取は困難であったが、発光甲虫が生息可能

な地域であることを確認した。②平成25年9月30日－10月2日まで上旬、共同研究者三谷と共に富山県魚津市にて魚津水族館の協力を得て発光ゴカイの採取を行った。発光ゴカイの遺伝子の抽出作業を行い、同時にライブラリーの作成を行った。現在、ルシフェラーゼ遺伝子のクローニングを行っている。③平成26年3月に研究代表者近江谷、共同研究者三谷、二橋でブラジルサンパウロ、国立サンカルロス大学 Viviani 教授を訪問、共同研究契約のもとサンパウロ周辺の発光生物を調査した。インターバル国立公園にて鉄道虫の採取に成功した。また、Viviani 教授と共に発光甲虫の進化・拡散を探るため、ミトコンドリア遺伝子の解析を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】発光生物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、遺伝子資源

【研究題目】エストロゲン様化学物質影響評価のための細胞内新規シグナル伝達経路の解明

【研究代表者】木山 亮一

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】木山 亮一（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

エストロゲンは、女性ホルモンとして様々な生理現象に関わっているだけでなく、脳の性分化や性行動などの神経内分泌機能にも大きく関与している。エストロゲンの細胞に対する作用は、細胞核内の受容体に結合して様々な遺伝子の発現を制御するいわゆるゲノミック経路が知られているが、近年、膜受容体を介したノンゲノミック経路が明らかになってきた。ノンゲノミック経路による細胞内シグナル伝達は転写を伴わないため数十分程度の短時間でシグナル伝達が進むことから、細胞機能を短時間で変化させるメカニズムとして重要である。我々は、ノンゲノミック経路に関わる新規カスケードを明らかにすることで様々な生理現象や細胞機能のメカニズムを解明し、さらに、エストロゲン製剤や機能性食品などへの応用の可能性を追求したい。本年度は、エストロゲン様活性を有するが細胞増殖能は持たない「サイレントエストロゲン」に属する化合物を明らかにし、特許申請や学会発表などを行った。また、シグナル伝達カスケードに関する包括的な検証を行い、いままでエストロゲンとの関与が明らかではなかった遺伝子について新しいシグナル伝達経路の関与を明らかにした。また、ラット脳の性分化において、細胞運動に関与する新たなエストロゲン応答経路、PKC δ /Rac1/PAK1/LIMK1/cofilin 経路について解析を行った。今後は、新規シグナル伝達カスケードに関する天然物由来化合物を用いた検証を継続することで、すでに得られた基本的なシグナルカスケードに関する情報を統合して、新しいカスケードの探索をおこない、エストロゲン製剤や機能性食品などへの応用の可能性を検討したい。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 エストロゲン、シグナル伝達、脳神経系、遺伝子発現プロファイリング、遺伝子機能

【研究題目】 張力によるアクチンの構造変化と、それに依存したミオシンの結合増加及び局在制御

【研究代表者】 上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 上田 太郎 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、張力によるアクチンフィラメントの構造変化を解明し、さらにそうした構造変化によるミオシン結合量の増加ならびに細胞内局在変化するかを検証するために、大別して三つのサブテーマに分かれた実験を行い、最終的にそれらの結果を総合的に解釈してメカノセンサーとしてのアクチンフィラメントの機能とそれによるミオシン機能の制御システムの理解を目指す。それぞれのサブテーマの目標と昨年度の進捗は以下の通りである。

1. 目標: *in vitro* でアクチンフィラメントに張力を負荷し、それによってミオシンモータードメインの結合量が増えることを実証するとともに、構造変化を引き起こすのに必要な力を見積もる。

進捗: 力を負荷するための伸縮性基板上でアクチンフィラメントを共焦点蛍光観察により観察し、さらに GFP-S1がこれに結合する様子を観察した。

2. 目標: 張力負荷時にアクチンフィラメントにどのような構造変化が起きるかを予測し、それを検出できるような蛍光プローブを開発して、*in vitro* および *in vivo* でプローブの蛍光変化を検出する。

進捗: MD シミュレーションの予測に基づき、分子内 FRET アクチンを調製した。その特性を評価する系(上記)の確立待ちとなっている。一方、分子内 FRET アクチンを細胞に導入して細胞内アクチンの構造多型性を観察したところ、有望な予備的な成果が得られた。

3. 目標: 細胞内のアクチンフィラメントにどの程度の張力がかかっているかを見積もり、*in vitro* で構造変化を起こすのに必要と見積もられた力と比較する。

進捗: ピラー列上で細胞の観察を行った。意味のあるデータを取得できるような、ピラーのコンプライアンスの検討を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アクチンフィラメント、メカノセンシング、協同的構造変化

【研究題目】 高分解能3次元組成分析システムの開発と生物試料の解析

【研究代表者】 小椋 俊彦

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 小椋 俊彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

本研究では、大気圧下や水溶液中の生物サンプル及び有機材料を高分解能で観察するための、電界放射型走査電子顕微鏡を用いた新規の顕微鏡システムの開発を行う。このシステムでは、従来の装置では困難であった、電子線ダメージが無く、高コントラストでの撮像を可能とすると共に、1回の撮像によるサンプルの3次元構造と組成情報を同時に解析することを目標とする。

研究計画:

本年度は、前年度に立ち上げた熱電子銃型走査電子顕微鏡を用いた X 線検出システム及び、2次電子透過検出システムを用いて、水溶液中の生物試料の観察を行うための観察ホルダーの開発を行った。これと同時に生物試料のダメージの検討と、3次元解析アルゴリズムの改良を行う。

年度進捗状況:

これまでの観察ホルダーは、大気圧環境を保持していたが、水溶液試料を封入すると水溶液の厚さが40 μm 以上となり、軟 X 線や電子線がほとんど透過せず、観察が困難であった。そのため、厚さが10 μm 以下となるよう改良を加え、かつ真空中での気密性を向上させた。これにより、安定して水溶液中の生物サンプルの観察が可能となった。軟 X 線の観察では、熱や X 線によるダメージが予想以上に大きく、生きた状態での観察は困難であった。一方、透過2次電子は、数 μm の厚さを透過することが難しく、観察自体が出来なかった。そのため、生物試料へのダメージが少なく、かつ水溶液を良く透過する観察方法を新たに開発した。この方法では、水溶液中の生物試料をダメージ無く、そのままの状態で見ることが確認された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、画像情報処理、非染色生物試料、電子線ダメージ、3次元構造解析

【研究題目】 ナノカーボン電極を用いたリムルス試薬非依存型 LPS 定量デバイスの開発

【研究代表者】 加藤 大 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 加藤 大、吉岡 恭子、田中 睦生、丹羽 修 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

従来、高価なリムルス試薬を必要とする lipopolysaccharide (LPS) の計測を、LPS を認識し、なおかつ電気化学活性を有する合成プローブにより、電極表面上でシグナル増幅させることで、高感度に LPS を検出する方法の実現を目的とする。このような新規計測法の性能向上を図るために、①表面が原子レベルで平坦で極めてノイズ電流の小さいスパッタナノカーボン薄

膜電極の表面構造の最適化、②電気化学活性基を有する LPS 認識プローブ分子の開発、③測定系の微小流路デバイス化、の3項目を中心に検討し、リムルス試薬不要な高感度 LPS 検出システムの実現をめざす。

平成25年度は、下記の成果を得た。

1. LPS 認識分子であるポリεリジン (PL) をナノカーボン電極表面に固定化し、LPS の認識・濃縮を行う反応場を構築した。PL 修飾電極上に LPS を捕捉させた後に、フェロセンを標識した LPS 認識分子 (ポリミキシン B) プローブを添加し、前述の捕捉した LPS に作用させ吸着させた。最終的に電極上に捕捉されたプローブ量に応じた電気シグナルを計測することで LPS 定量を行った。その結果、リムルス試薬を用いることなく2ng/mL の LPS まで定量できることを実証した。従来カーボン電極 (グラッシーカーボン) を用いた本測定系では、電極由来のノイズ電流の影響を受け、2ng/mL の低濃度 LPS を定量することが不可能であったことから、ナノカーボン電極の有効性が実証された。

2. さらなる高感度 LPS 計測法の構築に向けて、フェロセンに代替し金属錯体を標識した LPS 認識プローブを設計した。LPS 認識分子と錯体部位の組合せを模索し、新たな LPS 定量法を構築可能な新規プローブの構造に目途をつけた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノカーボン、LPS、合成プローブ、マイクロ流路

【研究題目】 アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法の検証と遺伝子発現解析による作用機序の解明

【研究代表者】 高橋 淳子

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 高橋 淳子 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

プロトポルフィリン前駆体の5-アミノレブリン酸 (ALA) は生体に取り込まれ、特に腫瘍細胞に高濃度にプロトポルフィリンが蓄積されることが知られている。プロトポルフィリンは光励起により活性酸素を生じ細胞内で起きると細胞死を導くことから、ALA は腫瘍等の治療を目的とした光線力学的療法 (Photodynamic therapy: PDT) の増感剤として用いられている。

我々は X 線照射によりプロトポルフィリンが活性酸素を生じることを見いだした。放射線療法においてプロトポルフィリン前駆体 ALA の増感効果が得られれば、深部低被曝悪性腫瘍の治療法として臨床に用いることが可能となる。そこで、担がん動物モデルを用いて、アミノレブリン酸の X-線増感放射線療法の効果の検証し、遺伝子発現解析による作用機序の解明を行うこととした。

平成25年度は B16黒色腫固形癌マウスに対し、ALA の投与濃度、投与経路、投与時間と腫瘍内プロトポルフィリン濃度のデータを取得し、複数のプロトポルフィリン濃度条件に対して異なる線量の X 線照射を行い、腫瘍抑制効果の評価を行った。またマイクロアレイを用いて、腫瘍組織の網羅的遺伝子発現解析を行い、ALA 投与による作用機序の検討を行った。今後も引き続き、異なる種類の癌を用いて、アミノレブリン酸の X 線増感剤としての有用性の検証を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 放射線療法、X 線増感剤、5-アミノレブリン酸、ポルフィリン、遺伝子発現解析

【研究題目】 休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？

【研究代表者】 今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 今村 亨 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

マウスの毛成長周期を制御する因子を論理的に解析するため、人為的に同調させた毛周期上の様々な時期の遺伝子発現を解析した結果、研究代表者らは休止期毛包において細胞増殖因子 FGF18が高発現することを見出した。そこで FGF18が、周期的な毛成長の制御においてどのような役割を担っているかを明らかにすることを目標として、本研究を実施した。本研究では、①皮膚特異的に Fgf18遺伝子をノックアウトしたマウスを Cre-loxP 法により作成してその表現型など生物現象を解析すること、②毛包構成細胞の増殖分化と生体外 (in vitro) 毛包形成への FGF18の影響を解析すること、③脱毛症と FGF18の関連を解析すること、を研究計画とした。

平成25年度は、これまでの皮膚特異的 Fgf18遺伝子欠損マウスの作成と解析によって得られた、「Fgf18はマウス背部毛包の休止期を維持する決定的に重要な遺伝子である」という画期的な知見の深化を目的として、遺伝子欠損マウスの作成過程の帰結で生じた遺伝背景の複雑さを低減し、より詳細な解析の精密度を高めるため、本遺伝子欠損マウスを純系マウスと交配すること (バッククロス) を進めるとともに、本系統の動物の遺伝系の解析手法について改良を行った。さらに②において、マウス皮膚から調製した真皮細胞と表皮細胞の混合培養を用いて生体外で毛包を形成させる実験系を用いて、FGF18が生体外毛包形成に与える影響を調べ、遺伝子レベルだけでなく蛋白レベルでもその影響を記述した。その結果、毛包形成と密接に関連する遺伝子やタンパク質の発現を FGF18が調節することが示された。また、広範な研究コミュニティからの要請に応じて、FGF18が有する毛成長休止期維持活性についての知見の普及活動を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 毛成長周期、休止期、維持、FGF18

【研究題目】 実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリバリーシステムの開発

【研究代表者】 近藤 哲朗

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 近藤 哲朗 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

近年、抗体医薬や核酸などの高分子医薬の開発が進み、その特異性や劇的な治療効果から今後ますます需要が増大すると予想されるが、これらは末梢組織の癌や自己免疫疾患などを対象としたものが多い。一方、脳を標的とした抗体医薬・蛋白質医薬は、血液脳関門 (Blood-brain barrier: BBB) が障壁となっており、実用化されているものはほとんどないのが現状である。本研究計画では、抗体医薬のみならず将来医薬としての効果が期待される様々な機能蛋白・高分子を、指向性進化工学的手法を用いて高機能化することによって脳へ非侵襲的に送達可能にする新しいドラッグデリバリーシステムの技術開発を行い、高齢社会が抱える深刻な中枢疾患の治療や予防法の開発に貢献することを目標としている。機能性蛋白を非侵襲的に脳へ送達可能にするアミノ酸配列モチーフを創出するために、平成25年度は BBB での様々な物質輸送メカニズムそのものをターゲットにしたアミノ酸配列機能モチーフの探索をファージディスプレイ法を応用して行った。多孔質膜を用いてマウス脳毛細血管内皮細胞とアストロサイトの共培養を行い、経上皮電気抵抗値 (TEER) の上昇を指標に *in vitro* BBB モデルを作成、パニング法の改良と共にモデルの改良を重ねた。高次構造に一定の束縛条件を付与したランダムペプチドファージライブラリーを作成し、*in vitro* BBB モデルに対して目的の機能を示すアミノ酸配列モチーフのスクリーニングを行った。現在までにモチーフの一つとして脳毛細血管内皮細胞に特徴的に作用する機能モチーフ配列候補群を得た (特許出願準備中)。現在さらに機能モチーフの創出を進めており、これらを用いて医薬候補となる機能タンパクへの応用および生体投与の準備を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高分子・タンパク医薬、DDS、中枢神経系、血液脳関門 (BBB)、脳毛細血管内皮細胞、アストロサイト、*in vitro* BBB モデル、指向性進化工学

【研究題目】 核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能

【研究代表者】 佐々木 保典

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐々木 保典 (常勤職員1名)

【研究内容】

核内構造体パラスペックル (PS) は RNA-蛋白質複合体であり、その形成・維持には機能性 RNA (NEAT1 RNA) が必須である。PS の構成成分の多くが RNA 代謝制御蛋白質であることから、PS は多くの機能を持つと考えられるものの詳細は明らかでない。本研究は、PS が持つ構造と核内分布様式のダイナミクスに焦点を絞り、PS 特有の形成機構を解明し、PS が核内で何らかの構造 (体) と相互作用する可能性を探り、それら標的の同定を試みる。さらに、それらと PS 蛋白質の標的分子 (RNA) 探索とをあわせて多面的に PS の動態を捉え、遺伝子発現制御機構等の観点から PS 機能を解き明かすことを目的としている。

今年度は、PS が NEAT1座位上で形成されることを踏まえ、PS と相互作用する遺伝子座位の核内分布様式を検討した。マウス NIH3T3細胞内でヒト BAC 由来 PS を形成するヘテロな系では、マウス *Neat1*座位は19番染色体上にあり、ヒト NEAT1は非19番染色体上にある。プロテアソーム阻害剤 MG132添加により PS を巨大化した際の、PS 形成および核内分布様式を調べると、マウス PS とヒト PS が独自に巨大化していた。さらに、添加前には核内で離れていたマウス *Neat1*座位とヒト NEAT1座位とが、しばしば近接した。この現象は PS 巨大化を介しており、PS に近接する他の遺伝子座位同士が核内で近傍に集積する可能性を検証中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゲノム、RNA、RNA 結合蛋白質、核内構造体、遺伝子発現制御

【研究題目】 後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成

【研究代表者】 本田 真也

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 本田 真也 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、バイオ医薬品として認可済みのサイトカインタンパク質の生体内安定性を向上させた後続バイオ医薬品の開発を目指して、同タンパク質を構成するポリペプチド主鎖の両末端を連結した環状化サイトカインを合成し、その機能と構造に関する *in vitro* 分子特性を解析することである。平成25年度は、以下の3項目を実施した。「環状化サイトカインの熱安定性解析」では、円偏光二色性測定器を用いて試料溶液の温度を一定速度で昇温し、得られた熱変性曲線を解析した。熱変性温度と変性エンタルピーを定量的に評価したところ、サイトカインの立体構造が環状化により安定化していることを明らかにした。「環状化サイトカインの細胞増殖活性の測定」では、細胞増殖活性は NFS-60細胞を用いてアッセイし、ロジスティック回帰により各々の試料の EC50 値を算出したところ、環状化サイトカインが活性な状態を維持していることを確認した。「環状化サイトカイン

のプロテアーゼ分解耐性解析」では、一定量のエキソプロテアーゼと混合したときの試料の残存量を測定して、サイトカインのプロテアーゼ分解耐性が環状化により向上していることを明らかにした。以上の *in vitro* 分子特性解析により、環状化サイトカインのレセプター結合活性および細胞増殖活性は野生型と同等であり、かつその構造安定性とプロテアーゼ分解耐性は野生型より優れたものであることが明らかになった。これは、当該分子がバイオターとして有望な創薬シーズであることを示すものである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオ医薬品、タンパク質工学、インテイン

【研究題目】 ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明

【研究代表者】 長崎 晃 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 長崎 晃 (常勤職員1名)

【研究内容】

細胞運動は発生過程、創傷治癒、神経分化、がん転移など様々な生物学的現象において重要な役割を果たしている。しかし、運動中における各セルイベント(細胞極性の維持、細胞骨格の再構成、細胞接着の制御、細胞内膜輸送等)間のクロストークに関する包括的な理解は得られていない。

そこで「各セルイベント間を統括制御する因子の同定」を進めるため、細胞運動に関わる遺伝子群の探索を行い、昨年度までに PLD と32のキナーゼ関連遺伝子を同定した。

そこで、細胞運動遺伝子として同定した PLD とキナーゼ関連遺伝子群をもちいてパスウェイ解析を行った。解析はゲノムネットワークプラットフォームにあるタンパク-タンパク間相互作用データベースを用い、まずは PLD1と PLD2に対して32種のキナーゼ関連タンパク質それぞれを1対1で最短距離経路探索を行い、これを基に一枚の経路図を新たに作成した。さらに、スクリーニングにより同定した32遺伝子すべての細胞内局在を決定し、その情報を同一マップ上に記した。その結果、データベースに情報が登録されていなかった2種のキナーゼを除き、すべての遺伝子産物を一枚のシグナル経路地図に書き込むことができた。また、各遺伝子産物を繋ぐ新たな37タンパク質がマップ上に現れ、作成した経路図は70のタンパク質から構成されていた。特筆すべき点は、シグナル伝達ハブと思われる EGFR, Src, Grb2の3点がシグナルマップ上に出現した。細胞運動は様々なセルイベントが協調して制御される必要があることから、複数の情報伝達ハブの存在は、細胞外刺激を各セルイベントに伝える過程において情報分岐点として機能すると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞運動、ホスホリパーゼ D、全反射顕微鏡、パスウェイ解析

【研究題目】 核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明

【研究代表者】 三尾 和弘

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 三尾 和弘、松田 知栄

(常勤職員2名)

【研究内容】

A型ラミン(ラミンA)は核膜内面に局在する線維状の中間径フィラメントタンパク質である。他の核膜蛋白質群と結合して核の形状を支持するほか、DNAや転写因子とも相互作用し遺伝子発現の制御にも関わっている。ラミンAや制御タンパク質の変異によってEDMD型ジストロフィーやハッチンソン・ギルフォード早老症候群などの重篤なラミノパチーを発症するが、その詳細なメカニズムは十分わかっていない。本研究からはrod領域の中間に位置するcoil1-coil2間リンカー部での自由度が大きく、溶液中で容易に折れ曲がって激しく動き回ることが示され、ラミノパチーの原因の一つと推定されることが示され、1アミノ酸の変異でラミンAの物理化学的性質が大きく変化し、高分子重合の起こり方に変化が認められることを示した。AFMを用いた一分子解析からはラミンAがリンカー領域で激しく動き回る様子を動的イメージとして示すことができた。さらにラミンネットワークを人工的に作成し、そこで起こるラミナ複合体の解析を目的に電子顕微鏡グリッド上にNi-NTA結合脂質膜を形成させ、その上でラミンAの高分子重合化を行った。Ni-NTA脂質の比率を変えて検討した結果、ポリヒスチジン結合ラミンAを基点に核膜内面で報告されているような網様構造を人工的に作ることに成功した。また複合体の構造解析を目的にラミンAのIg-fold領域と相互作用が推定されている分子の相互作用解析から、emerinとSUN1の断片領域にラミンAと強い相互作用を確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質構造解析、核、電子顕微鏡、画像情報処理

【研究題目】 唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定

【研究代表者】 大西 芳秋

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 大西 芳秋(常勤職員1名)

【研究内容】

昨年度までの実験より選択された8遺伝子及びNR1D1(Rev-erb α)における概日リズムについて、100nM Dexamethasone2時間処理によりリセットした

HSG 細胞を用いて、RT-PCR により検討した。その結果、NR1D1 (Rev-erb α) と同様の転写量の周期性が観察された遺伝子は、3遺伝子に絞られ、これらの3遺伝子を、唾液中での概日リズム検出用マーカー候補とした。

上記で得られた3遺伝子は、いずれも RNA 転写量が十分に高く、かつその転写量が NR1D1 (Rev-erbalpha) と同様の概日リズムを刻むことから、いずれも遺伝子レベルでは優れた概日リズム検出用マーカーとして用いることができる。しかし、これら遺伝子のうちで、唾液細胞内でタンパク質発現がなされ、かつ発現されるタンパク質量も NR1D1 (Rev-erbalpha) の概日リズムと同期する遺伝子であれば、唾液に対して簡便な免疫学的検出法を適用することで、簡単に概日リズム変化を測定することができる。そこで、マーカー候補それぞれの抗体を用いて、1ml を採取したヒト唾液のうち 3 μ l を用いてタンパク質検出を試みた。その結果、タンパク質の検出ができたのは、1遺伝子のみであった。さらに正常の昼型活動を行っている被験者（就寝時間午後9時）からの自然発生したヒト唾液を約1ml 遠沈管で3時間おきに採取し、そのうちの3 μ l を遠心して細胞等の夾雑物を除き唾液試料とした。それぞれの試料についてのウェスタンブロット解析を行った。その結果、概日リズム発現が観察された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 唾液、マーカー、転写、クロマチン、生物時計

【研究題目】 ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用

【研究代表者】 宮崎 歴 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 宮崎 歴、大石 勝隆
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

我々が独自で見いだしたストレスにより生ずるリズム障害および睡眠障害の研究用ツールとしてストレス性睡眠障害モデルマウスを活用し、ストレス性睡眠障害を改善する物質のスクリーニング系を確立し、新規改善物質を探索する事を目的とした。また、ストレス性睡眠障害の新規バイオマーカーの同定を目指した。

睡眠障害モデルマウスは回転輪付きの飼育ケージに水をはって飼育する事で作成した。そのマウスに D-リボース溶液を飲水で摂取させ、睡眠障害モデルマウスの睡眠に及ぼす影響評価を行った。また、睡眠障害モデルマウスの血液を採取し、NMR によるメタボローム解析をおこない、代謝物組成に及ぼす睡眠障害の影響評価を行った。

D-リボースは通常時の睡眠覚醒のパターンには影響が認められなかったが、ストレス下での休息期の体温を低下させ、覚醒を低下、睡眠を増加傾向に導く効果をも

つことがわかった。この事は D-リボースがストレス性睡眠障害の改善に寄与する可能性を示唆する。また、睡眠障害モデルマウスの血液のメタボリックプロファイリングを行った所、休息期の血液中の代謝物組成が健常マウスと比べて有意に変化することが認められた。NMR スペクトルの特性から、これらの構成要素としては、乳酸やいくつかのアミノ酸寄与するためと予測され、更なる検討が必要と考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 サーカディアンリズム、ストレス、睡眠障害、モデル動物、

【研究題目】 快・不快情動が操る嗅覚表象の単離脳イメージング：行動解析との融合的アプローチ

【研究代表者】 梶原 利一

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 梶原 利一、高島 一郎
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、“こころの動き”が、知覚感受性や記憶の程度に影響を与える脳内メカニズムを明らかにする事を目的とした。具体的には、報酬や罰を伴う嗅覚学習行動が、辺縁系皮質の神経ネットワークの、どの部位に、どのような機能変化を生じさせるのか、その機能変化は海馬や扁桃体の情報伝達パターンにどのような影響を及ぼすのかという問題を明らかにする為に①条件付け学習モデル動物の単離脳を用いた ex vivo 脳機能解析システムを新たに構築し、これにより②情動や報酬予測行動を支える嗅覚神経回路の探索と動作機構の解析を行うことを目指した。

平成25年度は、①の課題については、ex vivo 脳機能解析システムの再構築を行った。具体的には、脳標本の温度コントローラー用電子回路および、電源回路の改良により、多チャンネル電極を用いた誘発電位計測を高 S/N 条件下で行えるようにした。さらに、脳標本を保持するためのチェンバー形状を工夫して、コンパクト化し、薬理的な実験を効率よく行えるように改良した。②の課題については、脳スライスの膜電位イメージング解析を進展させた。皮質—海馬脳スライスにおいて繰り返し入力に対する神経応答パターンの解析を行った結果から、40Hz で嗅周囲皮質36野を刺激すると、35野に持続性の神経興奮が誘導されることが明らかとなっているが、新たに行った実験結果から、この応答には、緩やかに不活性化するカリウム電流が関与していることが判明した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳、記憶、嗅覚

【研究題目】 酸化ストレスマーカータンパク質検出用蛍光分子プローブの創製と医療診断への

展開

〔研究代表者〕 鈴木 祥夫

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 祥夫 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、アルデヒド修飾タンパク質を特異的に検出するための蛍光分子プローブ設計・合成および性能評価を中心に行った。それぞれの蛍光分子プローブの蛍光発色団は、これまでに開発したタンパク質検出用試薬を改良し、標的物質との疎水性相互作用による複合体形成および分子内の ICT 状態の変化によって強い蛍光発光を誘起する部位として4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-4H-ピランを有する化学物質および誘導体とした。さらに、アルデヒド修飾タンパク質への特異性を高めるために、チアゾリノン基とヒドラゾン基を導入した。合成した化合物の確認は、¹H-NMR、質量分析を用いて行った。これらの蛍光分子プローブが、それぞれ目的とするタンパク質を特異的に認識するかどうかを、蛍光光度法を用いて確認した。その結果、アルデヒド修飾タンパク質添加前は、蛍光分子プローブからは微弱な蛍光が観察されたが、室温下、アルデヒド修飾タンパク質を添加すると、目的のタンパク質と相互作用した時のみ、瞬時に蛍光強度の増加が確認された。検量線については、アルデヒド修飾タンパク質濃度と蛍光プローブの蛍光強度との間には良好な直線関係が成立した。蛍光分子プローブと目的とするタンパク質の解離定数を算出したところ、10⁻⁹M オーダーの値が算出された。また、妨害物質の影響について検討したところ、無機塩、還元剤、有機溶媒などは、蛍光プローブとアルデヒド修飾タンパク質との反応に影響を与えないことが分かった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質、蛍光分析、分子プローブ

〔研究題目〕 転写因子 SATB1に対する複合標的核酸創薬基盤の開発

〔研究代表者〕 山崎 和彦

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 山崎 和彦、宮岸 真、岡田 知子

(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

乳がん治療に役立つ創薬基盤構築を目的とし、乳がん細胞の悪性化に関わる転写因子 SATB1の多様な部位を標的とした核酸創薬開発研究を行う。転写因子 SATB1と他タンパク質との結合ドメインや複数の DNA 結合ドメインを対象とし、結合して機能を阻害するアプタマー型あるいはデコイ型の核酸医薬を取得する。塩基配列をランダム化した一本鎖および二重鎖の DNA あるいは RNA のライブラリーから、次世代シーケンサーを用いた手法によって網羅的かつ効率的に、結合する配列の選別を行う。得られた核酸について、乳がん由来の培養

細胞を用いたバイオアッセイおよび物理科学的手法による相互作用解析を行って効果を評価する。さらに、タンパク質・核酸複合体の立体構造解析を行って結合機構を精査することにより、ライブラリーデザインの改変や修飾導入による活性強化の可能性を検討する。

本年度は、二重鎖の DNA ライブラリーを用い、複数の DNA 結合ドメインに結合するデコイ型核酸の創出を目指した研究を進め、化学修飾の導入により、特に生理的条件下で結合が強化された核酸種を得た。また、標的となる DNA 結合ドメインの1つについて、核酸種との複合体構造のモデルを、NMR 実験、変異導入、分子動力学計算によって構築し、結合機構の精査を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 転写因子、核酸創薬、がん、タンパク質核酸相互作用

〔研究題目〕 転移 RNA の硫黄修飾塩基の生合成とその制御機構

〔研究代表者〕 嶋 直樹 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 嶋 直樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

RNA は転写後にスプライシングや修飾などのプロセスを経て成熟し機能を発揮する。転移 RNA (tRNA) はタンパク質合成においてコドンとアミノ酸を結び付ける分子であるが、本研究では tRNA が機能する上で必須である、立体構造の安定化やコドン認識に関わる硫黄修飾塩基の生合成機構の解明を目的とする。好熱性細菌をモデル系として利用した。

これまで好熱菌内での解析系を用い、反応機構の概略を推定している。より詳細に反応機構を解析するために、昨年度までに放射性同位元素や高速液体クロマトグラフィー装置を用いた試験管内反応解析法を確立している。これらの系を用いて硫黄修飾反応機構について定量的に解析を行った。その結果、修飾酵素 TtuA には補酵素が結合し、それが酵素活性に重要であることがわかった。また補酵素の結合と硫黄転移反応に必要な残基を特定した。さらに³²P 標識 ATP を用いた実験から tRNA はアデニル化中間体を経て硫黄化されることが推定された。以上からこれまでに例をみない新規な反応機構の詳細について明らかにすることができた。

また上記の研究内容を含め、tRNA の硫黄修飾塩基の生合成機構と機能について、特に最近10年間の関連分野の研究をまとめて総説を執筆した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質合成系、転移 RNA、RNA 修飾

〔研究題目〕 低分子量 G タンパク質間クロストーク制御による細胞移動と軸索伸長メカニズムの解析

〔研究代表者〕 戸井 基道

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 戸井 基道 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

目標:

脳や末梢神経系における神経回路網の形成過程では、神経細胞の層移動や軸索伸長過程における誘引、あるいは反発作用として働くガイダンス分子に依存した細胞骨格制御が重要である。低分子量 G タンパク質の1つ「Rac」は、この細胞骨格制御に関わるキー因子として知られる。本研究では、Rac の新規エフェクター分子として単離した RIN-1タンパク質の機能解析を通して、RIN-1を介した複数の低分子量 G タンパク質間の活性化や空間的配置制御といった機能的クロストークの実態を明らかにする事を目的とする。

研究計画:

線虫の *rin-1*変異体や各 G タンパク質の変異体 (*ced-10*変異体や *rab-5*変異体) を用い、野生型および各変異体におけるそれぞれのタンパク質の局在様式を解析する。特に、細胞移動時および軸索伸長時の各タンパク質の詳細な局在解析を行う。並行して、RIN-1を介したシグナル伝達を制御するガイダンス分子を同定するために、誘引性因子である Netrin、あるいは反発性因子である Slit との分子遺伝学的な解析を行う。

年度進捗状況:

移動中の神経細胞における RAB-5の分布パターンは、野生型と *rin-1*変異体で有意な差異は見られなかった。Rac である CED-10に関しては、多くの細胞で顕著な差異は見られなかったものの、一過的に背腹軸に沿った背側に強く局在する細胞が観察された。したがって、移動や軸索伸長の時期特異的な変化に RIN-1が関与している事が推測された。また、ガイダンス分子との遺伝学的な解析から、RIN-1は反発性のガイダンス分子である Slit の下流で機能している事も明らかになった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 細胞移動、神経軸索伸長、低分子量 G タンパク質

〔研究題目〕 廃用性筋萎縮の新たなメカニズムの解明：体内時計の乱れは筋肉をも壊してしまうのか？

〔研究代表者〕 中尾 玲子

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 中尾 玲子、宮崎 歴、大石 勝隆

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

骨格筋代謝 (特に筋タンパク質代謝) における体内時計遺伝子の機能を明らかにするために、野生型マウス、時計遺伝子 *Bmal1*欠損マウスに対してグルコルチコイド剤投与による筋萎縮を誘導し、当該マウスの筋重量

を比較する実験を計画した。グルコルチコイド剤は抗炎症・免疫抑制作用を持つ薬剤として使用されるが、慢性的な高濃度の投与は、筋萎縮の副作用を引き起こすことが知られている。一方、副腎からの内在性グルコルチコイドホルモンの分泌には、活動期直前にピークとなる日内変動が存在する。そこで予備試験として、グルコルチコイド剤誘導性の筋萎縮に対する投与時刻の影響について検討を行った。野生型マウスにグルコルチコイド剤を1日1回、朝 (内在性グルコルチコイドが低値になる時刻) または夕方 (内在性グルコルチコイドが高値になる時刻) に10日間腹腔内投与した。すると、グルコルチコイド剤投与による筋萎縮マーカー遺伝子 (*MAFbx*) の発現誘導や筋重量の減少については、朝の投与でその影響が大きく見られた。これらの結果から、筋肉のグルコルチコイド剤に対する感受性には時刻依存性があり、投与時刻を工夫 (内在性グルコルチコイドホルモンのリズムに合わせて投与) することで投与による筋萎縮を軽減させることが可能であると考えられる。この成果を *Chronobiology International* 誌に発表した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 筋萎縮、体内時計、時計遺伝子、時間薬理学

〔研究題目〕 睡眠障害性代謝異常のメカニズムの解明とその時間栄養学的改善方法の開発

〔研究代表者〕 大石 勝隆

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 大石 勝隆 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

睡眠障害に起因する代謝異常のメカニズムを解明する目的で、我々が独自に開発したストレス性睡眠障害モデルマウスや明暗サイクルの攪乱による睡眠障害モデルマウスを用いた実験を行った。

明暗サイクルの攪乱実験では、普通食給餌下においては、体重の増加や1日あたりの活動量に影響が無かったものの、高脂肪食給餌下においては、明暗サイクルの攪乱によって、活動量の減少に伴う体重の増加促進が認められた。明暗サイクルの攪乱による活動量の減少は、明暗サイクルの攪乱直後に観察されたため、体重の増加による二次的な影響ではなく、高脂肪食の摂取そのものが、明暗サイクルの攪乱に対する感受性を高めている可能性が考えられた。本モデルマウスにおいては、時計遺伝子の発現リズムが顕著に減衰しており、深部体温や血液中の副腎皮質ホルモン分泌の概日リズムも完全に消失している可能性が示された。

一方、我々が開発したストレス性睡眠障害モデルマウスでは、ヒトの睡眠障害患者で報告されているような顕著な過食が認められる。本モデルマウスの血液中には、食欲抑制ホルモンであるレプチンの減少と、食欲亢進ホ

ルモンであるグレリンの増加が時刻依存的に認められ、これが睡眠障害性の過食を誘発している可能性が考えられた。さらに普通食給餌下においては耐糖能に異常が無かったものの、高脂肪食給餌下においては、睡眠障害の誘発によって耐糖能の低下が促進することが示された。

以上の結果から、明暗サイクルの攪乱や心理的ストレス負荷などの環境要因に起因する睡眠障害性の代謝異常は、食餌内容によって影響を受ける可能性が示された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】体内時計、サーカディアンリズム、睡眠障害、代謝異常、肥満、糖尿病、時計遺伝子

【研究題目】分子進化工学的手法によるカルシウムチャネルサブファミリーを識別するペプチドの創製

【研究代表者】木村 忠史

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】木村 忠史、久保 泰、亀山 仁彦
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

目標：

電位依存性カルシウムチャネル、特に低閾値活性化型は鎮痛を始めとする創薬ターゲットとして期待されている。標的タンパク質を認識するペプチドを創製する分子進化工学技術である PERISS 法を用いて、低閾値活性化型電位依存性カルシウムチャネルのサブファミリーを識別するペプチドの創製を試みる。

研究計画：

ヒト Kv2.1 の電位センサーパドルを低閾値活性化型電位依存性カルシウムチャネルのそれと入れ替えたキメラチャネルを作製する。

年度進捗状況：

本年度は、低閾値活性化型電位依存性カルシウムチャネルの電位センサーパドルを用いたパドルキメラチャネルの作製を行い、一部のキメラの作製が済んでいる。一方、ヒトKv2.1が大腸菌内膜で機能的に発現しているかどうかを大腸菌を用いたパッチクランプ法にて検討したところKv2.1の電流を測定することができ、ヒトKv2.1が大腸菌内膜に機能的に発現していることを確認した。更にヒトKv2.1とその阻害ペプチドであるHanatoxin1をモデルとしてPERISS法を実施し、キメラのベースとなるヒトKv2.1でPERISS法が機能的に実施可能であることを証明した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】分子進化工学、PERISS 法、パッチクランプ、イオンチャネル、ペプチド医薬

【研究題目】イムノセンシング界面構築に関する研究

【研究代表者】田中 睦生

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】田中 睦生 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、イムノセンシング法における抗体の安定性や測定値の再現性に欠けるといった問題の解決を目的に、ガラス基板に分子レベルで構造制御したイムノセンシング界面を構築し、界面構造と抗体機能の相関を検討する。

ガラス基板にセンシング界面を構築する表面修飾材料として、抗体の固定化機能を有するスクシンイミドエステルを導入したトリエトキシシラン、タンパク質の非特異吸着抑制機能を有するオリゴエチレングリコールを導入したトリエトキシシランを合成した。これらのシラン化合物を用いてガラス基板を表面修飾し、抗レプチン抗体を固定化してセンシング界面を構築した。導波モードセンサーを用いて抗原抗体反応を測定したところ、抗体の固定化量はスクシンイミドエステル-シラン化合物の表面濃度に比例し、非特異吸着抑制機能はオリゴエチレングリコール鎖のユニット数を反映することを見いだした。その一方で、抗体固定化材料と非特異吸着抑制材料の鎖長の組み合わせがイムノセンシング界面構築には重要であることが明らかになった。諸条件を考慮して最適化を施したイムノセンシング界面では、非標識法でレプチンを PBS 中では数十 ng/mL、実試料に相当する血清中では100ng/mLまで検出できることを見いだした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】イムノセンシング、ガラス基板、界面、表面修飾材料、導波モードセンサー

【研究題目】CpG オリゴヌクレオチド刺激による抗原特異的抗体産生活性化機構の解明

【研究代表者】羽生 義郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】羽生 義郎 (バイオメディカル研究部門) (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、CpG オリゴヌクレオチド刺激による抗原特異的抗体産生活性化のメカニズムを解明し、より簡便に抗体産生細胞活性化を惹起させ、更に効率的な抗体作製技術の確立を行うことを目的とする。マウス脾臓細胞培養系における CpG オリゴヌクレオチドによる抗体産生細胞の活性化機構を調べるために、CpG オリゴヌクレオチド添加によるサイトカイン発現、T 細胞、B 細胞及び樹状細胞における遺伝子発現の変化を定量的に調べる。培養集団の組成や刺激パターンを変化させ、活性化の時間過程を詳細に解析することにより、CpG オリゴヌクレオチドが直接に抗体産生細胞に伝えるシグナル、それにより T 細胞に伝わるシグナル、さらにその活性化した T 細胞が抗体産生細胞に伝えるシグナルを同定し、培養脾臓細胞集団での抗体産生細胞活性化の機序を明らかにする。本研究で得られたサイトカイン発現プロ

ファイルを用いて、B細胞培養系にサイトカイン混合物を添加することにより、より簡便・確実に抗体産生細胞活性化を惹起させ、抗原特異的抗体産生細胞の増加・ミエローマ細胞との融合効率上昇を実現し、効率的な抗体作製技術の確立を行う。抗体産生細胞活性化の定量的評価には、作られる抗体の機能の正確な測定が必須である。このため平成25年度は、抗体産生細胞から抗体遺伝子を単離・再構成し、抗体を発現させ、その特異性・親和性を解析する手法の確立を行った。本手法により、それぞれの抗体産生細胞が作成する抗体の機能を効率的に測定することが可能となり、抗体産生細胞の活性化を定量的に評価できるようになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗体、B細胞、サイトカイン、ヌクレオチド

【研究題目】 進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得

【研究代表者】 加藤 義雄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 加藤 義雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

生きた細胞内で目的の分子だけを観測する手法は、現代の分子生物学において欠かせない技術となっている。タンパク質に関しては GFP を用いた技法が発展してきたものの、遺伝子の直接産物である RNA の検出に関しては、外部から加えられた蛍光分子を結合させる方法しか存在しなかった。しかしながら、蛍光分子を結合させることによって RNA の性質が変化してしまうという懸念もあり、自発的に蛍光を発する RNA 分子の開発が望まれていた。そこで本研究では、ランダム配列を有する RNA ライブラリーを大腸菌内で発現させ、蛍光性の大腸菌を取得することによって、生体内で自発的に蛍光を発する新規 RNA 配列を獲得することを目指している。これまでに細胞内で RNA を発現させる系として、lpp プロモーターおよび RNA 安定化配列として tRNA を用いることとしたところ、特に tRNA (Lys) のアンチコドン領域に低分子 RNA を挿入した場合において大量に RNA を発現させられる事が分かった。さらに、細胞内の蛍光性低分子と結合してその蛍光特性を変化させることにより検出を可能とする RNA を獲得するために、細胞内の蛍光性低分子と親和性を持つ RNA ライブラリーを in vitro セレクション法により獲得した。この RNA ライブラリーを大腸菌内で発現させ、蛍光性を有するかどうか確認しているが、いまだ期待通りの蛍光性 RNA は得られていないことから、ライブラリーサイズや蛍光性低分子の再検討を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 進化分子工学、分子イメージング、RNA

【研究題目】 非標識バイオセンシングに向けた高触媒活性な窒素ドーピンググラフェン様薄膜電極開発

【研究代表者】 丹羽 修 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 丹羽 修、加藤 大
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、電気化学検出器やセンサに用いる為の、DNA 等の生体分子に対して高い電子移動速度を有し、活測定電位範囲が広い、カーボン薄膜電極を開発する為、近年電極触媒として注目されている窒素を含んだ微結晶のグラフェン構造からなる薄膜を電子サイクロトロン共鳴 (ECR) スパッタ法により形成することを目的とする。今季は、引き続き、窒素濃度を詳細に変化させたスパッタカーボン膜について構造と特性を評価した。既報の窒素ドーピングカーボン膜が窒素濃度の増加により表面粗さが増加するのに対して、窒素ドーピングスパッタカーボン膜では、窒素濃度を変えても平坦性は維持された。一方、2012年度に観測した酸素や過酸化水素の還元特性の向上について、窒素濃度の影響を調べると、膜中窒素濃度が9%の時、もっとも大きな酸素還元の過電圧低下が観測され、還元電流値も大きかった。そこで、本研究の目的である生体分子の検出対象として、DNA の構成要素であるグアノシン(G)とアデノシン(A)の検出を行った。その結果、それぞれの検出対象共に酸化電位は、窒素を含まないカーボン膜電極と比較し約0.1V 低下した。また、電流値も2~3倍も向上し、窒素ドーピングカーボン薄膜が生体分子の直接酸化による検出にも大きな効果があることを見出した。次に窒素濃度のコントロールが難しい濃度9%以下の膜についても形成を行いその特性を測定したが、酸素還元過電圧の低下の面ではあまり大きな効果は無かった。一方、カーボン薄膜作製法を窒素置換基を含む有機膜の炭化によって行ったカーボン膜では、大きな酸素還元電流が得られ、今後の検討が必要である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 窒素ドーピングカーボン、スパッタ法、電気化学測定、アデノシン、グアノシン

【研究題目】 近赤外デジタルホログラフィー法による動物プランクトン計測技術の開発

【研究代表者】 秋葉 龍郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 秋葉 龍郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

動物プランクトンの分布を効率的に測定するためのデジタルホログラフィー技術の開発を目的としている。本年度は装置の設計と、センサーの試験を行った。装置は小型で、小消費電力であることが求められるため、近赤外領域の半導体レーザーを使用することとした。またレーザー光の横モード選択に光ファイバーピグテイルを用い

る設計とした。またビーム径の拡大はレンズを金属円筒に組み込んだものを利用し、振動に対して頑健な設計とした。パルス幅は数マイクロ秒とし、レーザーの出力を数20mWとした。光量と露光時間が現場での撮影が十分可能な事を確認した。画像の取得は一眼レフカメラと産業用カメラの2種類の撮像系について設計を行った。一眼レフカメラでは高精細撮影機5枚/秒で可能で、産業用カメラでは1秒あたり10枚の撮像が可能で、PCに画像の保存が可能である。さらに現場区域でプランクトンの鉛直分布や環境因子の鉛直分布を測定することができる、高精細鉛直分布採水器を考案し、開発した。本採水器は数 cm 未満の分解能を有し、約500ccの採水が可能である。来年度に実海域でのプランクトン分布の測定を予定している。鉛直引きによる水柱中のプランクトン量と鉛直分布測定の結果を照合し、実環境でのプランクトンの行動分布特性を明らかにする。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 デジタルホログラフィー、鉛直分布、自動測定

【研究題目】 中空糸配列体を用いた細胞マイクロアレイチップの開発

【研究代表者】 藤田 聡史

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 原 雄介、長崎 玲子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

本研究では、コスト性・簡便性・迅速性・量産性に優れ、生体に近い環境で、様々な化合物に対する細胞の応答を直接且つ網羅的に検出する新たな技術「中空糸配列体を用いた細胞マイクロアレイチップ」の開発を行う。

研究計画：

H25年度計画では、「中空糸素材の検討と配列体の構築」、「中空糸内部への充填剤及び充填方法の検討」、「中空糸内部に充填された薬剤の徐放性能の解析」、「アレイ上で生育する細胞に対する毒性と運動性の評価」を行った。

年度進捗状況：

コラーゲンゲルなどの生体適合性ゲルの中空糸への充填は容易だった一方、生分解性ポリマーの充填は当初、有機溶媒にポリマーを溶解させ、中空糸への充填を試みたが、充填後の中空糸内の有機溶媒除去や残留有機溶媒の毒性の問題を解決することが困難だった。試行錯誤の結果、乳酸グリコール酸コポリマーを高温（100℃）で溶解し、中空糸に充填する方法が最も簡便であることを見出した。充填時、ポリマーは高温であるため、PTFE（テフロン）性の中空糸への充填が最適であった。乳酸グリコール酸コポリマーに対する細胞毒性は無い事を確認し、徐放に最適なポリマー比率と分子量を評価した後、

ポリマーを充填した中空糸を9本配列させ、シリコン樹脂で固定化し、スライスすることで、簡便に数十枚のチップを作製できる事を確認した。このチップ上に播種された細胞に対する毒性は非常に低く、細胞運動は阻害されなかった。アレイ上に接触した細胞にのみ薬剤が取り込まれる事を確認できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞マイクロアレイ、セルアレイ、マイクロチップ、薬剤徐放

【研究題目】 抗体産生キャリアとして機能する金ナノ微粒子の抗原提示機構の解明

【研究代表者】 石井 則行

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 石井 則行、秋山 晴久（ナノシステム研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

ハプテン（単独では抗原性のない比較的低分子量の物質）を金ナノ微粒子（粒径：数 nm）に共役させると、実験ウサギ個体レベルで免疫応答を増進すること、すなわち、金ナノ微粒子が抗ハプテン抗体産生キャリアとして機能することを見出している。用いた微粒子のサイズ・粒径が生体内で適度な滞留時間を可能とし、ハプテン分子の局所濃度を適度に高めたことが本現象発現の鍵であったと考察している。しかし、表面修飾されたナノ微粒子が免疫原性と抗原提示能力を得て、直接免疫細胞に作用し得るのか、分子レベルでのメカニズムは不明である。分子・細胞レベルでの観察と生化学測定を通して我々の“抗体産生キャリア”に関する仮説の検証を進めている。

本研究では培養 B 細胞を対象としている。培養液中で単分散となるように最外殻が親水性のアゾベンゼンモティーフで被覆された金ナノ微粒子を調製する必要があった。そこで、アゾベンゼンに詳しい研究者の協力を得て、数タイプのアゾベンゼン誘導体の有機化学合成、分離・精製を行った。併行して、培養細胞を扱う細胞、免疫生化学実験環境の整備を進め、分譲・購入した培養細胞の増殖培養を行った。培養細胞に対する試行的な免疫感作実験では、最表面を親水性アゾベンゼンモティーフで被覆した金ナノ微粒子は、培養細胞が存在する培地中に添加すると、単分散とはならず細かな集団に凝集する傾向を示した。ナノ微粒子表面に高密度に固定化されたハプテン様低分子化合物と培養免疫細胞との直接の相互作用の観察・測定が主題であるので、免疫原性を兼ね備えた他の低分子化合物ならびに担体として用いることが可能な粒径の異なるナノ微粒子の調製を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 培養細胞株、ナノ粒子、細胞応答、抗体、B 細胞、抗原、電子顕微鏡

〔研究題目〕レクチンアレイ型微細構造観察ホルダの開発

〔研究代表者〕小椋 俊彦

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕小椋 俊彦 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標:

本研究では、生物試料の微細構造とその糖鎖状況を高分解能で同時に観察・解析する、新たなレクチンアレイ型観察ホルダーを開発する。この目的のために、50nmと非常に薄い SiN 薄膜上に様々なレクチンを溶解させた液を滴下し、乾燥・固定化する必要がある。同時に SEM の電子線制御システムを開発し、レクチンアレイ観察の高速化と電子線ダメージの一層の低減を行う。さらに、数十種類のレクチンを固定化した SiN 薄膜を用いて、環境中のバクテリアや細胞内の糖タンパク質の種類と微細構造の直接観察、及び糖鎖の構造解析を同時に行う予定である。

研究計画:

初年度は、レクチン溶液の SiN 膜への滴下と固定化に関する技術開発を行う。レクチン溶液は、SiN 薄膜に滴下後に乾燥・固定化を行う予定であり、乾燥時の溶液の収縮により SiN 膜に歪が発生し破壊されないよう、その濃度と固定化剤の検討を行う。こうした検討は、滴下を予定しているレクチン毎に行う必要がある。アレイを形成するレクチンの種類としては、マンノースを認識するコンカナバリン A やフコースを認識する *Aleuria aurantia* レクチン、ガラクトースを認識する *Arachis hypogaea* Agglutinin を含めた10種類を予定している。年度進捗状況: 窒化シリコン薄膜上にレクチンアレイを形成するため技術を開発した。レクチン溶液を封入したガラス微小管と窒化シリコン薄膜間に約1000V の電圧を加えることで、窒化シリコン薄膜を壊すことなく、レクチン溶液を滴下することが可能であった。また、水溶液中の生物試料をそのままの状態ダメージ無く観察する技術を開発した。これにより、非染色・非固定の状態でもバクテリアを観察することが可能となり、当初の目標であるバクテリアとレクチンの高分解能観察に繋げることが可能となった。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕電子顕微鏡、画像情報処理、非染色生物試料、レクチンアレイ、バクテリア

〔研究題目〕遺伝子発現プロファイル手法による血液 RNA 診断に向けた基礎的研究

〔研究代表者〕高橋 淳子

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕高橋 淳子 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

血液中には、臓器や組織と同様にメッセンジャー

RNA やノンコーディング RNA 等の膨大は遺伝子発現情報が存在する。第4世代シーケンサー等の遺伝子解析手法の飛躍的な進歩により、次世代の臨床検査は、蛋白等による診断では行えない、疾病の初期の兆候を捉える高感度な血液 RNA 診断が可能となる。これまでに、マイクロアレイを用いた疾病モデル動物の全血 RNA 遺伝子発現解析を行う過程で、疾病の進展に伴い白血球と全血に遺伝子発現プロファイルの相関が低くなることを見いだした。公的 EST (expressed sequence tag) データベースの臓器別解析すると、臓器由来 RNA の影響が示唆された。そこで本研究では、臓器由来 RNA を指標とする血液 RNA 診断の可能性を探索することを旨として、正常状態と疾病等を含むストレス負荷状態の全血、白血球、血漿、臓器 (肝臓、筋肉等) の RNA プロファイリングを系統的に行い、生理状態の変化に伴い、血液 RNA 挙動を理解、把握することにより、血液 RNA 診断の基盤情報とすることを目的とした。

遺伝子発現解析では、試料の処理方法、RNA 抽出方法が発現プロファイルに影響を及ぼすことが多々ある。平成25年度は、血液、臓器等のサンプリング手法、RNA 抽出手法の検討を行った。RNA 抽出効率を確認し、実験の妥当性評価を行うために、自然界に存在しない配列を有し、かつ高精度に濃度を規定した標準 RNA を用いて、RNA 分解条件下でも標準 RNA 濃度添加回収および評価試験を行った。試料サンプリング時に添加した標準 RNA の定量 PCR を行うことにより、抽出された RNA の劣化状態の評価が可能であることを確認した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕血液診断、RNA 診断、マイクロアレイ、遺伝子発現解析

〔研究題目〕ミトコンドリアにおける tRNA プロセッシング機構の解明

〔研究代表者〕沼田 倫征

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕沼田 倫征 (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、tRNA のプロセッシング機構を解明する一環として、tRNA 修飾酵素と tRNA との複合体の結晶構造解析を行い、tRNA の認識機構および修飾反応機構の解明を目指している。そこで、tRNA 修飾酵素 CsdL と基質 tRNA との結晶構造解析を試みた。CsdL は tRNA の37位に存在する N6-スレオニルカルバモイルアデノシン (t6A) を脱水環化してサイクリック t6A へと変換する酵素である。まず、CsdL の発現系を構築し、各種クロマトグラフィーを用いて精製した。調製した CsdL と tRNA (37位に t6A を持ったネイティブ tRNA) を用いて結晶化を行ったところ、良質な結晶が得られた。また、CsdL 単独の結晶を得ることに成功した。まず、CsdL 単独の結晶構造を SAD 法により決

定した。続いて、CsdL と tRNA との複合体の結晶構造を分子置換法により決定した。また、CsdL は ATP 依存的に修飾反応を触媒することから、CsdL-ATP 複合体の結晶構造も決定した。一連の構造を解析した結果、CsdL の活性部位を同定し、CsdL は tRNA の t6A 部分を特異的に認識していることが分かった。また、ATP が t6A の近傍に結合することが分かり、CsdL は修飾過程において t6A をアデニル化して活性化することが示唆された。現在、変異体解析を進めている。一方、ロイシン tRNA などのアンチコドン1字目のウリジンは、5-タウリノメチルウリジンへと変換されている。この修飾には2種類の酵素 (MTO1と GTPBP3) が関与する。これまでに、GTPBP3を調製したが、結晶は得られていない。一方、MTO1に関しては、可溶性画分への発現が困難であることが分かった。そこで、MTO1と GTPBP3の真正細菌ホモログを対象として、その複合体の結晶化を目指した。これまでに、MTO1ホモログと GTPBP3ホモログをそれぞれ精製した。得られたサンプルを用いて複合体の結晶化を試みたところ、複合体結晶は得られたものの分解能が悪く、現在のところ、構造を解析するには至っていない。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

【研究題目】 自己倍数化抑制に基づく酵母育種法の開発

【研究代表者】 福田 展雄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 福田 展雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

酵母の交雑育種法では、接合型が異なる2種類の酵母 (a 型および α 型) を掛け合わせることで、新たな特性を有する菌株を創製する。一般的に、産業利用される酵母は接合能を有さない a/ α 型の接合型をもつため、まずこれらの酵母を親株として接合能を有する酵母 (a 型および α 型酵母) を製造する必要がある。ところが同一の親株から派生した酵母どうしが接合する自己倍数化現象が、酵母の交雑効率を必然的に低下させてしまう。そこで本研究では、自己倍数化を回避するための接合抑制技術を基盤として、a/ α 型酵母から a 型および α 型酵母を製造する技術を確立することを目的とする。平成25年度は、接合能を有する酵母をスクリーニングする方法の開発に注力した。a/ α 型酵母を培養していると、細胞分裂の際に1万分の1以下の低頻度で染色体異常が発生して、a 型および α 型酵母が出現することが知られている。しかしながら、染色体異常はそもそもの発生頻度が極めて低いため、出現した a 型および α 型酵母を単離するには多大な労力が必要である。そこで目的の接合型を有する酵母細胞のみを生育させるための、細胞増殖制

御技術を開発することとした。まず a/ α 型の実験室酵母を宿主として、a 型もしくは α 型細胞特異的に選択マーカー遺伝子を発現するための発現ベクターを導入した。得られた形質転換酵母を一晩培養したのちに、マーカー遺伝子に対応する選択条件下で寒天培地上にコロニーを形成させた。各コロニー中の酵母細胞の染色体を調べたところ、目的の接合型をもつことが確認された。以上のように、実験室酵母をモデルケースとして、接合能を有する酵母をスクリーニングすることに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酵母、交雑育種、接合

【研究題目】 前駆体マイクロ RNA へのポリウリジリ化反応の構造基盤

【研究代表者】 竹下 大二郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 竹下 大二郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

マイクロ RNA は、特定の mRNA と相補的に結合し、mRNA の分解と翻訳抑制を誘導することによって、発生、分化、疾病などの生体内現象に関連する多くの遺伝子の発現制御を担っている。RNA 結合タンパク質 Lin28は、末端ウリジリ化酵素 TUT をプレマイクロ RNA に誘導し、RNA をポリウリジリ化することで分解経路に導き生合成を調節する。本研究は、Lin28・TUT・プレマイクロ RNA 複合体の立体構造を解明し、Lin28と TUT による共同的な RNA ポリウリジリ化の反応機構を明らかにすることを目標としている。

RNA 結合タンパク質 Lin28と末端ウリジリ化酵素 TUT、およびプレマイクロ RNA 三者複合体の立体構造の決定と分子メカニズムの解明を目指して研究を進めている。タンパク質全長、および N 末端と C 末端を欠損させた Lin28、TUT のコンストラクトを複数作製し、タンパク質の発現、精製を行った。プレマイクロ RNA についても複数種類を合成した。これらのタンパク質と RNA の精製産物を混合し、ゲルろ過クロマトグラフィーによって複合体を精製し、結晶化スクリーニングを行っている。しかしながら、現在まで、X 線で解析可能な結晶は得られていない。現在、複合体形成と RNA 合成活性に関わる領域タンパク質を調製して、結晶化を試みている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 RNA、タンパク質、X 線結晶構造解析

【研究題目】 選択的3' 末端プロセシングによる長鎖非コード RNA の機能獲得機構の解明

【研究代表者】 長沼 孝雄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 長沼 孝雄 (契約職員1名)

【研究内容】

本研究は、長鎖非コード RNA (lncRNA) 機能の多様性を生み出す仕組みである選択的3'末端プロセッシングが、どのように発動・制御されているのかを明らかにし、lncRNA の機能獲得機構を解明することを目的としている。本研究では特に NEAT1 という細胞内構造体構築機能を持つ lncRNA の選択的3'末端プロセッシングによる機能獲得機構を①3'末端プロセッシング因子の翻訳後修飾、②シグナル応答、③転写と共役した制御に注目し、それらの未解決な問題点を明らかにしていくことで本研究目的を達成しようとしている。今年度は、NEAT1 lncRNA の選択的3'末端プロセッシングの制御因子である HNRNPK の機能を制御するような翻訳後修飾や相互作用因子の探索を試みるとともに、探索された翻訳後修飾パターンや相互作用因子との結合が変化するような生理条件やシグナル応答を探索した。HNRNPK は、リン酸化、アセチル化、アルギニンメチル化、ユビキチン化、SUMO 化など多様な翻訳後修飾を受けることが知られており、その修飾酵素が明らかになっているものもある。そこで、HNRNPK の既知のリン酸化、アセチル化、アルギニンメチル化、ユビキチン化、SUMO 化に対する修飾酵素の情報を利用し、それらと NEAT1 lncRNA との共局在および HNRNPK との結合、RNAi ノックダウンによる機能阻害を行った時の NEAT1 アイソフォーム生成の変化を検出した。その結果、タンパク質アルギニンメチル化酵素の1つである PRMT1 が、NEAT1 lncRNA と共局在することが明らかになった。また、PRMT1 を RNAi によりノックダウンすると NEAT1 ロングアイソフォームの生成が減少した。これらのことから、PRMT1 が HNRNPK の機能を正に調節する因子であると考えられるとともに、HNRNPK のアルギニンメチル化は、NEAT1 ロングアイソフォーム生成に重要な役割を担う修飾であることが示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】RNA、選択的3'末端プロセッシング、RNA 結合タンパク質、翻訳後修飾

【研究題目】基質親和性の高い微生物を利用した低濃度温室効果ガス処理技術の開発

【研究代表者】松浦 哲久

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】松浦 哲久、関口 勇地、野田 尚宏

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、排水処理プロセスから低濃度温室効果ガス(メタン・亜酸化窒素)を除去する為に、基質親和性の高い微生物を利用して低エネルギーかつ極低濃度まで温室効果ガスを除去する技術を確立させ、その除去に関する微生物の機能解明を行う事を目的とした。平成25年度は、排水処理 DHS (Down-flow Hanging Sponge) バイオリアクターを作成し、土壌から採取したメタン酸

化細菌の連続培養を行い、その微生物群集構造の解析を行った。培養リアクターを用いた長期間の微生物培養の結果から、大気レベルのメタンガス(1.7ppm)を分解可能な微生物群を集積できた。メタン濃度を変化させて培養すると、異なる種のメタン酸化細菌が培養され、予め1000ppm以下のメタンガス濃度で培養した微生物群において低濃度のメタンガスを長期間分解できることを明らかにした。また、微生物群集構造解析の結果から、基質親和性の高いグループのメタン酸化細菌が集積培養されていることが示されており、その一部は分子系統学的に新規な細菌群であることが示された。今後は、それらのメタン酸化細菌をさらに高濃度に集積培養するための条件検討や新規微生物群の解析等が必要である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】温室効果ガス、高親和性微生物、バイオリアクター

【研究題目】プロテオミクス、バイオインフォマティクス、イメージングによる表皮ガン治療法の研究

【研究代表者】ワダワ レヌー

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】ワダワ レヌー(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

上皮膜抗原(EMA)は、がん細胞において異常な翻訳後修飾を受け、より少ないO-グリカン鎖を持つ。そのような低グリコシル化EMA抗原(uEMA)は、露出していないタンパク質領域の露出を引き起こし、正常および腺ガン表面上皮を区別する抗体生成などの免疫反応を導く。がん細胞におけるEMAの増強発現は悪性細胞の生存を促進させるため、EMAはがん治療の標的として役立つことが予想される。そこで本研究では、分子学的、バイオインフォマティクス、イメージング解析によりがんの標的としてのEMAを評価する。そして、がん細胞におけるシアリル-Lea、シアリル-Lex、シアリル-Tnなどの腫瘍関連ネオマーカーの翻訳後のグリコシル化特性を解析し、モータリン、CARF、p53などの腫瘍促進や抑制に関与するタンパク質との相互作用を調べる。EMAネオマーカーは、表皮系腫瘍において、予防的または治療のための診断マーカーとして利用される可能性を持っており、これらの成果は、新しい診断と治療法のための新たな戦略的アプローチを与えること期待できる。

生化学的およびイメージング解析により、生育停止におけるCARFの役割を分子レベルで解析した。CARFが細胞周期のG1において上方制御されること、また様々な薬剤で誘導されることを見出した。生育停止はp53とp21の上方制御により調整されるが、これはCARFがDNA損傷応答の要素であることを示唆する。シアリル-Leaとシアリル-TnEMAネオマーカーの各種成長因子との相互作用は、バイオインフォマティクス

手法で解析した。これらの抗原モチーフが各種のタンパク質と結合することを確認した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ガン、糖尿病、高血圧、トランスレーショナリサーチ

〔研究題目〕 多光子顕微鏡による LIVE イメージング：生きた口腔で細胞膜修復装置を明らかにする

〔研究代表者〕 松田 知栄
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 松田 知栄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

口腔内の細胞は咀嚼またはブラッシングなどの機械的刺激により損傷を受け続けているが、その細胞膜は絶えず修復されている。細胞膜修復は3秒～1分で完了する素早い現象である。本研究では生きているマウスの口腔内の歯肉（上皮細胞）、舌（骨格筋線維）および歯（象牙芽細胞）の細胞損傷と細胞再生を観察し、口腔内の細胞膜修復装置の動きを捉える。

研究計画：

本研究では細胞膜修復の膜の供給源を GFP とレーザー損傷法によってライブイメージングで解明し、細胞膜修復装置の全容を解明することである。昨年度までに香川大学医学部において、GaAsP 搭載型高感度多光子レーザーシステムを構築し、アネキシン-GFP を用いたライブイメージングにより、小胞によって損傷細胞膜が修復する様子を撮影することに成功した。本年度はアネキシン以外の細胞膜修復分子であるカルパインおよびアネキシン関連タンパク質の細胞膜修復時の挙動を解明する。口腔内の細胞にエレクトロポレーション法にて遺伝子を導入した後、2光子レーザーを用いて細胞膜損傷実験を行い、細胞膜修復時のライブイメージングを行う。

年度進捗状況：

GFP 融合タンパク質として S100A10、カルパインをマウス口腔内の細胞において発現させた。現在は、細胞膜修復時の GFP-S100A10、カルパインの挙動を観察中である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 筋ジストロフィー、細胞膜修復

〔研究題目〕 動的脳活動の非侵襲計測データ統合解析に基づく高次視覚認知のデコーディング技術

〔研究代表者〕 岩木 直 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 岩木 直、中井 敏晴 (国立長寿医療研究センター)、熊田 孝恒 (京都大学)

(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、脳内の様々な領域の協調的活動によって実現されている高次かつ主観的な視覚体験の神経機序を解明するためのツールとして、脳活動の時空間ダイナミクスと領域間相互作用データから高次視覚体験の神経情報を復号化（デコード）する技術の開発を目標とする。具体的には、MEG/EEG と fMRI データの統合解析手法を基盤に、脳活動の時空間的特徴（部位、潜時・活動時間）を、高精度に抽出する手法を開発し、統合解析アルゴリズムにより得られる高精度な脳活動データから、因果モデリング技術を用いて、各活動領域間の相互作用を定量的に評価する手法を考案し、これと主観的な視覚知覚との関連を調べる。

平成25年度は、二次元の網膜像上での動きから三次元物体を知覚するために必要な、背側視覚系（dorsal visual subsystem）と腹側視覚系（ventral visual subsystem）との間における神経信号のやり取りを定量的に解析した。とくに、fMRI と MEG データの統合解析（マルチモーダル・ニューロイメージング）により可能になる高時間・空間解像度な脳活動ムービーに、因果モデリング技術を適用することにより、両視覚情報処理系の間の神経信号の「流れ」を解析したところ、低次の視野からのボトムアップ信号と、高次な腹側視覚系からのフィードバック信号が、頭頂後頭部（parieto-occipital area）で処理されていることを示す結果が得られた。これらの結果は、フィードフォワードな背側視覚系での動きの空間処理から、腹側視覚系での暫定的な物体認知が行われた後、再び背側視覚系へ処理がフィードバックされることにより、よりロバスタな三次元物体知覚を生成している可能性を示唆している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 非侵襲脳機能計測、マルチモーダル・ニューロイメージング、三次元物体知覚、高次視覚処理、因果モデリング

〔研究題目〕 意思決定における「迷い」の検知・制御メカニズム

〔研究代表者〕 小村 豊 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 小村 豊 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

意思決定とは、複数の可能性のある選択肢から、ベストの行動を決定するという脳機能である。不確定要素の多い現代では、意思決定に迷うケースにしばしば出くわす。その迷いに合わせて、私たちは様々な適応行動をとる。

例えば、もっと正確な情報を得るために、注意を高めたり、異なるソースを探したり、煮詰まるほどの迷いであれば決断を遅らせたり、逃避することだってある。

しかし、これまで、脳がどのように意思決定における「迷い」を検知し、それをもとに様々な適応行動につなげているのかというメカニズムについては、ほとんど分かっていない。

本年度は、tree-search型プランニングが必要なdeliberative課題と、同一行動を反復すればよいstereotyped課題をサルに課し、意思決定の迷いに関連する行動学的特性を詰めていった。この結果を踏まえて、今後は、その神経メカニズムを明らかにしていく予定である。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 意思決定、迷い

【研究 題目】 ホームケアをサポートする人間生活調和型コンパクトアクチュエータの総合的研究

【研究代表者】 井野 秀一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 井野 秀一、榊 浩司（エネルギー技術研究部門）、土井 幸輝（国立特別支援教育総合研究所）、佐藤 満（昭和大学）、和田 親宗（九州工業大学）
（常勤職員2名、他3名）

【研究 内容】

本格的な高齢社会を迎え、多様なライフスタイルをサポートする福祉機器の開発とその充実に求められている。また、世界各地で頻発する甚大な自然災害や都市災害の現場では、電源インフラに依存せず、高出力で機動性に優れた防災救助ツールの登場が期待されている。そこで、本課題では、電源フリーでハイパワーかつコンパクトな人間生活調和型のソフトアクチュエータの新技术を、高齢者や障害をもつ人たちのホームケアおよび防災救助向けの応用に軸足を置き、機能性材料開発や人間行動計測などを織り交ぜて、学際的な視座から研究開発することを目的としている。

本年度は、人間生活調和型アクチュエータシステムの基盤研究（合金開発や周辺技術開発など）を主に実施した。合金開発については、アクチュエータの動力源という観点から見た水素吸蔵合金の特性評価システムの構築を行い、高価な希土類元素を用いない新合金開発に取り組んだ。その結果、レアメタルフリーのZr-Ti-Mn系合金において、従来のLaNi系合金に匹敵する優れた水素吸蔵特性が得られ、耐久性も良好であることを実験的に明らかにした。周辺技術開発としては、アクチュエータ設計の自由度向上と内部構造のソフト化を狙う合金シート化技術の開発に着手し、抄紙技法の適応可能性を評価した。また、福祉分野や防災分野での現場調査を行い、コンパクトアクチュエータの有効な活用対象を具体的に精査した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アクチュエータ、水素吸蔵合金、ホームケア、介護、防災、生体計測

【研究 題目】 高齢者の健康で安全な生活のための居住環境と住まい方に関する基礎的・実践的研究

【研究代表者】 都築 和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 都築 和代（常勤職員1名）

【研究 内容】

日本は四季の変化に富み、その結果が室内に反映され、室内温熱環境や光環境は季節によって異なる。これまでの高齢者の居住環境と睡眠についての調査結果から、夏季に高齢者は冷房器具の使用率が低く、そのため寝室が高温になって、中途覚醒や体動が増加し、睡眠効率が他の季節に比べ劣化していた。これらの季節の影響は高齢者のみに特有であるかどうかを調べるために、2ヶ月毎に1年間、青年男女を調査対象としてデータを収集した。アクチグラフによる睡眠の測定、寝室の温度・湿度の測定、温冷感や睡眠感についての質問紙調査を実施した。

周囲気温は、起床時に6月と8月、2月と4月、10月と4月で有意な差は無かった。被験者周囲の絶対湿度は、2月と4月、6月と8月の間で有意な差は無かった。調査対象者の着衣量は、6月と8月、12月、2月と4月で有意な差は認められなかった。温冷感申告には月により有意な差が認められたが、快適感申告には有意な差が認められなかった。回帰式に代入して算出した1clo着用時の周囲気温は16.2℃となり、温熱中性申告は気温20.5℃で得られた。睡眠に関しては、就床・起床時刻、睡眠時間、睡眠効率、入眠潜時等の全ての項目で月による有意な差を認めず、また、性差も認めなかった。就寝時の気温・湿度が6月で26.7℃70%、8月で27.2℃66%であったが、高齢者のように他の季節に比べ、睡眠は悪化しなかった。

青年の睡眠は季節の周囲温熱環境により影響を受けず、悪化しなかった。温熱環境、着衣量や温冷感には月による差があったが、快適感には差が無かった。これらの結果は、高齢者の睡眠の脆弱性を示唆するものである。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 睡眠、季節、室内環境、

【研究 題目】 運用現場における音案内の誘導性能をリアルタイムに評価するツールの開発

【研究代表者】 佐藤 洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 佐藤 洋、関 喜一、伊藤 納奈、倉片 憲治（常勤職員4名）

【研究 内容】

音案内による視覚障害者等の円滑な移動を支援し、かつ騒音にならない誘導鈴の音デザインおよび公共空間の音環境整備を促進するために、本研究では現場における

音案内の評価を可能にする画期的なツールの開発を行い、現場における音案内の性能評価を実現することを目的とする。性能評価とは、運用現場の特性に応じた適切な音案内の設置および音量の設定を行うための設置場所周辺における音案内の方向誘導性能を定量的に示すことである。その際、高齢者およびロービジョン者を考慮できる方法とし、音案内の多くのユーザー層に適用できるようにする。ツールの特徴は、視覚的な注意特性の計測と両耳に入力される音響信号分析とを用いて、動的な音案内信号および歩行時の音案内の性能評価が運用現場においてリアルタイムに可能になる点にある。

視覚的な注意特性の計測を取り入れた新しい音の方向定位実験については、注視点が音の提示位置と合致するか否か、どの程度ずれるのかを評価するための装置開発を行った。また、立体的音響入力から性能評価を行うアルゴリズム開発については音場再生に関する基礎的検討を実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 視覚障害者、音案内、音環境

【研究題目】 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

【研究代表者】 西田 健次（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 西田 健次（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

サポート・ベクトル・マシン（SVM）などの識別手法とカーネル法に代表される非線形化手法の発展により、教師あり学習に基づく識別器の能力は大幅に向上し、本質的に識別可能な問題であるならば、訓練サンプルに対しては100%の識別率を実現することは難しいことではなくなってきている。しかし、未学習サンプルに対する識別能力（汎化性能）は、過学習などの問題もあり、その性能を向上することは、未だ難しい課題となっている。識別器の汎化性能を向上する手法の一つに、識別に本質的に関わる特徴を選択して訓練に用いる特徴選択手法が挙げられ、特徴選択を行った複数の識別器を組み合わせることで、高い汎化性能を実現することが可能であることが示されている。一方、訓練サンプルセットが、識別対象のモデルを上手く再現したものとなっていないと、性能の良い識別器（および、特徴選択）を用いたとしても、最終的な識別性能は高いものとはならない。車両検出・追跡課題のように、膨大なサンプルの中から識別対象のモデルを再現する訓練サンプルセットを抽出すると、訓練サンプルセット自体が非常に大きなものとなることが多く、訓練サンプルセット全体で識別器の訓練を行った場合、非常に大きな計算量が必要となると同時に過学習による汎化性能の低下を招く可能性がある。大きな訓練サンプルセットから適切な訓練サンプルを選択し、小さな訓練サンプルで識別器を訓練することが出来れば、

計算量の削減とともに、汎化性能の向上が期待できる。

本研究では、訓練サンプルの一部をランダムに選択し、ランダムなパラメータを用いた弱い識別器を多数統合することにより、全訓練サンプルよりも遥かに少ない数の訓練サンプルで識別能力が高く、かつ、汎化性も高い識別器の構成手法を検討している。人工データによる評価実験では、単一のSVMによる識別器では、20,000サンプルの訓練セットに対して4000個のサポートベクターを必要としたが、提案手法によると100個から200個のサンプルを用いるだけで、同等の識別性能を持ち、汎化性に関してはより高い識別器が構成できることを示している。今後は、車両検出、追跡などの実用への適用などを目指していく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 パターン認識、識別器、SVM、汎化性

【研究題目】 自閉特性が顔認知に与える影響—分類画像法および反応一貫性分析による検討—

【研究代表者】 永井 聖剛（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 永井 聖剛（常勤職員1名）

【研究内容】

自閉症者と定型発達者では知覚・認知上処理スタイルに様々な違いが指摘されている。しかし、定型発達者（＝非自閉症）の中にも自閉特性には大きな個人差があり、共同注意にはこの自閉特性の個人差が影響することが報告されている。本研究では、自閉性が高い（自閉症者に近い）定型発達者と自閉特性が低い定型発達者で顔認知情報処理の差異がどのように生じるかを調べることを目的とする。近年開発された分類画像法を用いて顔情報処理ストラテジーの個人差を詳細に視覚化し、反応一貫性分析により反応決定プロセスの影響も検討する。

自閉症は遺伝することがいくつかの研究で示唆されている。遺伝学的な研究を効果的に進めるためには自閉症者およびその家族を調査対象とするだけでは不十分であり、潜在的に自閉症因子をもつ被験者を選定することが不可欠と思われる。自閉特性の高い定型発達者の知覚、認知、行動反応特性を調べ自閉症者との類似性が明らかとなれば、自閉症因子をもつ集団としてコミュニケーション能力の低い定型発達者が認められることとなり、遺伝学的研究が大きく進むことになる。特に、今回の研究計画で扱う、社会性に深く関与する顔認知情報処理が自閉特性によってどのように変化するかを明らかにすることにより、多大な貢献ができるものと期待される。申請者が得た自閉特性と、タスクスイッチング、およびバイオロジカルモーション知覚とを合わせることにより、認知的心理学的課題成績と自閉症者出現確率との関係性についての重要な知見を得るものと期待される。このような研究知見を集積することにより、自閉症者、および、自閉特性が高く、潜在的自閉症因子をもちコミュニケーション

ジョンが苦手な者の早期発見が可能となると考えられる。その結果、早期のコミュニケーション訓練によって健全なコミュニケーション能力の発達支援を進めることができるという医学・社会福祉学的に大きな意義があるといえる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】顔情報処理、分類画像法、内部ノイズ、処理効率

【研究題目】側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

【研究代表者】菅生 康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】菅生 康子、松本 有央（常勤職員2名）

【研究内容】

我々の日常生活において、記憶機能は重要な役割を担っている。また、長寿化が進むにつれ、記憶の機能が衰える認知症への対応が社会の大きな課題となってきた。記憶や認知の脳内メカニズムを明らかにすることは、認知症を理解し、認知症患者のクオリティ・オブ・ライフを向上する技術開発の手掛かりを得ることにつながる。しかし、状況に応じて柔軟に認知する仕組みには不明な点が多い。

本研究では、物事を識別する脳のメカニズムを明らかにするため、嗅周囲皮質を中心に情報処理の解明を目指した。実験では、同じパターン刺激がその前に呈示される色刺激によって、「報酬あり」か「報酬なし」に関係づけられている。実験動物は、色刺激を記憶し、続いて呈示されるパターン刺激を見て報酬の有無を連想する。嗅周囲皮質では、パターン刺激呈示中つまり、まだ実際の報酬呈示・非呈示が行われていない状況にもかかわらずニューロンの約半数が報酬の有無の情報を表現することが明らかになった。さらに、色刺激・パターン刺激の組み合わせの情報も表現していたことから、報酬の有無の情報が段階的に処理されることも示唆された。

本年度は、嗅周囲皮質の前段階の処理を行うとされるTE野のニューロン活動を記録し、解析した。その結果、TE野では柔軟な表現は弱いことが分かった。報酬の有無の情報の潜時にはTE野と嗅周囲皮質で有意差がなかったが、組み合わせ情報の潜時は嗅周囲皮質のほうがTE野よりも短かった。これらの結果から、柔軟な表現は嗅周囲皮質およびその下流の領野で起こると考えられる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】動機付け、側頭葉、ニューロン

【研究題目】認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究

【研究代表者】瀧田 正寿（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

ジー研究部門）

【研究担当者】瀧田 正寿（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

「何かに気持ちを奪われ、意図することが十分できない／不適切なことをしてしまう」ような不具合な認知行動が生じる仕組みを、脳神経回路機能レベルから明らかにし、対処法を提唱することが本研究の目的である。臨床では作業記憶が負の感情で阻害される報告が増え、ラットではそれぞれに海馬-前頭前野路と前頭前野-扁桃体路が関わり、共にドーパミン調節を受ける。この直列関係を電気生理・神経化学的に解析し、ラット早期母仔分離モデルが示す不安行動と前頭前野-扁桃体路の伝達機能不全を改善することを最終目的として、認知行動療法的な作業記憶トレーニングや臨床様に向精神薬投与を行い、不具合な認知行動の生じる仕組みを検証する。

当年度、一昨年度開発した遅延交代課題と高架式十字迷路を連携して用い、作業記憶と不安行動の関係を解析した。また、共同研究先と、脳3部位の自発神経活動を同時計測し、神経回路機能を解析した結果、解剖学的回路が存在する場合でも、神経伝達がある場合と無い場合が存在することを観察した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】認知行動、作業記憶、不安、前頭前野、扁桃体、海馬

【研究題目】社会的公正性に配慮したデータマイニング技術

【研究代表者】神嶌 敏弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】神嶌 敏弘、赤穂 昭太郎（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目的は、公正性・中立性に配慮したデータマイニング技術を開発することにある。データマイニング技術は、与信や採用といった重要な決定にも関与している。このとき、性別・人種・出生などの社会的公正性の観点から利用すべきでない情報の関与を排除すべきである。これには、単純にこれらの情報をモデルから除外するだけでは不十分であることが知られている。例えば、特定の人種が、特定の区域に住んでいる場合、これらの情報には高い相関が生じ、人種という情報を除外しても、居住区域の情報から間接的に差別的な判断がなされることがあり、これをred-lining効果という。

このような判断を回避するために、本研究では、与信や採用などの決定事項と、性別・人種など配慮を要する情報との間の統計的独立性を保証することで、こうした公正性を確保する分析モデルを研究している。

前年度は、統計的独立性を制約項として組み込む拡張をロジスティック回帰分類モデルに対して行った。しかし、公正性の達成度に関しては、後処理で公正性を強化

する既存手法に劣っていた。この問題に対し理論面から解析を行い、モデルバイアスや決定則の影響を明らかにした。そして、その問題を解消したモデルを考案することで、既存のヒューリスティックな公正性強化手法の数理モデルを明らかにし、理論基盤を強化した。

同じく、前年度において、利用者に提供する情報の中立性を強化する情報中立推薦システムを提案していた。中立性は提案モデルにて強化できることは示せたが、計算が困難なモデルを採用しており、処理できるデータの規模が非常に小さいという問題があった。今年度は、モデルの簡素化を行うことで、公正性を悪化させることなく大規模なデータを処理できるような改良を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 データマイニング、公正性

【研究題目】 不均一な弾性構造の知覚特性の研究

【研究代表者】 遠藤 博史（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 遠藤 博史（常勤職員1名）

【研究内容】

人の弾性知覚では、対象となる物体に力を加えて、その入出力関係から物体の構造に関する情報や弾性係数を推定しており、これまでに様な弾性特性を持った物体に対する研究が行われてきた。しかし、我々の身の回りに存在する多くの物は、不均一な弾性特性を有するため、本研究では、不均一な弾性特性を有する物体に対する人の弾性知覚メカニズムを明らかにすることを目的とする。

本年度は、変位や力の情報がどのように弾性として知覚されるのかを明らかにするため、ゴム状の均一な弾性体を用いた弾性知覚の心理物理実験（弁別課題と強度推定課題）を行った。その結果、弾性の知覚にとって、知覚された力と変位の関係だけが重要ではなく、まず押し方（荷重の制御則）が重要であることが明らかになり、さらに、規則的に押された結果得られる変位や力の情報がどのように統合されて弾性として知覚されているのかに関する有力な仮説を得ることができた。また、モータ制御で仮想的に任意の弾性特性を提示できる仮想弾性提示装置を製作し、上記仮説を検証するための実験系の構築を行った。弾性知覚における変位や力の関係を明らかにすることで、不均一な弾性知覚メカニズムの解明だけでなく、人にとって最適な弾性提示技術の開発につながると考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 弾性知覚、触覚、運動感覚

【研究題目】 特徴空間の幾何構造を利用した学習アルゴリズムの構築

【研究代表者】 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎、

藤木 淳（福岡大学）

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、特徴空間の幾何学的構造の解明およびそれに基づく学習アルゴリズムの構築を行い、パターン認識やコンピュータビジョンに応用することであり、その研究の流れに沿って平成25年度は下記のような成果を得た。

第一に、点と点との間の類似度を、直線度を反映した幾何学量として設計し、その類似度からスペクトラルクラスタリングというクラスタリング手法によってサンプルをクラスタリングする手法を開発した。このクラスタリング手法は、魚眼レンズなどから得られる歪んだ画像からでも安定して直線抽出することができるという特徴を持つ。実画像を用いた実験によって、この提案手法が既存手法より優れていることを示した。

第二に、再生核ヒルベルト空間上の曲面あてはめ問題について数値実験を行い、入力空間の計量や特徴画像の構造の関係を調べ、主成分分析と劣成分分析の関連性や、高次元になった場合にそれぞれのもつ問題点を明らかにした。具体的には、主成分分析ではpreimage問題を解くのが数値的に不安定であるのとなめらかな曲面が得られるとは限らないこと、劣成分分析ではあてはめ曲線の自由度が高すぎてどの曲線を選ぶべきかの明確な指針がないことがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アルゴリズム、機械学習、幾何学、関数解析学、パターン認識

【研究題目】 運動に伴う血圧変化メカニズムの解明

【研究代表者】 小峰 秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小峰 秀彦、菅原 順
（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

本研究の目的は、運動中に生じる血圧上昇ならびに運動終了後に生じる血圧低下について、動脈血圧反射調節の観点から、そのメカニズムの解明を目指すことである。

頸部陰圧陽圧負荷を用いて頸部に存在する血圧反射受容器を刺激する装置が必要であった。そこで、刺激条件を詳細に調節する制御プログラムを作成した。頸部を覆うカラーと、頸部カラーに対して陰圧を加えるポンプ、および陽圧を加えるポンプから構成する装置に対して、陰圧・陽圧をコントロールし、血圧反射受容器を様々な方法で刺激する制御機構を作成した。特に、頸部の血圧反射受容器を刺激するだけでなく、末梢で得られる血圧情報を頸部カラーにフィードバックすることで、頸部血圧受容器を刺激せず、大動脈弓血圧受容器のみを刺激する制御方法を検討した。具体的には、以下のような点を検討した。

1. 目的とする大きさの陰圧、陽圧を頸部に負荷し、任意の時間の間、目的圧力を維持する
2. 陰圧から陽圧、または陽圧から陰圧という負荷を連続的に、かつ素早く切り替えられる
3. 血圧変化情報を頸部カラーにフィードバックし、頸動脈圧受容器を刺激する推定圧力を一定に保つ

上記1および2については、制御プログラムの設定によりコントロールすることができた。3については、急激かつ大幅な血圧変化が生じた時には、制御プログラムのみでは対応困難な場合があることが判明した。対応策としては、制御プログラムとハードウェア（ポンプ、モーター）の両方をコントロールする方法、あらかじめ急激な血圧変化を想定した頸部カラーへの圧力操作を加えた後、血圧情報のフィードバックをかけてコントロールする方法などがあげられた。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血圧、加齢、運動、動脈血圧反射

【研究 題目】 脳損傷後の運動機能回復の基盤となる分子・解剖レベル変化

【研究代表者】 肥後 範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 肥後 範行（常勤職員1名）

【研究 内容】

運動出力にかかわる大脳皮質領野である第一次運動野損傷後の運動機能回復の基盤となる脳内変化を解明するために、組織学的解析を行った。解剖学的トレーサーである BDA を運動前野腹側部に注入し、1か月後に解剖して染色したところ、運動前野腹側部から発し、皮質下、あるいは反対半球に向かって線維が同定された。そこで、軸索における神経活動伝播速度にかかわるミエリン鞘を形成するオリゴデンドロサイト前駆細胞マーカーの発現を調べた。その結果、運動前野腹側部から皮質下への投射経路の周囲には、オリゴデンドロサイト前駆細胞マーカーの発現細胞が多く発現していた。すなわち、ミエリン鞘の形成により経路を強化することが、拡散テンソルイメージングのシグナル増強の一つの原因になっていて、また、損傷後の機能回復に関与している可能性が考えられる。新たな経路が形成されている可能性を検証するため、出力線維終末の分布を健常個体と比較した。ほとんどの領域で、出力線維終末の分布は健常個体と損傷個体で一致していたが、小脳核、特に室頂核では損傷個体のみで運動前野腹側部からの出力線維終末が見られた。3頭の損傷個体すべてで、損傷側の小脳核に運動前野腹側部からの終末が確認された一方で、健常個体では対応する投射は確認できなかった。このことから、回復過程で運動前野腹側から小脳核への投射が形成された可能性が考えられる。第一次運動野の損傷により、皮質脊髄路を介した伝達に障害を受ける。回復時には運動前野腹側部から小脳核への投射が形成されることにより、小

脳核から脊髄への投射を介した運動出力が確立された可能性があり、さらなる検証を行っていく必要がある。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究 題目】 多点電気刺激による顔情報制御の研究

【研究代表者】 林 隆介（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 林 隆介（常勤職員1名）

【研究 内容】

われわれは、顔の向きがいろいろと変化しても、誰の顔が正確に判断することができる。こうした顔認知機能は、下側頭葉の「顔エリア」とよばれる脳領域群からなるネットワークが担うと考えられているが、その詳細は明らかでない。本研究では、下側頭葉のさまざまな脳領域（TEO 野および TE 野後部、TE 野中央部、TE 野前部）の表面に400 μ m 間隔で配列された96本の電極からなるアレイ型電極を計4個（合計384本の電極）埋め込み、さまざまな画像に対する神経活動を記録することを目標としている。そして、顔エリアに対応する部位を同定したのち、各顔エリアを多点電気刺激し、顔認知機能の変化を定量評価することをめざしている。

これまでに、下側頭葉に埋め込んだマイクロ電極アレイから神経活動記録を行い、脳領域の違いによる顔情報処理の諸性質が明らかにされつつある。様々なヒトの顔を異なる方位から観察した画像を提示し、神経応答を解析すると、顔の方位と顔の個人識別情報の表現様式が TE 野の部位によって異なることを明らかにしており、現在、さらなる詳細を調べている。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経科学、顔認知、視覚情報処理

【研究 題目】 異なる感覚モダリティ・属性に共通した「時間」と「内容」の情報統合メカニズムの解明

【研究代表者】 藤崎 和香（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 藤崎 和香（常勤職員1名）

【研究 内容】

本研究の目的は、「時間」と「内容」の情報を適切に統合してダイナミックな知覚世界を成立させている人間の脳の論理を、心理物理学の実験手法を用いて解明することである。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

我々は近年、感覚モダリティ間・属性間のバインディング課題の時間周波数限界が、感覚モダリティや属性の組み合わせによらず、約2.5Hz と共通になることを発

見した。本研究では、この感覚や属性の組み合わせによらない共通の時間限界が、「時間（いつ）」と「内容（何）」の情報を並列的に処理したのちに統合するという脳の戦略を反映したものではないかという仮説を、「運動」という感覚・属性に共通した新たな指標を用いて検証するものである。

平成25年度は、この問題について、「感覚－運動間の時間－特徴統合課題」を行って検討した。従来の対応付け課題では、2つのモダリティもしくは属性の刺激系列が共に交替刺激であったため、刺激系列1と刺激系列2の「内容」と「内容」を「時間」を基軸として統合する必要がある。それゆえ、対応付け課題のみでは約2.5Hzの時間限界を決定しているのが、「時間」と「内容」の統合過程なのか、それ以外の過程なのかを区別できなかった。本研究では運動を共通の指標として用いて検討することで、この問題を解決するものである。結果については現在分析中である。

上記の他に、生理学研究所の共同利用研究に採択され、「時間」と「内容」を統合する脳内部位の特定を目指してfMRIの実験を行っている。併せて、聴覚における属性間バイディングの研究も進めている。また、朝倉書店より出版された「福祉技術ハンドブック」において、異種感覚統合について執筆を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間バイディング

【研究題目】業務引き継ぎカイゼンシステムを用いたOJT教育プログラムのフレームワーク

【研究代表者】鷲尾 利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】鷲尾 利克（常勤職員1名）

【研究内容】

救命救急の臨床における看護業務の無理・無駄をなくし、更には、on-the-job training（以下、OJT）に対応する教育プログラムの提案が可能なシステムの構築を行う。具体的には、1)携帯型端末機器による看護業務カイゼンシステムの確立、2)システムを用いた新人・先輩看護師の業務記録から先輩看護師の暗黙知、新人看護師のピットフォールの抽出、3)新人教育のプログラムの作成・施行、を行う。最終的には、本研究の事例から、救命救急看護師の高度画一化を実現するために、日常業務の情報を用いた教育プログラム作成・施行のフレームワークを提案する。

本年度は、看護師が臨床現場で患者情報を記録し共有するためのシステムを、開発初期から看護師の意見を取り入れながら作成し、臨床での実証実験が可能な段階まで完成度を高め、システム開発の方法及びシステムに関して学会発表を行った。作成したシステムは、携帯端末とサーバPCからなり、情報は無線LAN経由でやり取

りされる。携帯端末は、市販品にソフトウェアをインストールすることで使用することが出来る。画像撮影、また、過去に収集した画像の閲覧も可能である。更に、タブレット型端末では、2つの画像もしくは動画同士を比較でき、患者の状態の経過を非言語情報として確認することが出来る。携帯端末は、看護師が患者看護の際、記録または過去情報を閲覧することを想定し、タブレット型端末は、多人数での打ち合わせの際に使用することを想定している。今後は、臨床における実証実験を行い、情報共有に有用なシステムかを検証する。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】情報共有、携帯端末、非言語情報

【研究題目】自己と他者の認識が感覚情報処理に与える影響－社会性と知覚の接点－

【研究代表者】山本 慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】山本 慎也（常勤職員1名）

【研究内容】

複数の感覚信号の統合・分離を、脳がどのようにスイッチしているのだろうか？本研究課題では、時間知覚の観点からこの問題を解決することを試みた。まず、空間的一致性が感覚信号の情報統合に影響を与えるという仮説の検証を、時間順序判断の実験系を用いて行った。その結果、刺激間の空間一致性が情報統合に貢献することを示す結果を得た。次に、自己と他者の認識が感覚信号の情報の統合に影響を与えるという仮説の検証を、同時性判断の実験系を用いて試み、触覚と視覚の刺激がともに自己の身体に関連付けられている時には、主観的に同時と感じる確率が上昇するという結果を得た。これらの結果を総合して、脳における感覚信号の統合と分離は、それらが単一の信号源から発しているかどうか依存していることを明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】神経科学、認知科学

【研究題目】色覚障害者に配慮した均等色空間および色差式の確立にむけた基礎研究

【研究代表者】坂本 隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】坂本 隆（常勤職員1名）

【研究内容】

色覚障害者向け技術開発や、色覚障害者向け視覚標示物作成のためには、色覚障害者が知覚する色の差異（色差）を予測し、これを定量的に評価する方法が必要である。しかし、当該の方法は未だ確立されていない。これを解決するためには、色覚障害者の知覚的色差に等歩度となる均等色空間および色差式が必要である。本研究は、先天性の色覚異常、特に1型2色覚と2型2色覚に着目し、当該2色覚を対象とする視覚実験と色覚モデルに基づく

研究を通じて、均等色空間を構築し、色差式を導出することを目標とする。

平成25年度の進捗状況：

1型2色覚の lightness 知覚は LMS 錐体色空間の M 軸だけに依存して決まり、一方、2型2色覚の lightness 知覚は L 軸だけに依存して決まると予測し、この予測に基づく色覚モデルを構築した。また、chromaticness 知覚については、1型2色覚の場合は M 軸と S 軸の値の比、2型2色覚の場合は L 軸と S 軸の値の比によって、それぞれ表現されると予測し、色覚モデルで表現可能な非線形変換式を導き出した。当該の色覚モデルの意味と定性的な性質について、国際色彩学会 (AIC2013) で報告・議論するとともに、日本色彩学会誌に研究報告を掲載した。色覚モデルの各パラメーター値については、視覚実験に基づく算定をしなければならないが、視覚実験装置が故障し、海外製品のため修理と装置の復旧に半年以上を要してしまったため、平成25年度については、1型2色覚および2型2色覚を対象とする視覚実験を実施できなかった。この事態に対処するため、科研費研究期間の1年延長を日本学術振興会に申請した。幸い当該申請が了承されたため、平成25年度に実施できなかった視覚実験については、平成26年度に改めて実施する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 色覚異常、知覚特性、色差、色空間

【研究題目】 睡眠中の潜在記憶学習の可能性

【研究代表者】 甲斐田 幸佐 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 甲斐田 幸佐、武田 裕司 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究の目的は、指に呈示された触覚刺激の順序学習が、キーボード押し運動をした時だけでなく、運動をしない場合でも生じるかを検証することであった。

被験者は健常大学生17名であった (被験者内比較計画)。比較する実験条件は2条件であり、条件間の違いは受動的セッションにおける刺激の呈示順序に規則があるかどうかとした。指の刺激には、携帯電話のバイブレーションに似た振動刺激 (200Hz) を用いた。右手と左手の第2および第4指に自作の振動モータをサージカルテープで固定した。両手の指に装着した振動モータは全部で4個であった。振動刺激の呈示順序は1-4までの12桁の数列 (例: 242134132143) またはランダム配列とした。12桁の数列は、1ブロックにつき9回提示した。配列に規則性があるブロックを「規則ブロック」、配列がランダムなブロックを「ランダムブロック」とした。実験では、刺激が呈示されたらできるだけ早く正確にキーボードのボタンを押すセッション (能動セッション) と、ボタン押しをせずに刺激だけを受けるセッション (受動セッション) を設けた。

本実験の結果、触覚刺激を用いた系列反応時間課題において、(1) 運動学習が生じること、(2) 刺激系列への受動的な暴露による学習は生じないこと、(3) 受動的セッションのランダム刺激が直後のブロックの反応時間を遅延させることが分かった。(1)、(2) の結果から、触覚刺激における系列学習は、主に運動学習によると考えられることができる。(3) の結果は、ランダム刺激の呈示によって、刺激-反応の対応関係が一時的に阻害された可能性を示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 睡眠、記憶

【研究題目】 加齢変化を考慮した騒音評価方法の開発に向けた聴覚モデルの構築

【研究代表者】 倉片 憲治 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 倉片 憲治 (常勤職員1名)

【研究内容】

これまで騒音の測定は、もっぱら若齢者の聴覚特性に基づいて行われてきた。そのため、現行の方法では、高齢者が知覚する騒音の大きさを適切に評価することができない。そこで本研究では、加齢に伴う聴覚特性の変化を表現する聴覚モデルの構築を行い、これを基礎として新しい騒音評価方法を開発する。これにより、若齢者だけでなく、高齢者の音の聞こえをも的確に反映した騒音の測定及び評価が可能であることを示す。

この目的のために、本研究では、聴覚特性の変化を表現する聴覚モデルの構築に必要なラウドネス (音の大きさ) 知覚特性データの収集及び分析を行う。このモデルに基づいて実環境のさまざまな騒音に対するラウドネスを予測し、実際に高齢者が知覚するラウドネスとの対応を検討する。

平成25年度は、これまでに高齢者を対象に収集したラウドネス知覚特性データの分析を進め、等ラウドネス曲線 (同じラウドネスに知覚される音の周波数と強さの組合せを示す曲線) を描くことに成功した。これは、若年者を対象とした従来の曲線とは異なる、ラウドネスの加齢変化の基本的な特性を示すものである。その成果は、国際誌の学術論文1編としてまとめ、掲載が確定した。

今後は、その等ラウドネス曲線に基づく新しい騒音評価法を開発し、その方法の妥当性を検証する計画である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 聴覚モデル、騒音評価、加齢効果

【研究題目】 神経活動依存的に変動する脳内乳酸濃度の全脳計測

【研究代表者】 高島 一郎 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 高島 一郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、脳賦活法の指標という観点から、脳内乳酸の経時計測を行い、脳神経活動と脳が産生する乳酸の関係を明らかにする。

本年度は、脳内乳酸動態を従来と比べて極めて高効率に解析できる、新しい単離全脳実験系を完成させた。本実験系により、脳神経活動の膜電位イメージングを行いながら、同時に30秒に1回の時間分解能で乳酸濃度を連続計測することが可能となった。この結果、脳への電気刺激を繰り返して脳賦活法を行うと、全脳が産生する乳酸量が逐次的に増え、脳活動量と乳酸産生量の間には正の相関が認められた。次に、脳灌流液の温度を制御することにより脳温を変化させる実験を行った結果、脳温を上げると脳の自発的なニューロン発火が増えるにも関わらず、全脳が産生する乳酸量には変化がないという結果が得られた。さらに、脳灌流液中のグルコース濃度を操作する実験を行ったところ、脳灌流液中のグルコース濃度を低下させると乳酸産生が増えることが観測されたが、グルコース濃度を基に戻した後は、乳酸産生もベースラインに戻る場合と戻らない場合があり、血糖値操作の乳酸産生への影響が一過性であるか履歴効果を持つのか、更なる検証実験が必要と考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜電位イメージング、乳酸、グルコース

【研究題目】 多感覚情報の脳内統合機構の解明

【研究代表者】 山本 慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 山本 慎也（常勤職員1名）

【研究内容】

脳は複数の感覚信号を統合して、統一した知覚を構築することが出来る。例えば、単一のイベントとして同時に生じた視聴覚の感覚信号は、実際には脳内の多感覚領域には同時に到着しない。これは、イベントから目や耳（受容器）まで光や音が伝達される際に生じる物理時間差と、受容器から他感覚領域まで神経信号が伝達される際に生じる神経時間差という、2つの時間差に起因すると考えられる。これら2つの独立に生じる時間差をどのように脳が補正しているのか、これまで未知の問題であった。イベントが最も近くにある際には、物理時間差が生じないため、多感覚領域に到達した信号の時間差は、ほぼ神経時間差のみになり、この場合に聴覚信号の到達時間が視覚信号のそれに対して相対的に最も早くなる。これらの事から、我々は、「多感覚領域における到着時刻のうち、聴覚信号が相対的に最も早い場合の時間差を、神経伝導時間差であると補正する」という理論を構築した。さらに、視聴覚の時間順序判断の実験系によって、上記の理論をサポートする新しい知覚変化を発見し、この新しいタイプの知覚補正を「ゼロ点補正」と命名した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経科学、認知科学

【研究題目】 動脈硬化の加齢変化の個人差が生むメカニズムの解明—10年間の追跡に基づく検討—

【研究代表者】 菅原 順（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 菅原 順、渡辺 光穂、下條 信威、前田 清司（以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、野田 尚宏、松倉 智子、吉池 里和（以上、バイオメディカル研究部門）（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

加齢に伴う動脈硬化の進行は循環器疾患発症の危険因子となる。一方、習慣的な身体活動の実施によって中高齢者の動脈硬化を改善し得るが、一方で、動脈硬化の進行度や身体活動による改善効果には個人差が存在することも明らかになっている。これらの機構の解明は、個別対応型（テーラーメイド）の効果的な循環器疾患発症予防策の構築につながる。

本研究では10年間の長期観察に基づき、動脈硬化度の加齢変化の個人差における遺伝的要因（遺伝子多型）と後天的要因（身体活動水準）の関与、および両者の相互関連を調べる。これにより、加齢に伴う動脈硬化の進行を効果的に抑制し、循環器疾患発症を予防するテーラーメイドのライフスタイル処方構築を目的とした。具体的には、本研究室において約10年前に血圧や動脈硬化度の測定を行った被験者を対象に、約10年後の追跡測定を行い、循環器指標の経年変化に対する遺伝的要因（一塩基遺伝子多型）および身体活動習慣を主体とする生活習慣要因の影響を検証する。ヒト由来試料実験委員会および人間工学実験委員会からの実験実施許諾を得た上で、36名分のデータ取得を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 循環器疾患リスク、遺伝子多型、ライフスタイル

【研究題目】 レム睡眠が感情記憶に及ぼす効果検証

【研究代表者】 甲斐田 幸佐（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 甲斐田 幸佐、仁木 和久（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

睡眠は、記憶するために必要な生理現象である。睡眠不足になると、物事を認知・判断する能力が低下し、記憶能力が低下することが知られている。本研究では、レム睡眠の選択的抑制によって感情認知や記憶の偏向が、長期的な影響として残るのかどうかを検討する。

被験者は健康男性大学生16名を予定して準備を行っている。本研究では、通常睡眠のあと（統制条件）、またはレム睡眠の選択的抑制のあと（レム断眠条件）に被験

者に感情写真を記憶させ、その後に記憶テストを行い、記憶の忘却率を算出し、条件間で比較する。記憶テストは、記憶の直後（10分後）と8日後に行う。本研究で検討した仮説は下記である。① 断眠後の記憶能力は、中性刺激に対しては低下するが、快・不快刺激に対しては低下しない、② 断眠の影響は、断眠8日後にも残る。

本年度（3年計画の1年目）は実験に使う装置の作成、課題の準備、予備実験を行った。実験の準備が整ったため、平成26年度に集中的なデータ取得を計画している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 睡眠不足、感情、記憶

【研究題目】 物理・免疫融合療法に用いる *in situ* 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

【研究代表者】 王 秀鵬（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 王 秀鵬（常勤職員1名）

【研究内容】

今や癌は日本では第一位、世界でも主要な死亡原因となり、癌治療研究は社会的にも重要性が増している。癌免疫療法は、従来の癌治療への重要なサプリメントであり、ヒトが元来持つ免疫系を利用し、免疫細胞を、正常な細胞を傷つけずに腫瘍細胞のみを認識・破壊するように活性化することで、再発や転移を防止する新規の癌治療法として注目されている。本研究の目的は、「癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント」を開発することである。

今年度は、新規の癌免疫誘導能を有するアジュバントの作製を試みた。キャリアとして、ポアサイズを調整（4 nm、7 nm、10 nm）したメソポーラスシリカ粒子を選択した。これに、免疫刺激分子（菌体由来物質等）をリン酸カルシウム飽和溶液中で共沈現象によって複合化させて、アジュバント候補材料とした。この新規のアジュバント候補材料の有効性について、*in vitro* 実験によってスクリーニングを行った。*In vitro* 免疫活性評価では、メソポーラスシリカ粒子を用いたアジュバント材料は免疫活性を示した。メソポーラスシリカ粒子同士を比較すると、ポアサイズ10 nm の粒子を用いたアジュバントの免疫活性が最も高かった。*In vivo* 評価実験を引き続き実施し、より大規模な動物実験で、これまでに作製したアジュバント候補材料（メソポーラスシリカ、マグネシウムまたは亜鉛含有のリン酸三カルシウム）の癌免疫獲得に対する有効性を再確認した。まず、癌治療モデルマウスに固定化自己癌抗原と共存するようにメソポーラスシリカ粒子を用いたアジュバント材料を皮下注入した。コントロールグループには、現在唯一臨床で使用可能なアラムアジュバントを注入した。免疫獲得に十分とされる飼育期間の後、それらのマウスに再度腫瘍細胞を皮下注入し、30日間観察を続けたところ、メソポーラスシリカ粒子を用いたアジュバントを注入したマウス

は腫瘍の成長速度は遅く、マウス体内で癌細胞に対する免疫が確立されたものと考えられた。腫瘍の成長を抑制するメカニズムとして、メソポーラスシリカ粒子を用いたアジュバントを注入すると、マウス血中の抗体とリンパ球中に細胞性免疫に関連するサイトカイン（例えば、IL-2および IFN γ ）の分泌が増大され、体液性免疫と細胞性免疫の両方に関連する免疫活性が高まった事が要因であると分かった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌ワクチン、免疫補助療法、アジュバント、メソポーラスシリカ

【研究題目】 体外補助循環における出血・血液凝固の非侵襲連続光診断法の確立

【研究代表者】 迫田 大輔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 迫田 大輔（常勤職員1名）

【研究内容】

人工心臓や人工肺等において、血栓形成が問題となっている。血栓を非侵襲に検出およびイメージングを達成することで、デバイスの抗血栓性評価法の確立や、臨床における抗凝固管理の最適化に貢献することを目的としている。

平成25年度の主な成果として、人工心臓内血栓形成の近赤外光イメージング法を開発した。*in vitro* において、活性凝固時間 (Activated Clotting Time:ACT) を ACT=200sec に調整したウシ血液を循環させた。血液ポンプには、産総研で開発中の動圧浮上遠心血液ポンプを使用した。血液ポンプにハロゲンランプを照射して、ポンプ内の血液による散乱光をハイパースペクトラルカメラで撮影した。実験後、血液ポンプを生理食塩水で洗浄し、ポンプ内に血栓が形成されていることを確認した。そこで、実験中の血栓形成領域におけるスペクトル変化を解析した。結果、血栓と血液の光学特性は波長670nm以上で大きく異なることがわかり、これを利用して血液ポンプ内の血栓がイメージング可能であることがわかった。以上のことから、血栓と血液の光学特性の違いは、血栓であるフィブリン繊維内に含まれる赤血球密度が全血と異なることが大きな要因であり、血栓内赤血球密度は周囲の流れ場に影響を受けることがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体外補助循環、血液、近赤外分光、ハイパースペクトラルイメージング

【研究題目】 時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明

【研究代表者】 藤崎 和香（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 藤崎 和香（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、心理物理学の実験手法を用いて、物理的・生物学的な時間のずれや、誤対応、組み合わせの爆発といったさまざまな困難を乗り越えて、異なる感覚モダリティ間の時間比較を可能にしている人間の脳内情報処理機構を解明することを目的としている。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

我々は近年、感覚モダリティ間・属性間のバインディング課題の時間周波数限界が、感覚モダリティや属性の組み合わせに寄らず、約2.5Hzと共通になることを発見した。平成25年度は、この感覚モダリティや属性に共通の時間限界が、時間と内容の情報を並列処理したのちに統合するという脳の戦略を反映したものではないかという仮説を検証するため、引き続き「感覚間・属性間の時間-特徴統合課題」を行ったほか、「聴覚内の異なる感覚属性間のバインディング課題（純音、狭帯域雑音、反復リプル雑音などを用いた時間位相弁別課題）」を行った。また、感覚間だけでなく感覚運動間の時間的な対応づけのメカニズムを探るため、自分の行為とその感覚フィードバックとの時間遅れについて、ひきつづき検討を行った。

これらの研究は、東京大学文学部「第14回心理学研究室セミナー」や日本心理学会公募シンポジウム「多感覚間統合機能の行動神経科学：ヒト適応向上に寄与する脳機能」にて講演を行ったほか、「Vision Sciences Society 13th Annual Meeting」、「第二回充実生活を実現する技術のための脳と心と体のメカニズムワークショップ—行為主体感から行為充足感へ—」において発表を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間バインディング

〔研究題目〕 血液自身を潤滑液として非接触回転駆動する長期体外循環血液ポンプに関する研究開発

〔研究代表者〕 小阪 亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 小阪 亮（常勤職員1名）

〔研究内容〕

開胸手術なしに生命維持を可能にする経皮的心肺補助装置（PCPS）や体外式膜型人工肺（ECMO）などの緊急医療で使用されている補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用している。そのため、危機的状況を脱した後の固体接触で生じる軸受の磨耗による耐久性や、溶血や血栓形成などの血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と低溶血性、耐血栓性を有する体外設置型補助循環血液ポンプを開発する

ため、血液自身を潤滑液として浮上回転する遠心血液ポンプを開発する。

平成25年度の主な成果として、スラスト動圧軸受の数値流体（CFD）解析と溝形状の最適化を実施した。動圧軸受を解析するため、潤滑理論における2次元レイノルズ方程式を元にした、CFD ソフトウェアを開発した。そして、本ソフトウェアを用いて、スラスト軸受の溝形状を最適化した。評価モデルとして、動圧溝がインペラ外周から内周へ縮小するモデル、動圧溝と山の部分が等しいモデル、動圧溝が拡大するモデルの3種類の溝形状を評価した。本解析の結果、溝形状がインペラ外周から内周へ縮小するモデルで最も動圧が発生することがわかった。解析結果の妥当性を評価するため、血液ポンプを試作し、スラスト軸受隙間の計測試験を実施した。試験では、レーザー変位計を用い、ポンプ内部のインペラの浮上位置を非接触で計測した。本試験の結果、スラスト軸受の軸受隙間は、動圧溝がインペラ外周から内周へ縮小するモデルで90 μm 、動圧溝と山の部分が等しいモデルで26 μm となった。一方、動圧溝が拡大するモデルは、インペラがケーシングに接触した。本結果から、数値解析の結果と同様に、動圧溝がインペラ外周から内周へ縮小するモデルで、最も動圧が発生することを確認した。

軸受隙間と溶血の関係を求めるため、牛血を用いた溶血試験を実施した。本試験の結果、動圧溝がインペラ外周から内周へ縮小するモデルで最も溶血が少なく、市販ポンプ（BPX-80）比の0.6倍の溶血であった。

本研究結果から、開発した CFD 解析ソフトウェアの解析結果の妥当性を確認することが出来た。また、溶血を改善可能なスラスト軸受の形状は、動圧溝がインペラ外周から内周へ縮小するモデルであることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 人工心臓、動圧軸受、血液適合性

〔研究題目〕 前頭前野における神経調節物質の影響に関する研究

〔研究代表者〕 渡辺 由美子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 渡辺 由美子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

学習や記憶、思考や推論など様々な高次脳機能に欠かれない前頭前野は、ドーパミンやアセチルコリンなど様々な神経調節物質の影響を受けている。本研究では、前頭前野が、ドーパミンやアセチルコリンなどの神経調節物質の影響をどのように受けているのかをミリ秒オーダーの時間解像度で明らかにすること、これらが前頭前野および関連する神経回路における情報処理にどのように影響するかを明らかにすることを目的とした。

今年度は、主に、大脳皮質にアセチルコリンを分泌する前脳基底部マイネルト基底核に着目した。アセチルコ

リンは、記憶や学習、覚醒や注意など様々な機能を修飾することが知られている。また、アルツハイマー型認知症ではマイネルト基底核のアセチルコリン神経が脱落していることから、この部位は特に痴呆や記憶障害と密接に関わることが知られており、前脳基底部と前頭前野の神経連絡の特徴を明らかにすることは、これらの疾患の原因解明や治療法の開発にもつながる。

実験では、ラットの前脳基底部マイネルト基底核を麻酔下で電気刺激し、刺激前後で脳皮質前頭前野での局所電場電位を比較した。その結果、バースト刺激の前後で、刺激後に前頭前野で低周波成分が減少することが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経科学、前頭前野

【研究題目】 機械学習を利用した反応材料分布と環境エネルギー条件の推定法構築

【研究代表者】 城 真範（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 城 真範（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題では、高速な低分子の反応シミュレーションを行う手法の構築を目指す研究を進めている。その原理は、分子の反応過程を単原子への遊離を含む素過程に分解し、各の分子、イオンの持つ運動エネルギーに従って反応の進行をシミュレートする。その際、機械学習の方法を取り入れ、反応の逆過程を導出できるように配慮する点が特色である。

平成25年度は、文献調査を通じて現状の手法を整理し、プロトタイププログラムを制作することで、挙動を確認した。先行研究の一つである Gillespie アルゴリズムに着目し、その類似性と問題点を特に考察し、いくつかの研究会で議論した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 分子シミュレーション、機械学習

【研究題目】 サル内包梗塞モデルを用いた脳機能回復メカニズムの解明

【研究代表者】 村田 弓（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 村田 弓、肥後 範行（常勤職員2名）

【研究内容】

脳損傷後の機能回復の背景には神経回路の可塑的变化による代償機能に関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は脳内梗塞動物モデルを作成し、脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的に行った。

モデル動物にヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。内包後脚に損傷を作成した動物モデルを確立し、回復過程を調べた。母指と示指で小さな物体を保持

するつまみ動作が可能な動物であるサルを対象に、第一次運動野の手領域からの下行路が通る内包後脚に血管収縮作用を持つ薬物を投与し、局所的な微小梗塞を作成した。梗塞後、数ヶ月間にわたってつまみ動作の回復過程を調べるとともに、MRI 画像を用いて損傷部の体積の変化を調べ、把握動作と損傷領域範囲の関連を調べた。

損傷直後はつまみ動作を含む手の運動に障害がみられた。T2強調画像の高信号部位が内包後脚に認められたことから、薬剤を投与した内包後脚で浮腫などが生じて組織がダメージを受けていることが示唆された。MRI 画像の高信号部位は損傷後2週間から1ヶ月後には減少傾向を示したが、つまみ動作の使用頻度は回復しなかった。これらの結果から、画像上では損傷が確認できなくても、損傷による影響は持続しており、協調した手の運動の遂行に影響を与えていることが推察された。

以上の結果、脳内梗塞動物モデルの構築を行うことができ、脳損傷後の機能回復のメカニズムや機能回復への運動訓練の影響を解明するための有益なモデルを確立できたと考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究題目】 視覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

【研究代表者】 小村 豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小村 豊（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

我々は、外界の事象を一つのまとまりとして認知しているが、脳のなかでは、視覚、聴覚、触覚といった異なる感覚種ごとに、また同一の感覚種のなかでも異なる感覚特徴ごとに、いったん分解されて、処理されてしまう。本研究は、脳は、いったん分解された情報をどのように統合するのかという問題に迫るため、モデル化しやすい視覚系を選んで、色と動きの情報統合を要求する課題を遂行させた動物を用いている。

過去の研究において、色は、大脳皮質の V4領域で、動きは MT 領域で処理されていることが分かっているので、両者と解剖学的結合を有している視床枕の課題遂行中の神経活動に着目した。結果として、様々な応答パターンが記録されたが、なかでも、特定の色や動きの視覚特徴に対しては選択的応答を示さないものの、色と動きのコンビネーションの度合いに応じて、応答を変化させるニューロン群が多数観察された。このような応答は、これまで視覚系脳領域でよく見られていた、視覚特徴を抽出するという特性とは異なるものである。今後は、これが知覚・認知にとってどのような意義があるのか、検討したい。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 視覚、色と動き、統合

【研究題目】 カーネル法による高次元データの非線形スパースモデリング

【研究代表者】 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎、麻生 英樹（知能システム研究部門）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

近年発展してきた計測技術によって、大量の高次元データが得られるようになってきている。そのようなデータのモデリングには従来単純な線形モデルが広く用いられてきたが、現実の観測データは複雑で非線形な構造を内包しており、従来手法では本質をとらえきれないことが多い。本研究課題では、カーネル法によるスパースモデリングを拡張することにより、マルチモーダルデータや時系列データ、さらに階層的・論理的な構造が内在するデータなどから複雑な構造を抽出することのできる、新たなスパースモデリング手法の確立を目的とする。

平成25年度は、関係性がリンク構造で表現されるネットワーク構造を観測時系列から予測するための手法を構築した。従来そのような目的に用いられてきたのは信号のガウス性に基づく相関行列に基づく手法であるが、ここでは時系列の時間発展に伴って生じる見かけの関係性を抽出してしまうという問題点があった。また、相関行列では情報の流れる方向性については扱うことができない。我々の取ったアプローチは、グラフ上の情報の流れがグラフラプリアンから計算される拡散カーネルとなることを利用し、観測信号からグラフ構造を逆推定するアプローチである。東日本大震災前後での株価銘柄の間の関連性などについてデータ解析を行い、従来手法に比べて解釈のしやすいグラフ構造の推定を行うことに成功した。

このほか、データに内在する構造的な情報を抽出する手法を連想記憶モデルの潜在構造抽出に適用した。連想記憶モデルは理論的に潜在構造がわかっているモデルであるが、データ解析的なアプローチは対象の物理的性質がわからない場合の手法として有効であることが期待されており、とりあえず構造のわかっているデータに対して検証することが本研究のねらいである。実際に、連想記憶モデルデータに適用し、温度パラメータの値によって、木構造、階層構造、クラスタ構造などの相転移が適切に抽出されることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 機械学習、アルゴリズム、モデル化

【研究題目】 医薬品の適応拡大に向けた研究：複数の疾患に使用することのできる医薬品の特徴解析

【研究代表者】 森田 瑞樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

（ジー研究部門）

【研究担当者】 森田 瑞樹（他1名）

【研究内容】

新薬の開発は成功率が5千分の1とも3万分の1とも言われ、とても困難なことが知られている。そこで近年、迅速かつ効率的な新薬開発のために「適応拡大」と呼ばれる方法論が注目されている。これは、既存の医薬品や開発途中でドロップした化合物を別の疾患に適用できるようにすることである。たとえば、狭心症の治療薬として開発が始まったシルденаフィンは治験の途中で開発中止となったが、後に別の適応症である勃起不全の治療薬（バイアグラ）として承認を得た。また、現在はさらに肺動脈性高血圧症の治療薬（レバチオ）としても承認を得ている。

本研究の目的は、適応拡大が可能となる医薬品と疾患の組み合わせを発見するための一般的な知見を見出すことである。このために、既存の医薬品のうち複数の疾患に使用することができるものを分析し、同一の医薬品を使用することができる疾患間の類似度の分布、同一の医薬品を使用することができる疾患群の組み合わせの特徴と傾向、類似度の低い疾患同士でも使用できる医薬品の特徴と傾向、それらの疾患の特徴と傾向、のそれぞれを明らかにする。

これまでに、医薬品および疾患のそれぞれの階層分類データの RDF 化、医薬品と疾患の階層分類データの統合、医薬品や疾患の階層分類を利用した類似度の計算ソフトウェアの開発、文章の記述に基づいて疾患の類似度を計算するソフトウェアの開発、心不全治療薬における医薬品-疾患のネットワーク解析を行った。

心不全治療薬は化合物としては45剤、それらが適応できる疾患は285疾患であった。治療薬あたりの適応疾患の数および疾患あたりの治療薬の数は、いずれもべき分布に従っていた。適応症が多い薬剤（多適応薬）と少ない薬剤（少適応薬）の比較からは、生体内ターゲットに差異は見られなかったものの、薬剤の種類として多適応薬には降圧薬の割合が高く少適応薬には利尿薬の割合が高いこと、作用機序として多適応薬には拮抗薬の割合が高く少適応薬には作動薬の割合が高いこと、などが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 医薬品、適応拡大、ネットワーク

【研究題目】 3次元有効視野計測法の開発と、それに基づく人間の視空間情報収集特性の加齢変化

【研究代表者】 斎田 真也（神奈川大学）

【研究担当者】 氏家 弘裕（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

自動車運転環境における3次元有効視野計測を行うた

めに、両眼立体視や運動視差など、奥行き手がかりによる奥行き運動知覚の特性について明らかにすることを目的とする。

具体的には、3次元有効視野計測として両眼視差提示範囲の制限を用い、異なる奥行き範囲による視覚探索時間への影響を調べた。両眼立体視による視差範囲を1 deg 以内の2種類 (22.9, 60.0 arc min) とし、ただしこの視差の中心位置を3D ディスプレイの手前、または奥にそれぞれ20, 10 arc min 及びディスプレイ面上の5種類として、奥行き位置による視覚情報利用のしやすさを検討した。その結果、視差範囲が狭い方が、また視差中心位置がより手前の方が探索時間が短かった。このことは、視差範囲が一定であれば実寸距離でより狭い範囲に球体が集中する手前の方が探索が容易であることを示しており、3次元有効視野特性を示唆していると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 立体映像、有効視野、運動視差、奥行き知覚

【研究題目】 インフラ絶縁下において利用可能な体温管理システムの開発

【研究代表者】 古川 崇 (東北大学)

【研究担当者】 鷲尾 利克 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門) (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、インフラが機能停止した際においても、36度±1度の範囲で無、あるいは最小限のエネルギーで簡易的に体温管理を実現する機器の開発につながるための基礎知見を得ることである。開発する機器像としては、熱輻射、流体制御によるものを想定しており、流体力学的な見地から基礎実験を行う。担当は、体温維持を可能とする既存製品もしくは、既存技術の発掘である。東北大震災をキッカケに、通常の救命救急病棟でも使用出来る (日常的な医療関連用品にもなる) ことを重要視し、検索を行った。検索結果では、1) 保温に関しては個人で使用出来るものから、建屋を対象にしたものまで技術は存在する、2) しかしながら、既存の設備に取り込むのは簡便ではない、3) 救命救急病棟の日常品になる価格ではない、4) 夏場を想定した場合、熱中症を防止したいが外気温より下げることが出来ても、36度±1度を保つことは素材のみでは不可能、であることが明らかとなった。そこで、バッテリー程度の電力を用いて体温を維持することが可能かを実証するため、市販のバッテリーでも駆動する冷凍機を用いて、自然対流を考慮した機器の配置および人体を覆う外骨格型のフードを作成した。この機器は、商用電源でも駆動することが可能であり、実際に現場に投入した場合、常時使用可能でありかつ災害時にも使用出来るので、価格の負担が少なく、使用に際し戸惑うこともないと言える。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体温維持、冷凍機、バッテリー駆動

【研究題目】 運動機能可塑性における赤核機能・構造連関の解明

【研究代表者】 林 拓也 (独立行政法人理化学研究所)

【研究担当者】 肥後 範行 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)、
林 拓也、尾上 浩隆 (以上、独立行政法人理化学研究所
(常勤職員1名、他2名))

【研究内容】

大脳皮質運動野を損傷した後に核磁気共鳴画像法 (MRI) を用いた拡散テンソル撮像を行うことで、神経線維の走行の変化を画像化することを試みた。3頭のアカゲザルを用いて解析を行った結果、把握動作の回復に伴って、複数の灰白質および白質において神経突起と神経線維の強化を示す値の上昇が見られた。これまでにを行った運動皮質損傷後の脳活動計測により機能的変化が示唆されている運動前野腹側部およびその下にある白質においても、優位な値の上昇がみられた。これらの領域から発する神経線維の変化が運動皮質損傷後の把握機能回復の背景にある可能性が考えられる。この結果から示唆された、運動前野腹側部直下の白質で生じる神経線維の変化を詳細に解析するために、解剖学的トレーサーであるピオチンデキストラミンを運動前野腹側部に注入した。解剖後に軸索繊維に沿って運ばれたピオチンデキストラミンを可視化することにより、運動前野腹側部からの神経出力線維を調べた。その結果、運動前野腹側部から皮質下へ向かう線維の一部は赤核に達していた。健常個体では運動前野腹側部から赤核への投射は小細胞層のみに終始していたのに対し、運動皮質損傷個体では小細胞層だけでなく大細胞層にも終末を伸ばす投射が存在していた。大脳皮質運動野損傷後に運動前野から赤核大細胞層に新たな投射が形成されることが、運動機能回復にかかわっている可能性が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性、核磁気共鳴画像法

【研究題目】 運動習慣が脳循環動態・脳循環調節機能に及ぼす影響：脳疾患予防の基礎的研究

【研究代表者】 小河 繁彦 (東洋大学理工学部)

【研究担当者】 菅原 順 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)、
小河 繁彦 (東洋大学)、
宮本 忠吉 (森ノ宮医療大学)、
片山 敬章 (名古屋大学)
(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

我が国では65歳以上の高齢者の約1割が認知症と言われており、高齢化社会において運動推進が健康づくり・生活習慣病の予防において重要な課題である。近年、運動習慣（トレーニング）が脳疾患発症リスクを軽減することが示唆されており、「脳疾患と運動習慣」の関連性が注目されている。しかしながら、脳循環調節は複雑な生理機能を有するため、運動習慣やトレーニングの脳血流量・脳循環調節機能への効果について十分な生理学的知見は得られていない。本研究では、「運動習慣の脳循環への影響」という未解決問題の解明を目指す。生理システムを統合的に捉え、トレーニングの直接的な脳循環調節への影響（研究①）に加え、運動習慣に適応変化する呼吸系（研究②）・心臓循環系調節機能の脳循環への影響（研究③）を明らかにする。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生活習慣病、脳循環、呼吸調節、循環調節、運動適応

【研究題目】オープンプランにおけるスピーチプライバシー保護のためのハイブリッド設計技術の開発

【研究代表者】森本 政之（神戸大学大学院）

【研究担当者】佐藤 洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

近年の個人情報保護に対する需要の高まりから、会話に含まれる個人情報の保護、すなわちスピーチプライバシーの保護に対する注目が高まっている。需要が高い空間として、病院の診察室や薬局・銀行の窓口等が挙げられるが、オープンプランで設計されるのが一般的であり、現状では遮音性能の確保は困難である。会話を聞こえにくくする音を発生させるサウンドマスキングシステムも提案されているが、遮音性能が低すぎる場合は過大な音が必要となるため、空間の快適性を保つためには遮音性能の向上も合わせて考えなくてはならない。本研究では、建築設計の視点からオープンプランの利便性を保ちつつ遮音性能を向上させる技術と、電気設備設計の視点からサウンドマスキングシステムの効率を向上させる技術を開発し、最終的に両者を組み合わせたハイブリッドなスピーチプライバシー保護のための設計技術開発を行う。

オープンプランにおけるスピーチプライバシー保護性能の総合的かつハイブリッドな評価技術を開発するために、室内音響の評価方法、マスキングノイズの評価方法、およびハイブリッド設計技術の確立に関する研究を行った。

その結果として、騒音の影響だけではなく室内の反射音の影響を考慮したうえで、空間のスピーチプライバシー性能を評価する方法について提案した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】プライバシー、保護技術、音環境

【研究題目】音響放射力を伴う超音波の生体組織への影響

【研究代表者】秋山 いわき（同志社大学）

【研究担当者】新田 尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

秋山 いわき（同志社大学）

谷口 信行、安田 是和（以上、自治医科大学）（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

超音波を用いて生体内部で音響放射力を発生させ、弾性評価を行う技術が最近実用化された。この技術では、従来よりも高強度で持続時間が長い超音波パルス（音響放射力インパルス）が用いられており、温度上昇やキャビテーション等に起因する生体作用について関心が高まっている。そこで本研究では、最終的に動物実験を行って、音響放射力インパルスによる生体組織への影響を調査する。その一部として産総研では、生体内の超音波焦点における温度上昇の測定と動物実験への適用が可能な温度測定システムを構築した。さらに、構築した温度測定システムと生体模擬材料（TMM）を用い、超音波照射条件と温度上昇との関係について調査を行った。

構築した温度測定システムは、熱電対刺入用貫通孔を有する音響放射力発生用の超音波振動子、細径熱電対ワイヤー（φ0.15mm）、基準接点補償器、超低雑音プリアンプ及び高速ロガーからなる。超音波振動子の貫通孔を経由して中空穿刺針とともに熱電対を刺入し、その先端を焦点位置に合わせてから、穿刺針を抜いて熱電対のみ留置することで、生体内の温度測定が行われる。

当該システムを用いた温度上昇の測定には、IEC60601-2-37準拠で作製した TMM、吸音材で作製した骨モデル（プレート及び棒状（φ10, 5mm））及び鶏骨を埋め込んだ TMM（骨含 TMM）、摘出したブタ肝臓を用いた。超音波照射条件としては、パルス持続時間=0.3-10ms、Mechanical Index (MI)=0.7-4、パルス繰返し時間=2, 5, 10s、パルス照射回数=20を与えた。また超音波の吸収由来の温度上昇のみを測定するための処理が行われた。その結果、TMM とブタ肝臓は同程度の温度上昇を示したが、骨含モデルの温度上昇はそれらよりも高かった。また骨含モデル間の比較ではプレート > φ10mm > φ5mm となり、骨形状により温度上昇に差異があった。WFUMB synopsis で推奨される上限の温度上昇（1.5℃）と比較したところ、認証基準内（ $I_{spta} \leq 720 \text{mW/cm}^2$ ）の強度では TMM とブタ肝臓において1.5℃を超えなかったが、骨含モデルでは超える場合があった。このことから、音響放射力インパルス使用時は骨の介在を避けるよう配慮が必要と考えられた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】超音波、音響放射力、生体作用

【研究題目】機械学習における自己情報コントロール

機構の構築

【研究代表者】佐久間 淳（筑波大学）

【研究担当者】神島 敏弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

機械学習においてデータに個人情報が含まれる場合には、プライバシーの侵害を考慮し、解析の前に匿名化を行うなどの処理が必要となる。一般に、匿名性とデータ有用性の間にはトレードオフの関係があることが知られているが、匿名化によりデータの有用性がどう変化するかについての研究はほとんどなされていない。

H25年度は、プライバシー保護を目的としてデータに加えた変化をロバスト最適化における摂動と解釈することによって、代表的な予測モデルである線形回帰を対象とし、この摂動について頑健な線形回帰をロバスト最適化により求めたときの、予測の期待損失を実験的に評価した。実験の結果、匿名性と精度の関係は必ずしもトレードオフとはならず、匿名性を高めた場合でも、期待損失が必ずしも増大しないことがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】データマイニング、公正性

【研究題目】虚弱高齢者の定量的身体機能計測に基づいた縦断的転倒リスク評価指標の構築

【研究代表者】山下 和彦（東京医療保健大学）

【研究担当者】井野 秀一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
山下 和彦（東京医療保健大学）、
佐藤 満（昭和大学）、
太田 裕治（お茶の水女子大学）
（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

高齢者の転倒骨折は社会的問題であり、後期高齢者では要介護要因の上位に挙げられている。高齢者の転倒予防には、身体機能の観点から、下肢筋力・バランス機能・歩行機能の3要素の向上が重要である。本研究では、この3要素を定量的かつ簡便・安全に計測可能なシステムの開発とそれを利用した転倒リスク評価指標の構築を行っている。

本年度は、これまでに試作した簡便なインソール型重心動揺計や下肢筋力計などを利用して、転倒リスク指標の縦断的研究や転倒予防評価システムによる介入研究を実施した。ここでの介入は、足部のケアや運動等であり、実施期間は約10ヶ月間である。その結果、下肢筋力・歩行機能・バランス機能が改善されるケースが多く確認された。さらに、足部に痛みのある対象者は、転倒リスク群に該当する割合が多かったが、介入により非転倒リスク群に高い割合で移行することも確認できた。加えて、対象者らの医療費分析を行ったところ、介入年の医療費は前年よりも平均で約5万円減少し、特に転倒リスク群

に該当する対象者の医療費は約11万円減少していた。以上より、足部のケアなどの介入により転倒リスクが低下するとともに、それらは医療費削減にも効果があることがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】転倒予防、下肢筋力、歩行機能、バランス機能、定量的計測評価

【研究題目】行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学）

【研究担当者】肥後 範行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
設楽 宗孝（筑波大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

ヒトを含めた生物は、最終的な報酬を得ることを目的に、報酬を最大化するように報酬獲得までの道筋を計画し行動することが知られている。この過程では、報酬を得るために必要な労働に関わる負荷および時間と、予測される報酬量とのバランスを考えた結果から、どのような行動選択を行うかを決定する。すなわち、報酬価値を決定する主要因の2つである、報酬量と報酬を得るのに必要な労力の兼ね合いをどう見積もるかによって行動決定が影響を受ける。そこで、脳内で報酬価値の情報ほどの領野でどのようにコーディングされているのかを解明することを目的として、労働負荷と報酬量の組み合わせをサルに提示して1つを選ばせるという行動決定課題を行い、関連する脳の領野（眼窩前頭皮質、内側前頭前野、背側縫線核、等）の情報処理を明らかにする試みを行った。より遠い将来の大きな報酬を待つ過程には、脳幹の縫線核から放出されるセロトニンが関わっていると考えられている。単一ニューロン記録を行ったサルの脳において免疫組織化学を行い、セロトニンを産生している縫線核ニューロンの同定を行った。具体的には、セロトニンの生成に不可欠な酵素であるトリプトファンヒドロキシラーゼに対する抗体を用いた免疫反応を行ったあと、ABC-HRP法による発色を行うことにより、セロトニンを産生するトリプトファンヒドロキシラーゼ陽性細胞を可視化した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】霊長類、モチベーション、セロトニン、行動決定、タンパク発現

【研究題目】行動決定における価値判断の脳内情報コーディング機構

【研究代表者】設楽 宗孝（筑波大学）

【研究担当者】松本 有央（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

報酬獲得のための行動決定を調べるために、報酬までの労働負荷と報酬量の組み合わせを選択する行動決定課題をトレーニングしたサルに実行させ、課題の誤答率を調べた。この課題では、4段階の報酬量と4段階の仕事量を組み合わせた16通りから、その内の2つを選択肢として呈示し、選択を行わせる。選択は、チェア内に装備した左右のバーの内いずれかを握ることで行う。課題としては、画面に表示される視覚刺激の色が赤から緑に変わったら、モンキーチェア内の中央バーから1秒以内に手を離すという試行を複数回行わせる。この回数が労働負荷量となる。労働負荷と報酬量の組み合わせは全部で16通りあり、労働負荷はパターン刺激の長さによって、報酬量はパターン刺激の明るさによって表す。この16通りから2つを選ぶ組み合わせは全部で120通りある。様々な選択肢の組み合わせを用いたときの行動決定の結果を報酬割引モデルによってフィッティングすると、指数関数を使った割引モデルでよくフィットできた。本研究の結果は、国際誌に論文として掲載された。また、行動決定課題遂行時のニューロン活動を調べるために、眼窩前頭皮質から単一ニューロン活動を記録し、行動決定の際に反応するニューロンが記録された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 意思決定、行動選択、報酬量、負荷量

【研究題目】 小型遠心ポンプを用いた可搬型除水システムの開発

【研究代表者】 山根 隆志 (神戸大学)

【研究担当者】 丸山 修、西田 正浩、小阪 亮
(以上、ヒューマンライフテクノロジー研究部門)、
松田 兼一 (山梨大学)、
山本 健一郎 (東京女子医科大学)
(常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

心不全あるいは腎不全のために緊急に除水を必要とする患者から、簡便かつ安全に除水する可搬型除水システムを開発し、救急医療のほか在宅医療、ひいては被災地医療にも使える除水システムを提供することを目的とする。このため、透析液が不要な濾過方式を採用し、血液循環回路には小型遠心ポンプを開発し、溶血特性と濾過特性を検討した。プロトタイプ (DP2) の溶血率は市販体外循環ポンプの3/10程度、流入口改良モデル (DP3) の新品では1/19程度に改善したが、摩耗に注意する必要があることが分かった。また、血液濾過実験では、膜間圧力差は濾液流量つまり濾液ポンプによって決まり、遠心ポンプにはよらないことが分かった。今回の短時間実験では、血液循環回路の血流量および濾液流量が一定であったが、今後、長時間実験では中空糸や多孔質の目詰まりによって性能が阻害されないことを、引き続き立証していく必要がある。現在、遠心ポンプのさらなる小型

化を推進中であり、近くその成果も出るものと期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 腎不全、連続流ポンプ、透析、除水、血液適合性

【研究題目】 孤立した大地震被災地の初動救命活動を支援する可搬動力システムの開発

【研究代表者】 佐藤 満 (昭和大学)

【研究担当者】 井野 秀一 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)、
佐藤 満 (昭和大学)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

地震等で孤立した被災地での初期救命活動は、もっぱら人力で行わざるを得ない状況に見舞われる。そこで、本課題では、孤立した被災地において閉鎖空間からの救助活動を支援する、小型・軽量でエネルギー供給が不要な可搬動力システムの基礎技術の開発を行っている。

これまでに本システムに必要な技術要素のうち、可搬動力源としての水素吸蔵合金、生石灰と水を利用した熱源と熱伝導部に関しては試作を終えた。また、水素圧を救助作業に適した出力に変換する動力変換部は、昇揚機構の水素気密性を担保する1次機構として O リングを使用することで、当初より想定したシーリング性能が確保されることを実験的に確認した。さらに、筐体破損などが一の事態に備えた内包二重シール部材の開発は、耐圧性能に優れたエアバッグ機構をベースとして、ラミネートフィルムで覆う形式を考案し、その試作を進めている。

今後は、これらの要素機構を順次組み上げ、可搬動力システムとしての機能評価を実施する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 防災、救助資材、アクチュエータ、水素吸蔵合金、熱駆動

【研究題目】 質感認知に関わる視聴触情報の心理物理的分析

【研究代表者】 西田 真也 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所)

【研究担当者】 藤崎 和香 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門) (常勤職員1名)

【研究内容】

物体の材質についての情報は、視覚だけでなく聴覚など多くの感覚から得られる。例えば、視覚的には物体の見た目から、それが硝子なのか、金属なのか、陶器なのか、それとも木なのか、といったことを判断できる。同様に、聴覚的にも、例えばその物体が叩かれたときの衝撃音を聴くことで、叩かれた物体が金属なのか、あるいは木なのか、といったことを判断できる。このように、

物体の材質についての情報はそれぞれの感覚モダリティから得られるが、では、それらの情報を統合して感覚間で一体感のある材質知覚を成立させているクロスモーダルな質感知覚メカニズムとはどのようなものだろうか。

このような謎を解くための最初のステップとして、本研究では、映像がもたらす材質情報と音もたらす材質情報が矛盾した状況を作り、そのような状況で材質知覚がどのように変化するかを調べた。視覚刺激として金属、陶器、硝子、石、木材、樹皮、聴覚刺激として、硝子、陶器、金属、石、木、野菜、樹脂、紙を用いた。これらの刺激を組み合わせて視聴覚動画セットを作り、評定実験を行った。材質のカテゴリー知覚（硝子、金属など）と、材質の特性知覚（なめらかな、やわらかな、高級ななど）では、視聴覚の統合論理が異なることを発見し、また映像情報と音情報の双方に基づいた相補的なマルチモーダル材質知覚の原理を見いだした。

この成果については、*Journal of Vision* 誌に論文を投稿し、掲載された。その他「実物質感研究会」において講演を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マルチモダリティ、質感知覚、多感覚情報統合、材質判断

【研究題目】 情報論的自己組織化マップとその応用

【研究代表者】 上村 龍太郎（東海大学）

【研究担当者】 竹内 晴彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
上村 龍太郎（東海大学）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、データが持つ構造や分布に忠実な表現を行うことができ、さまざまな目的に適用可能な情報論的競合学習を用いた自己組織化マップ（SOM）の構築が、研究代表者により進められている。応用分野として、新規に構築される自己組織化モデルの有効性を、さまざまなデータに対して適用し検証することが目的である。

平成25年度は、まず、アルコール飲料の成分データとハンバーガー類の栄養素データを使用して、既存のSOMによる分析を行い、これらのデータがSOMによる分析に適したデータであることを確認した。これらのデータは、新規に構築されるSOMを使用してさらに分析を行う予定である。続いて、視覚心理学分野へ新規なSOMを応用するための準備として、視線計測装置を用いて、さまざまな視線データの計測と収集を行った。具体的には、24人の被験者に対して、16の風景写真、22のウェブサイト、25の道路写真に対する視線データを計測した。また、書籍を購入するというタスクを与えて、書籍の選定プロセスに係わる視線データを収集した。SOMを用いてこれらの視線データを分析するために、使用するデータの種類と加工法について基礎的な考察を

加えた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ニューラルネットワーク、データ解析、情報理論、自己組織化

【研究題目】 随意運動に先行する脳活動の同定—セントラルコマンド発生機構の探索

【研究代表者】 松川 寛二（広島大学）

【研究担当者】 小峰 秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
松川 寛二（広島大学）、
定本 朋子（日本女子体育大学）、
浜岡 隆文（立命館大学）、
梁 楠（広島大学）、
丹 信介（山口大学）
（常勤職員1名、他5名）

【研究内容】

心拍数は随意運動の開始と同時に増加するが、効果器での遅延を考慮すると、高位脳中枢は運動開始に先行して活動を始めて、自律神経信号（セントラルコマンドと呼ぶ）を心臓ペースメーカーへ送る必要がある。本研究はセントラルコマンド発生源を探索しその遠心性経路や活動様式を解明することを目的とし、ヒトや実験動物を用いた相補的な研究を実施した。

- ① ヒトに関する研究：エルゴメータ随意運動時に見られる大脳皮質局所酸素化ヘモグロビン濃度変化（Oxy-Hb）のマッピングを行った。脳活動の出現部位では Oxy-Hb が脳組織血流量に比例して増え、左右の前頭前野 Oxy-Hb は運動開始に10秒先行して増加した。この増加は運動開始直後に最大となり、その後運動の継続にもかかわらず低下した。他の皮質領域では大きな脳活動は起こらなかった。興味深いことに、強制的に運動を開始させた場合には前頭前野の Oxy-Hb の大きな増加は生じなかった。随意運動の場合にのみ前頭前野の脳活動が賦活し、それは大脳皮質の他領域や視床下部・脳幹にある神経回路を駆動すると予想できる。
- ② 実験動物に関する研究：視床下部尾部側で助脳された動物で見られる自発歩行時の交感神経活動、心拍数、動脈血圧の変化は正常動物の歩行運動と一致した。この結果から、セントラルコマンドの発生源が視床下部尾部側や脳幹—特に中脳腹側被蓋野（VTA）—に存在する事が示唆された。VTA 組織血流量は除脳動物の自発運動と同期して増加することや、VTA 神経細胞で c-fos 核タンパク質発現が自発運動中に高いことは、VTA 神経活動の上昇を示唆した。一方、局所麻酔薬や抑制性神経伝達物質である GABA アゴニストの VTA 微量投与は、自発運動の出現を減少させた。以上の結果は、セントラルコマンドが VTA と関連して発生することを示唆した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 セントラルコマンド、中枢性循環制御、随意運動、大脳皮質、動脈血圧反射

〔研究題目〕 スパースモデリングと高次元データ駆動科学創成への支援と広報

〔研究代表者〕 岡田 真人（東京大学）

〔研究担当者〕 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、岡田 真人、宮本 英昭、福島 孝治（以上、東京大学）、富樫 かおり、田中 利幸（以上、京都大学）、木川 隆則、谷藤 学（以上、理化学研究所）、駒井 武（東北大学）、本間 希樹（国立天文台）、福水 健次（統計数理研究所）、樺島 祥介（東京工業大学）、藤代 一成（慶應義塾大学）（常勤職員1名、他12名）

〔研究内容〕

計測技術の向上が大量の高次元観測データを日々生み続けている。また、生命情報科学のように、各論的なデータ科学が推進される中、天文学における高次元データ解析手法が、全く対象とスケールの異なる生命科学でも有効に働くような状況に遭遇する。本計画研究では、こうした多様な視点の導入による革新的展開を引き起こす方法論として、スパースモデリング（SM）に着目する。理科第2分野に属する生物学・地学の幅広い分野の実験・計測研究者と情報科学研究者の有機的連携により、高次元データから隠れた規則性を発見する高次元データ駆動科学ともいうべき新学術領域を創成することを目的とする。

平成25年度は、このような支援活動および広報活動に関連し、まず領域会議など複数の会合を開催し、研究計画の実験グループとモデルグループの間でいくつかの共同研究テーマの立ち上げを行った。また、非線形性や階層性、セミパラメトリックな状況の取り扱い、高次元化による計算困難の打破、及び、実験者にフィードバックを促す可視化に関する情報数理基盤の形成のためのモデルグループと情報グループの間の連携をスタートさせた。さらに、公募班の募集に際し、全国各地で公募説明会を開催し、本学術研究領域の目的や研究活動について幅広い広報活動を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 スパースモデリング、データ駆動科学の実践、情報数理の基盤形成、若手人材育成

〔研究題目〕 生体内超音波ビーム計測及び制御法を用いた低侵襲超音波診断治療統合システム

〔研究代表者〕 松本 洋一郎（東京大学）

〔研究担当者〕 葭仲 潔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、松本 洋一郎、高木 周、光石 衛、東 隆（以上、東京大学）、沖田 浩平（日本大学）、梅村 晋一郎（東北大学）、村垣 善浩（東京女子医科大学）（常勤職員1名、他7名）

〔研究内容〕

超音波治療は侵襲性の低い治療法として期待されており、一部実用化されているが、治療ビームの位置精度の向上が安全で確実な治療の実現には必要である。この課題を解決するべく、以下の要素技術を開発し、これを備えたシステムを構築する。要素技術として、(1)生体内超音波ビームの計測技術、(2)アレイ素子の位相最適化によるビーム制御技術、(3)ロボティック技術を応用した、標的追従のビーム制御技術、(4)生体内超音波伝搬シミュレーション技術を開発する。これらの要素技術を統合して、機能評価と改良を行う。また、本技術によって初めて実現可能となる定量的ビーム制御に基づいた非線形作用を活用した新たな超音波治療技術の実現性を検討し、超音波治療を低侵襲治療技術として確立する。更に、対象部位を全方位から取り囲む形状の新規なトランスデューサー形状の採用により、安全性と治療効率を両立した超音波治療技術を確立する。

本年度は、前年度に引き続き実機の試作を行い、実際の計測をシミュレーションならびに実計測両面から実施し、画像の再構成が行えることを示した。また、各要素技術に関しては、引き続き仕様の詳細な検討ならびに試作機的设计開発を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 超音波診断・治療、集束超音波、超音波トランスデューサー

〔研究題目〕 潜在的な認知機能低下を可視化する認知ストレス画像法 DSCSI の開発

〔研究代表者〕 中井 敏晴（国立長寿医療研究センター）

〔研究担当者〕 岩木 直（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
國見 充展、田中 あゆ子、木山 幸子（以上、国立長寿医療研究センター）、中根 俊樹（名古屋大学）（常勤職員1名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、加齢による認知機能の潜在的な低下を検

出し、軽度認知機能障害（MCI）に転換しやすいリスクを推定する脳機能可視化技術として「DSCSI（dynamic and spatial cognitive stress imaging）」を開発して、その有用性を検証する臨床前評価を行うことを目標としている。DSCSIは、これまでに研究代表者らが抽出に成功している加齢による脳機能信号上の特徴変化が認知機能低下のリスク因子として着目できることを応用し、潜在的な認知機能低下を引き出す負荷テストを脳機能イメージングの手法として実装するためのフレームワークである。脳機能イメージングで常に問題となる測定の再現性を向上させるために、認知的ストレスの生理学的指標として自律神経反射を同時に計測し回帰係数として取り入れる方法の有効性の検証も行う。

平成25年度は、動的（dynamic）な脳活動を空間的（spatial）にも高い精度で可視化することを可能にする技術の高度化を行った。具体的には、空間的に高い解像度を持つfMRIデータを用いて、時間的に高い解像度をもつ脳波（EEG）や脳磁図（MEG）データの可視化を精緻化するため、マルチモーダル・ニューロイメージング技術を取り入れた脳活動ムービー作成方法と、その高次視覚処理の可視化への適用を通じた有効性の検証を行った。この結果、EEGやMEGのミリ秒オーダーの高い時間解像度を低下させることなく、高次視覚野内の空間的な機能分布が可視化可能であることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 画像診断システム、認知症、加齢、マルチモーダル・ニューロイメージング

【研究題目】 テキストの安全な匿名化に関する研究

【研究代表者】 荒牧 英治（京都大学）

【研究担当者】 森田 瑞樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
荒牧 英治（京都大学）（他2名）

【研究内容】

電子カルテの普及とともに、大量に臨床データが蓄積されつつあるが、いまだ、そのデータの持つ情報を余すところなく利用した有望な研究や医療サービスは登場していない。その理由の1つに、研究対象のデータであるカルテが機微性の高い個人情報を含むものであり、流通や共有が困難なことが挙げられる。本研究では、自然言語処理技術を用いた新しい匿名化手法を活用し、カルテのテキスト情報を完全に匿名化することを狙いとしている。本研究は、医療分野において高い期待を集める課題であるだけでなく、個人情報の問題となる分野、及び、著作権保護、文章剽窃など文章の複製が問題となる分野に波及可能な応用性の高い課題である。

我々は2006年から匿名化の研究を開始し、2007年ではF値98.0と世界4位（最新のレビューでは6位）の精度で、個人情報の除去に成功している。この精度は、すでに人間の抽出精度と同等であるが、このような高精度であっ

てもカルテの他施設への提供は進まない。これは個人情報情報を単純に削除するだけでは完全な匿名化といえないからである。そこで本研究では、テキストの匿名化技術を実用化するために必須となる、削除量の保証、高速化を行い、さらに実際の医療文章に適用する実証実験を行う。

本年度は、匿名化技術の高速化を試みた。また、これを実装したデモ・システム「匿名コピー」を開発した。医療情報学連合大会で行った展示デモは優秀論文賞を受賞し、当技術およびデモ機への関心の高さが伺えた。しかしながら、ソフトウェア上では十分と思われた匿名化のスピードが、デモ機として実装をすると十分ではないということが明らかとなった。今後は、現場での利用に向けて、さらなる高速化などを進める予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 医療テキスト、匿名化、自然言語処理

【研究題目】 認知症高齢者を対象としたメンタルコミットロボット・パロを活用したケア効果

【研究代表者】 井上 薫（首都大学東京）

【研究担当者】 柴田 崇徳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、井上 薫、和田 一義（以上、首都大学東京）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

動物のように人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかかり事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに、アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行い、定量的、定性的研究により実証してきた。一般家庭ではペットの代替として家族の一員に、医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善している。

本研究では、デンマークでのユーザ会議や日本でのパロによるロボット・セラピー研究会等のユーザからのコメントや臨床データ等に基づき、認知症高齢者のセラピーに適切なパロの行動生成動作アルゴリズム等の認知症用パロの研究開発を行っている。また、地方自治体と連携しながら、在宅介護や施設介護でのパロのロボット・セラピーの効果について検証を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ロボット・セラピー、認知症、認知症周辺症状（BPSD）の軽減、介護負担軽減

〔研究題目〕 パルスジェットメスによる末梢神経機能
温存下拡大経蝶形骨洞腫瘍摘出法の開発

〔研究代表者〕 小川 欣一（東北大学）

〔研究担当者〕 鷲尾 利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、末梢神経機能温存下において腫瘍を摘出する手術デバイス（パルスジェットメス）の開発である。本研究では、更に難易度の高い末梢神経の機能温存下の腫瘍摘出を目的とし、組織選択性を高めるための流体力学的基礎実験を行い、得られた結果を動物実験で検証し、研究期間終了時に倫理委員会の承認を得て臨床応用に移行可能な知見を得る事を達成目標とする。神経への適用を考える上で、組織性状について文献値を用いて、数値計算によるシミュレーションを担当した。

数値計算において、飛沫の飛翔範囲についても組織破砕と共にシミュレーションすることを試みた。計算では粒子法の1つであるsmoothed particle hydrodynamics法（以下、SPH法）の適用を試みた。SPH法の特徴はモデル作成の簡便さと短い計算時間である。まず、SPH法が適用可能か、剛体を対象に間欠的液体ジェットを照射するシミュレーションを行った。今回適用してみた結果では、液体側の飛沫計算の際、計算が発散してしまうことが判明した。これは粒子間の干渉条件に起因するもので、この点の改良を試みたが修正が出来なかった。しかしながら、発散してしまう計算条件を実際の使用法と考え、結果が予想できないため適切でない使用とも言える。そこで、数値計算が出来ない条件（発散する条件）を明らかにすることで、飛沫予測に関する簡便な方法を明らかにした。今後は、その手法の有用性および特許申請について検討する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ジェット、組織破断、飛沫シミュレーション

〔研究題目〕 非侵襲超音波痛み評価・治療統合システム

〔研究代表者〕 小泉 憲裕（東京大学）

〔研究担当者〕 葭仲 潔（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、小泉 憲裕（東京大学）、川崎 元敬（高知大学）（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

強力集束超音波（High Intensity Focused Ultrasound：HIFU）による非侵襲治療技術は、球面型の超音波振動子を用いて超音波を集束させることにより、周りの体組織に損傷を与えることなく、体内の狭い領域にエネルギーを集中させるといふものであり、正常な組織を損傷させることなく患部のみを治療することができる。しかしながら、HIFUを利用した既存のシステムに

共通する主要な問題点の一つとして、呼吸をはじめとする臓器の運動に対する補償が行なわれていないことがあげられる。そのため、呼吸を制御した状態で治療を行なう必要があり、患者や医師への負担が大きくなる。

本研究で提案する非侵襲超音波痛み評価・治療統合システムとは、痛みが発生する患部に追従・モニタリングしながら、超音波を集束させてピンポイントに患部へ照射することにより、痛み緩和を非侵襲かつ低負担で行なおうとするものである。本研究課題は、骨転移がんの医療診断・治療技能を取り上げ、HIFUを利用した非侵襲超音波診断・治療統合システムの構築法を確立することを目的とする。

本年度は、本課題における基礎実験を行うための試作機を設計開発し、超音波照射実験に関する検討を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 超音波診断・治療、集束超音波、超音波超音波振動子

〔研究題目〕 高齢者の熱中症予防に向けた住環境整備と住まい方に関する研究

〔研究代表者〕 東 実千代（畿央大学）

〔研究担当者〕 都築 和代（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、夏季に熱中症等で亡くなる高齢者の数が増えている。そこで、熱中症予防等に用いられる暑熱環境における温熱環境評価の妥当性を検証するために、高齢者と青年の温熱生理、心理、そして、行動特性に関するデータを収集し比較した。特に、屋外の温熱環境を評価するために、屋外の直達日射がある環境で、気温、湿度、風速等の環境測定とともに、皮膚温や発汗などの体温調節反応を測定し、温冷感、快適感、許容度などの主観申告を得た。シルバー人材センターに登録する健康な高齢者と、対象群として、大学生を採用し、高齢男性、高齢女性、青年男性、青年女性の4群についてのデータを得た。

直腸温は座位・立位条件では上昇が認められず、運動条件では30分間で0.6℃～0.7℃の上昇であり、群による違いも認められなかった。平均皮膚温は座位条件では36.5～37℃の範囲で、立位条件では35.5～36.5℃、運動条件では34.5～35.5℃の範囲にあったが、群による違いは認められなかった。心拍数は、座位で70～80拍/分であり、立位で80～90拍/分、運動条件で約120拍/分で、平均値には群による差は認められなかった。体重減少量は、青年男性は他の群よりも有意に高い値となり、青年女性は他の群よりも有意に低い値となった。高齢男性と高齢女性の間には有意な差は認められなかった。温冷感・快適感申告に群による有意な差は認められず、条件間では立位と座位では有意な差はないが、運動条件が立位・座位条件に比べ有意に暑い側申告となった。今後

は生理反応と心理反応の関係を検討し、年齢差を明らかにする。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高齢者、日射、体温調節

【研究題目】 実世界環境下での輻輳眼球運動計測による視空間情報処理の研究

【研究代表者】 河野 憲二（京都大学）

【研究担当者】 松田 圭司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、ヒトが豊富な視環境の中から処理すべき対象物を抽出し、視線を向けるときに起こる輻輳眼球運動とサッケード運動を調べることにより、実世界環境下で対象物の存在を感じ、眼を向けるための視空間情報処理を明らかにしようとするものである。そのため、輻輳眼球運動とサッケード運動を計測するための高精度の眼球運動計測システムを新たに開発する。この高精度の眼球運動計測システムを用いて、実世界環境下で被験者の眼から様々な距離に付置された対象物に視線を移す時の輻輳眼球運動をサッケード運動と同時に計測する。この結果を解析することにより、実世界環境下での視覚情報処理についての新たな知見を得る。

本年度は、輻輳眼球運動とサッケード運動を計測するための高精度の眼球運動計測システムを開発した。赤外線で眼球を照射し、高速ビデオカメラで撮像した瞳孔を楕円近似し、回転角を計測する手法を用いる。また、サルを実験動物としてサーチコイルを使ったシステムを用いて単眼球運動を同時計測し、その精度を確認した。今後は、十分な精度が得られるまでシステムの改良を重ね、ヒトの眼球運動計測に適用する。その後、周辺機器の簡素化を図り、視対象物が豊富にある環境に持ち出し、実世界環境下でヒトの眼球運動を計測する。これにより、眼球運動のダイナミクスが実験室内のコンピュータディスプレイ上の刺激を見ている時とどのように異なるか、定性的な観察を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 眼球運動計測、赤外線、輻輳運動

【研究題目】 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳内ネットワーク機能の解明

【研究代表者】 熊田 孝恒（京都大学）

【研究担当者】 岩木 直（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

丸山 隆志、田村 学、川俣 貴一

（以上、東京女子医科大学）

（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

本研究の目的は、前頭葉から他の皮質部位に対するトップダウン・コントロールに関わるネットワーク機能を

解明することである。そのために、脳腫瘍患者の協力を得て、脳腫瘍患者の皮質間連絡線維の損傷の程度と、同時期に実施する認知課題の成績を比較することによって、課題遂行に関連する皮質間連絡線維を特定する。また、特定の皮質間連絡線維のみが損傷されている患者の課題遂行時の脳波の部位間の位相同期を調べることにより、部位間ネットワークの機能を解明する。

平成25年度は、言語課題遂行中の健常被験者の機能的MRI データおよび拡散テンソル画像（DTI）データを取得した。また、とくに DTI で得られる被験者の皮質間神経連絡と、言語課題パフォーマンスとの間に相関があることを示す結果が得られた。また、脳波・脳磁界計測データと MRI・fMRI データの統合解析結果に対して神経ネットワーク解析を適用することにより、皮質間の機能的結合を評価可能であることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 認知科学、前頭葉、脳ネットワーク、注意機能、言語機能、皮質間連絡

【研究題目】 内頸動脈閉塞におけるリアルタイム脳血流評価法の開発

【研究代表者】 佐藤 健一（東北大学）

【研究担当者】 鷲尾 利克（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、客観的・定量的評価の手法が確立していないバルーンカテーテルを用いた内頸動脈遮断試験による治療方針決定に関する基礎的知見を確立するため、リアルタイム脳血流評価システムの構築を提案する。

この目的のために、まず脳血管撮影所見における脳血流動態の予測的価値に着目し、片側脳低灌流動物モデルを作成する。作成した動物モデルを用いて、片側内頸動脈閉塞による脳循環動態を血管撮影、スペックルフォトグラフィー、および赤外線画像で評価し、脳実質の組織学的・分子生物学的検討により、急性期および慢性期脳実質侵襲を予測するための解析プログラムを開発する。最終的に、治療的内頸動脈閉塞を施行した症例群の臨床データベースを構築して前方視的に調査を行い、構築した脳血流評価システムの有用性を検証する。

脳血管構造を模擬しその流量を推定するモデルとして、都市における上下水道の配管で用いられる管路流れに関する計算方法を提案した。管路流れを推定する方法には開放系と閉鎖系の2種類があり、脳血流に関する流路モデルでは閉鎖系を改変することとした。また、流路モデルで使用する流量の基礎データは、CT もしくは MR 装置を用いて収集した画像情報より抽出する必要がある。そのため、基礎データを収集するために、通常臨床現場で使用されている画像処理ソフトウェアを用いたデータ収集スキームを提案した。今後は、臨床画像から得られたデータを用いて、従来侵襲的に計測されてきた脳血流

について非侵襲的に計測する方法で代替出来るか検証する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳血流、流量推定、流路モデル

【研究題目】 認知的負荷が多属性意思決定に及ぼす影響の解明：生体信号・生理指標に基づく分析

【研究代表者】 都築 誉史（立教大学）

【研究担当者】 武田 裕司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、
都築 誉史（立教大学）、
本間 元康（独立行政法人国立精神・神経医療研究センター）
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究は、非合理的な選択現象である多属性意思決定における3種類の文脈効果（類似性効果、魅力効果、妥協効果）について、眼球運動および脳波の事象関連電位成分を指標として検討することを目的としている。

平成25年度は、まず、眼球運動を指標とした研究に着手した。調査によって新しく本研究課題用に選定された2属性3選択肢の項目群を用いて、多属性意思決定課題遂行中の眼球運動計測実験を行った。産総研では眼球運動計測の予備の実験を行って、適切な実験パラメータの設定に寄与した（本実験は立教大学で行われ、現在、データの詳細な分析が行われているところである）。

また、平成26年度に実施予定の脳波実験に向けた予備の実験を行った。視覚対象への興味度や選好度と事象関連電位の成分との関係を検討した結果、事象関連電位成分の一つである EPN（Early Posterior Negativity）が本研究の目的に適している可能性が示唆された。また、主課題とは全く非関連の聴覚刺激を提示し、その聴覚刺激に対する事象関連電位成分の振幅で主課題への興味度を評価する課題無関連プローブ法も多属性意思決定課題における興味度の時間的変動を捉えられる可能性があることが示唆された。

また、多属性意思決定における3種類の文脈効果（類似性効果、魅力効果、妥協効果）について、計算モデルによるメカニズムの検討も行き、プロスペクト理論における価値関数の形を変形することで、3種類の文脈効果を整合的に説明できる可能性があることが示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 意思決定、脳波、眼球運動

【研究題目】 半正值四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学

【研究代表者】 藤木 淳（福岡大学）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、

藤木 淳（福岡大学）

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、大域的最適解を完全に保証する形で凸関数とは限らない半正值同次型4次形式の比の和で表される関数の最適化を実現することである。そのためにまず、半正值同次型4次形式及びこれに対応する同次型4次曲線・曲面の極値問題について考察する。この際、既に行なわれている4次曲線・曲面の位相的分類では最適化には不十分であるため、凹凸に基づいた形状分類を行なうことにより同次型4次曲線・曲面の極値問題を解決することによって、考えるべき大域的最適解の保証への足掛かりとする。また、これと同時に、計算コストが高く定式化が複雑ではあるが、多くの場合に大域的最適解を与える半定値計画緩和による多項式最適化の幾何学を明らかにすることによって、提案手法が大域的最適解を完全に保証することも明らかにする。

平成25年度は、2変数同次型4次曲線の全ての極大値・極小値を求める手法について研究した。代数多項式関数の最適化については、グレブナ基底に関する調査に基づいて最適化する方法の基礎的なまとめを行った。次に、レイリー商の和で表現される評価関数の最適化の幾何学の構築についてであるが、このレイリー商の和で表現される評価関数はコンピュータビジョンにおいて数多く登場する形式の評価関数であるため、その幾何学の構築は急務である。これについては、半定値緩和を用いた実験的な検証を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 代数方程式、最適化、幾何学

【研究題目】 病態生理に基づく革新的な意思伝達手段の開発と長期経過追跡による適応評価研究

【研究代表者】 中山 優季（東京都医学総合研究所）

【研究担当者】 長谷川 良平、中村 美子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、重度運動機能障がい者を対象とした意思伝達支援装置「ニューロコミュニケーター」の製品化を加速させるために、基盤技術の高度化および実証実験を行うことを目的とする。平成25年度では、特に刺激提示方法と脳波計測方法に改良を加え、その効果を確かめた。

前年度までの研究から、眼球運動の障害が強い場合には、視線の先に位置するモニター画面のわずかな範囲でしか良好な判別ができないことがわかった。そこで、従来用いていた複数のメッセージ選択肢を一括表示する刺激呈示方法の代わりに、選択肢を1つずつ順に呈示するフラッシュカード方式を採用し、脳波解読精度を調べる実験を行った。健常者にて予備実験を行った結果、呈示

回数を8回にすれば95%の精度で解読できることが明らかとなった。

また、良好な脳波計測を困難にする主要因として、家電製品や医療機器からの電氣的ノイズの存在が挙げられる。これらの影響を最小限に留めるため、脳波計測に使用される電極周辺の電磁シールド化を進めた。具体的には、脳波計測用の電極を内蔵するヘッドギアの外側を覆う構造体を新規に設計・試作した。試作した電磁シールド付ヘッドギアの効果を複数の神経難病患者宅にて調査したところ、電磁シールドを装着した場合に電氣的ノイズの影響が大幅に軽減されることが確認された。

上記2点の改良により、実際の療養現場での使用への道が加速されたと考える。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 意思伝達、実証実験、脳波、福祉機器

【研究題目】 電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発

【研究代表者】 堤 潤也（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 堤 潤也（常勤職員1名）

【研究内容】

研究分野「機能材料・デバイス」で採択された「電荷移動励起子を用いた光電変換機能の開発」（JSPS 科研費若手 B）において、研究代表者として研究を進めた。本研究では、有機太陽電池について、電荷移動励起子を用いた新たな光電変換機能を開発することを目的とし、これを可能とする分子化合物半導体材料の探索を行った。まず、電荷移動度の異なる種々の分子化合物半導体について、レーザー誘起光電流法を用いて光電変換機構の検討を行った。その結果、分子化合物半導体が通常の単一成系有機半導体に比べてはるかに電荷分離しやすいこと、電荷分離効率とキャリア拡散長が中間的な電荷移動度をもつ材料系で最大化することを見出した。次に、以上の知見を基礎として、中間的な電荷移動度をもつ分子化合物半導体について結晶性薄膜素子の作製に取り組んだ。具体的には、アルキル側鎖を有する有機分子が結晶性薄膜を形成し易いことに着目し、これを構成分子に用いることで、高均質・高結晶性の分子化合物半導体薄膜の作製に取り組んだ。その結果、C8-ベンゾチエノベンゾチオフェン（C8-BTBT）とテトラシアノキノジメタン（TCNQ）誘導体からなる分子化合物半導体について、両分子のπ共役骨格がアルキル側鎖で挟まれた構造を有する層状結晶性薄膜を得ることに成功した。さらに、光電変換素子作製のため基礎物性評価を行い、得られた分子化合物半導体薄膜が2種類の CT 吸収を介した光電変換が可能なること、電子と正孔の両方について高いキャリア移動度 ($>0.1\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$) をもつことから光電荷キャリアを効率的に取り出せることを明らかにした。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 有機太陽電池、電荷移動錯体、電荷移動励起子、光電変換、電荷分離

【研究題目】 ハイドレート技術を用いた農工融合による低炭素社会の実現に関する研究

【研究代表者】 松尾 誠治（東京大学）

【研究担当者】 山本 佳孝、室町 実大

【研究内容】

本研究では、工場等から発生する CO₂ を低コストのハイドレート技術により分離し、そこで生成した CO₂ 並びに冷熱を農業圏のハウスや植物工場に供給し利用する農工融合型環境負荷低減システムを提案する。これにより、莫大な費用を要する CCS による CO₂ 量の削減と冷熱との同時供給による光合成速度の増進すなわち農業生産の増加を図る。平成25年度は、工業圏での効率的 CO₂ ハイドレート生成法及び農業圏での CO₂ ハイドレート冷熱・生育用 CO₂ 供給のための効率的分解法の研究などを行ったほか、本システムを適用できる具体的モデル地区についての検討を開始した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 CO₂削減・有効利用、CO₂ハイドレート、冷熱の効率的利用、CCS、農業生産増加、農工融合型環境負荷低減システム

【研究題目】 氷で制御されたナノマイクロ空間の分析化学

【研究代表者】 岡田 哲男（東京工業大学）

【研究担当者】 山本 佳孝、室町 実大

【研究内容】

究極の環境調和物質である水が形成する氷が創り出す特徴的な構造と性質を利用して、他の物質ではなし得ない計測と低環境負荷な物質分離、センシング、好感度計測を行うことを目的とする。その1つとして、ハイドレートを利用するガスクロマトグラフィーの構築を目指している。平成25年度は、ハイドレートクロマト装置の設計に取り組んだ。ハイドレートクロマトグラフィー確立のための課題は、大きな表面積を得ることである。粒子を小さくすることでカラム内表面積を大きくすることができるが、氷同士の凝結が起こってしまうため、数百 μm の粒子径が適切であると考えた。直径1cm×長さ100cm のガラスカラムにガス配管をつなげ、汎用ガスクロマトグラフ装置の TCD 検出器と接続した装置を作製した。今後、ガス種による平衡圧の違いを利用するガス分離を行うことを視野に入れ、カラムのガス圧を制御できるようにマスフローメータを取り付けた。装置の健全性確認のため、純水を凍結させた氷をカラムに充填して窒素ガスを流し、Ar 等の希ガスをサンプルとして導入した。温度制御のため、ガラスカラムを二重管とし、冷却用のジャケットを装着した。分析精度向上のためには、温度制御の精度向上と検出器の感度向上が必要であることが明らかになった。また、今後セミクラスレート

ハイドレートのクロマトカラムへの充填方法についても検討することとした。

〔分野名〕 環境・エネルギー、分析化学

〔キーワード〕 ハイドレート、クロマトグラフィー、ガス分離

〔研究題目〕 プラズモン増強効果を示す量子ドット分散微小球のゾルーゲル法を駆使した作製と評価

〔研究代表者〕 村瀬 至生

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 村瀬 至生、鎌田 賢司、細川 千絵、川崎 一則、伊藤 民武、澤井 俊博 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

今までの高発光効率量子ドット分散ガラス微粒子作製技術を生かして、金属ナノ粒子を一定の厚みのガラス層で覆い、その周りに量子ドットを配置することで、プラズモン共鳴により蛍光増強効果を得ようとしている。

合成では、作り易さと安定性からクエン酸をリガンドとする金ナノ粒子を選択し、四官能のアルコキシド ($\text{Si}(\text{OEt})_4$ 、TEOS) でコートした (試料 A)。この際、TEOS の量を変えることでガラス層の厚みを制御した。遊離のクエン酸を定量し、金ナノ粒子がアルコキシド分子で直接にコートされていることを確かめた。再現性の良いガラスコートのためには、合成した金ナノ粒子水溶液中の不純物を数百倍程度に少なくする必要があった。

オレイン酸をリガンドとする量子ドット (CdSe 系、発光波長620nm 程度) を合成し、表面分子の一部をアミノ基を持ったアルコキシド ($\text{NH}_2\text{-C}_3\text{H}_6\text{-Si}(\text{OMe})_3$ 、APS) で置換した。(試料 B) その後、加水分解を防ぐために溶媒としてテトラヒドロフラン (THF) を選択して試料 A と混ぜることで、目的物を得た。試料 B を精製してフリーの APS を除去することで、凝集・散乱を防ぐことができた。

試料評価では、3次元像を含む TEM 観察で、形態を確認した。また、ガラス層が薄くなるに従って、蛍光寿命が系統的に短くなることがわかった。蛍光強度を比較するためには、目的物中の量子ドットの量を正確に知る必要があることがわかり、元素分析を行った。その結果、シェル厚10nm 強の領域で最大の蛍光増強が得られることがわかった。吸収係数や速度定数による解析を進めている。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 金、ナノ粒子、量子ドット、ガラス、プラズモン共鳴、蛍光、増強

〔研究題目〕 第一原理計算によるバルクナノメタルの基礎物性設計

〔研究代表者〕 香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 香山 正憲、田中 真悟、王 昊 (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

密度汎関数理論に基づく第一原理計算は、物質の結晶構造から欠陥、表面、粒界・界面等の安定構造や各種応力下での原子・電子挙動を高精度に解明する強力な手段である。NCPP 法や USPP 法、PAW 法など効率で高精度な平面波基底法を Car-Parrinello に始まる高速計算技法と組み合わせることで広範な応用展開が可能となった。しかし、平面波基底法では、全エネルギーや応力といった基本的な物理量が、スーパーセル内の積分値あるいは平均としてしか求まらない。欠陥や粒界・界面の安定性や各種応力下での機械的挙動を扱う見地からは、エネルギーや応力の局所分布の情報が重要である。我々は、平面波基底の第一原理計算法において、局所エネルギー、局所応力を計算する手法・プログラムの開発に取り組み、金属の表面や欠陥、粒界、異相界面への適用を進めている。今年度は、前年度に引き続き、基本的な方法論・計算技術の確立と、粒界の不純物偏析問題への適用を試みた。前者では、Bader 積分を用いる基本的な計算技術が確立され、後者では、Al、Cu の粒界への Si、Mg の偏析において、興味深い解析結果が得られた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 第一原理計算、粒界・界面、局所エネルギー、局所応力

〔研究題目〕 白金を含む多元金属ナノ粒子の内部構造と触媒活性の関係の研究

〔研究代表者〕 秋田 知樹

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 秋田 知樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

超音波や荷電粒子、放射線などの特殊反応場を利用して多元金属ナノ粒子を作製しその微細構造と触媒機能の関係を明らかにすることを目標に、透過型電子顕微鏡による微粒子の構造解析を行った。収差補正装置を搭載した分析電子顕微鏡を用いて電子線還元法により作製した Pt-Sn 粒子の観察、分析を行った。高角度散乱環状暗視野走査透過型電子顕微鏡 (HAADF-STEM) とエネルギー分散型 X 線分光 (EDS) による分析を行い、カーボン担体に担持した Pt と Sn の空間分布を調べた。塩化白金酸と塩化スズの混合溶液とカーボン担体を混合した溶液に4.8MeV の電子線照射を行い、触媒試料を作製した。電子線照射還元時にアルゴン置換をした場合としない場合で、エタノールの酸化活性に違いが見られ、Pt 量に比べて Sn の量が少ない場合にはアルゴン置換しないほうが高い触媒活性を示した。

STEM-EDS 分析の結果から、両試料とも Pt はナノ粒子として高分散に担持されていることが確認され、

EDS による元素マッピング像からアルゴン置換しない場合にはアルゴン置換した場合に比べて、Pt 粒子と Sn 粒子が近接して存在する傾向にあることがわかった。X 線回折から、Sn は SnO_2 として存在しており、Pt-SnO₂ の構造が形成されることによって、触媒活性が向上するものと考えられた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】微粒子、電子顕微鏡、触媒

【研究題目】マルチラジカル性を有する開殻超分子系の光磁気機能物質の創成

【研究代表者】鎌田 賢司

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究内容】

開殻性を有するナノサイズ分子性物質は磁性に加え、従来の開殻系を凌駕する導電性や光学特性等を示す可能性があるために注目されている。本研究では複数の開殻部位を有する開殻超分子系について、開殻性を表す化学的指標である「開殻因子」に基づいて光磁気機能発現機構を解明して、開殻分子の化学的修飾、電場印加等の物理的摂動、溶媒や結晶場等の環境効果が開殻因子に与える影響を明らかにする。その結果、開殻因子の制御に基づく光磁気機能の発現およびその制御理論の構築を全体目的とする。そのために新規開殻性化合物の溶液ならびに固体薄膜における二光子吸収等の開殻因子との関連が期待できる光学物性を実験的手法により解明する。

本研究の主たるテーマである複数の開殻部位を有する開殻超分子系について実測を進めていく上で、分子間相互作用を持った固体系試料の二光子吸収の測定は非常に重要である。しかし、固体系試料では、試料による散乱光の増加や、試料の損傷・劣化が顕著に現れるため容易ではなく、これらを低減・回避する測定手法の開発も必要となる。本年度は、既に溶液系で実績のある測定手法である Z-スキュン法を軸に、これら固体系に向けた高い信頼性での二光子吸収の測定を行う上での予備検討と問題点の洗い出しを行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】開殻電子構造、ラジカル、二光子吸収

【研究題目】ダークステートを含めた感応性化学種の励起エネルギー準位構造の解明

【研究代表者】鎌田 賢司

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は安定で単離可能な新奇な結合様式を持つ感応性化学種について、光機能物性や光誘起反応で重要となる最低励起状態近傍の電子励起状態のエネルギー構造を禁制遷移状態 (いわゆるダークステート) も含めて明ら

かにすることを目的とする。

このため本年度は、揺らぎ易い結合を持つ一重項中間ラジカル性化合物など新しい結合様式を持つ種々の化合物について、二光子吸収スペクトル測定を行ってダークステートのエネルギー準位構造を調べると共に、二光子吸収の強度との関係を明らかにすることに取り組んだ。

まず、一重項中間ラジカル性が理論や構造より期待される化合物で、かつ分子サイズが小さな化合物数種についての二光子吸収測定を行ったところ、二光子吸収が期待される波長域で二光子吸収は測定限界以下もしくは非常に弱いものであった。これらの化合物では2つのラジカル中心間の距離があまり離れておらず、この結果は開殻性と共に2つのラジカル中心の間の π 電子系の広がり重要な因子であることを示唆している。一方、 π 共役系の比較的大きな、中心金属をリンとするポルフィリン誘導体についても測定を行い、この化合物は波長1400nm の近赤外域で強い二光子吸収を示すことを見いだした。この波長域 (1400~1500nm) では強い二光子吸収を示す化合物は限られており、今後より詳細に検討を行う。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】感応性化学種、ラジカル、二光子吸収

【研究題目】薬物送達システムに資する無機中空蛍光体の蛍光特性に関する基礎的研究

【研究代表者】神 哲郎

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】神 哲郎、落石 知世 (バイオメディカル研究部門)、松本 由子

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、中空構造および多機能を有する高輝度希土類系蛍光体のドラッグデリバリーシステム (DDS) の創成について検討する。平成25年度は、以下の材料創成および機能発現を目標とした。

- 100nm 以下の粒径でガドリニウムを含有する蛍光体についてホウ酸塩系ならびにガラス系で創成する。
- 末端に抗体を有する有機化合物で改質してガン細胞や組織上へ化学的に結合できるようにした希土類蛍光体微粒子をヒト由来がん細胞へ蒔いて表面への結合を検討する。

結果として得られた成果は以下の通りである。

粒径100nm 以下のポリマー微粒子をテンプレートとして、希土類 (Gd および Eu) 硝酸塩水溶液を尿素共存下で水熱処理して、加熱処理することなく $\text{GdBO}_3 \cdot \text{Eu}^{3+}$ 結晶をポリマーテンプレート上に析出することに成功した。X 線回折から $\text{GdBO}_3 \cdot \text{Eu}^{3+}$ に帰属されることがわかった。さらに SEM 像から粒径がいずれも100nm 以下であり、完全な開殻構造であることが明らかとなった。

ヒト由来がん細胞を培養して、これに葉酸誘導体で表面改質した上記希土類蛍光体を蒔いて付着させ、その表面の蛍光について検討した。結果として、ガン細胞膜表面に当該蛍光体を固定化させ、表面を赤色発光させることに成功した。さらに、ガドリニウム中性子捕捉療法 (GdNCT) 用材料とするため、熱中性子照射によるヒト由来がん細胞死滅効果について検討した。結果として、熱中性子照射後48h 経過した試料において、有為にがん細胞が未照射試料に比べて死滅していることがわかった。一方、ホウケイ酸ガラスを母体ガラスとし、当該ガラス中にアップコンバージョン蛍光を示す $GdF_3:Tm^{3+}$ の蛍光結晶が析出する条件を検討した。 $Na_2O-B_2O_3-SiO_2$ 系ボロシリケートガラスに GdF_3 と TmF_3 を添加し、 $1600^\circ C$ 程度で熔融、ガラス化し、その後結晶化する手法によって、単相の状態当該結晶が得られることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 希土類蛍光体、ドラッグデリバリーシステム、ナノ材料、分相ガラス、蛍光特性

【研究題目】 高品質半導体ダイヤモンドを用いた高温動作パワースイッチングデバイスの研究

【研究代表者】 梅澤 仁

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 梅澤 仁 (常勤職員1名)

【研究内容】

ダイヤモンドは、高い絶縁破壊電界や電子・正孔移動度、また低い誘電率や物質中最大の熱伝導率などにより、次世代半導体として期待されている炭化珪素やチ化ガリウムなどのワイドギャップ半導体材料のなかでもきわだった性能が得られると期待されている。特に省エネルギーデバイスとして用いた場合には、低損失・高出力動作はもとより、同時に高速スイッチング、高温動作が実現でき、さらに高温環境で長期的な信頼性が得られる。本事業では、ダイヤモンドのパワーデバイス、特にスイッチングデバイスへの適用を目指し、ダイヤモンドの合成技術開発、半導体素子の試作と評価までを一貫して行っている。

平成25年度にはチタンをオーミック電極としてソースおよびドレイン電極に、白金もしくはルテニウムをショットキー電極としてゲート電極に用いた金属-半導体電界効果型トランジスタ (MESFET) の試作プロセスを確立させている。酸化やグラファイト除去洗浄工程は関西センター内のクリーンルームにて行い、その他のプロセスはつくば産総研、京都大学、大阪大学などに設置されている先端機器共用イノベーションプラットフォーム事業を利用して行った。なお電極はすべてフォトリソグラフィおよびリフトオフ法を用いており、素子の完成後にドレイン電流・電圧静特性、閾値評価、ブレークダ

ウン測定などの基本素子特性の評価を行っている。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ダイヤモンド、パワーデバイス

【研究題目】 レドックスフロー電池を応用した間接型燃料電池

【研究代表者】 城間 純

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 城間 純、山崎 眞一、村井 嘉子

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、2種の酸化還元対溶液を循環させて発電するレドックスフロー電池と、それら2種の溶液をそれぞれ燃料と空気との化学反応により再生する再生反応槽とを組み合わせることで、間接型燃料電池と呼ぶべきシステムを完成させるとともに、そのシステムの優位性を示すためのキーとなるいくつかの課題を解決するためのものである。本年度の計画である新型構造のセル構築について、2つの「ハーフセル」を一体型とし内部的に直列に結合した「3重構造セル」の製作・運転を行なった。また、その特性を解明するための基礎データとして、「ハーフセル」単独での電流-電圧関係や、供給水素ガスの湿度・流量の影響について調べた。負極電解液の再生反応槽は、燃料の持つ還元能を負極活性物質に渡す役割を持つが、これに使用する触媒の開発として、ロジウムポルフィリン2種を検討した。一酸化炭素とキノン類酸化体との反応、水素とキノン類酸化体との反応を触媒するポルフィリンをそれぞれ単独で再生反応槽に使用し、有効性を確認すると共に、両者を同時に入れ、燃料として水素・一酸化炭素混合ガスを用いた場合には、反応速度に加成性が見られることを確認した。このことは、本研究が目指している「多様な燃料からの電力生産」の実現性を示している。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 レドックスフロー電池、燃料電池

【研究題目】 高励起状態への遷移による有機分子の短波長励起二光子吸収特性の解明とその機能化

【研究代表者】 鎌田 賢司

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究内容】

光の電場によって揺らぎやすい電子を持つ有機分子系について、600nm 以下の可視光短波長領域で高い励起状態が関与した強い二光子吸収特性を持つ可能性を実験的に検証する。可視光短波長領域の二光子吸収特性を評価するための測定光学系を構築して、スペクトル測定を行うとともに、高精度の量子化学計算も併用して観測された二光子遷移の帰属を行い、強い二光子吸収遷移が生

じる理由を明らかにする。さらに機能材料への応用展開を図るため、二光子吸収誘起による微細パターンの高効率な形成を目指す。

昨年度までに480nm～600nm までの波長領域と波長400nm については測定が終わっており、今年度は未測定の400nm と480nm 間の波長について二光子吸収スペクトルの測定を進め、その後、ナノ秒レーザー光励起と半導体レーザー励起による反応の確認を進める予定であった。しかし、短波長領域における基準物質として選択した窒素ガリウムの既報値とのずれが見つかり、当初計画を変更して基準物質の再測定と測定結果の詳細な再確認を行った。再測定の結果は、前回の測定値を再現する一方、既報値とは依然ずれが見られ、窒素ガリウム試料そのものの個体差による可能性が浮上して来た。また、平行して、分岐型フェニルエチンレンと同じの分子対称性の、より長波長に吸収をもつ誘導体についても二光子吸収を測定して、そのスペクトル特性の相違点を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二光子吸収、有機材料、 π 電子共役系

【研究題目】積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究

【研究代表者】田中 孝治

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】田中 孝治、竹下 博之(関西大学)、
宮村 弘(滋賀県立大学)
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

初期水素化課程において起こる反応は、①Mg の水素化、②Mg と Cu の合金化、③Mg と Cu の合金化により生成した Mg₂Cu の水素化の3つあり、①の反応が②、③の反応に対してどのタイミングで起こるかにより、3つの反応プロセスが存在し、それぞれ異なる3種類の微細組織を形成する事が解った。すなわち、

プロセス1: Mg と Cu の合金化とその後の Mg₂Cu の水素化が Mg の水素化に先んじる場合。 $4\text{Mg}(\text{s}) + 2\text{Cu}(\text{s}) = 2\text{Mg}_2\text{Cu}(\text{s})$ (1)、 $2\text{Mg}_2\text{Cu}(\text{s}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = 3\text{MgH}_2(\text{s}) + \text{MgCu}_2(\text{s})$ (2) という反応が起こり、 $3\text{MgH}_2(\text{s}) + \text{MgCu}_2(\text{s})$ の3次元網目組織となる。この場合、網目組織はオープンな組織で、クローズしていない。

プロセス2: Mg と Cu の合金化は水素化が Mg の水素化に先んじるが、Mg₂Cu の水素化が Mg の水素化より遅い場合。プロセス1と同様の反応により、 $3\text{MgH}_2(\text{s}) + \text{MgCu}_2(\text{s})$ の3次元網目組織となる。しかしながら、この場合、Mg₂Cu の周りには MgH₂が存在し、 $3\text{MgH}_2(\text{s}) + \text{MgCu}_2(\text{s})$ 網目組織は、周りの MgH₂にエピタキシャルに成長する事が優先し、オープンな組織にならず、クローズした鞘構造をなす。

プロセス3: Mg の水素化が Mg と Cu の合金化に先んじる場合。 $4\text{Mg}(\text{s}) + 4\text{H}_2(\text{g}) = 4\text{MgH}_2(\text{s})$ (3)、 $4\text{MgH}_2(\text{s}) + 2\text{Cu}(\text{s}) = 3\text{MgH}_2(\text{g}) + \text{MgCu}_2(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$ (4) という反応が起こり、MgCu₂が層状に成長する。

DSC 測定での水素吸蔵・放出特性は、上記3種の微細組織の特徴から矛盾なく説明できる事も解った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】積層型、水素吸蔵合金、水素吸蔵・放出特性、向上因子

【研究題目】ビスマスナノプレートの磁気的および電気的特性に関する研究

【研究代表者】北村 直之

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】北村 直之、福味 幸平
(常勤職員2名)

【研究内容】

金属ナノ粒子を分散させた複合材料は、光散乱・導光・偏光などの高度な光波制御をできる特徴があり、指向性散乱体や導光フィルムとして期待される。粒子の配向・配列を制御することはこれらの光機能の効率向上や必要な粒子量の低減に有効であるのみならず、新機能の発現する上で重要な技術である。粒子の磁場や電場に対する特性は配向・配列に欠かせない特性であり、複合体の機能を左右する。ビスマス金属ナノ粒子は光学的また磁気的に異方性を有し、配向・配列を利用した光学部材の対象として興味深い、その特性は良く知られていない。本研究は、ポリオール法により球・板・ロッド状のビスマスナノ粒子を合成し、その形成機構を明らかにする。粒子の形状およびサイズの磁気的・電気的特性へのサイズや形状の影響を明らかにすることを目的とし、光散乱、導光や偏光などの光を高効率で利用するデバイスへの展開をはかるものである。

本年度は、昨年度に作製した球状および板状ナノ粒子の磁気的性質を測定する装置の試作を行った。ナノ粒子を懸濁した高粘性のシリコンオイルの偏光透過率を磁場中において測定した(フォークト配置)。磁場中で配向した懸濁液を光軸に対して任意の角度だけ回転させ、回転後の透過率変化を観察した。磁気異方性エネルギーによって発生する磁気トルクの大きさを、粒子の回転運動によって生じる透過率から観測した。粒子径250nm および400nm の球状粒子の場合、異方性磁化率はそれぞれ 3.55×10^{-5} と 4.18×10^{-5} と計算された。以前に行った磁場中X線回折によって得られた 3.6×10^{-5} とほぼ同じ値が簡便に得られることが分かった。バルクの磁化率が 5.3×10^{-5} であることから概ね異方性磁化率を評価できることを実証した。また、粒子径の増加とともにバルク値に近づいていることも確認できた。一方、厚さ約50nm 大きさ約800nm の板状粒子の異方性磁化率は、その回転運動の遅さから 2×10^{-5} 程度と球状粒子の半分程

度の値を示しことが分かった。球や板のサイズと磁気的性質の関係をあきらかにするとともに、誘電率のサイズ・形状依存性についても明らかにする予定である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、散乱・導光、省エネ家電技術

〔研究題目〕 電子受容性単層カーボンナノチューブの有機系太陽電池への応用と最適化

〔研究代表者〕 塩山 洋

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 塩山 洋、大長 亜紀

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、フラーレン (C_{60}) と同様の電子受容性のある単層カーボンナノチューブ (以下 SWCNT と略記) を、各種アンテナ分子の励起状態の電子移動消光過程を通じて評価する技術の開発を目的としている。こういったカーボンナノチューブの利用によって太陽電池のセル構造の設計の自由度が増し、光電変換効率の更なる向上が期待できる。

これまでに実施した我々の研究より、SWCNT は有機系太陽電池でアンテナ分子として利用されている Ru (bpy) $_3^{2+}$ の発光を電子移動消光することを見出している。それを踏まえて平成25年度は、水溶液中における様々なアンテナ分子の光励起状態を、各種の水溶性 SWCNT を用いて実際に消光することにより電子受容性を評価した。具体的にはアンテナ分子の種類を、フェナントロリン系の配位子を持つルテニウム錯体やピレン誘導体、ローダミン系色素、チオニン系色素などに変えた場合に、その励起状態が SWCNT とどのような相互作用をするかを測定した。その結果、配位子の種類によらずルテニウム錯体の励起状態は SWCNT によって電子移動消光するが、今回検討したそれ以外のアンテナ分子はいずれも SWCNT と基底状態で電荷移動錯体を形成し、従って太陽電池での光電変換に必要な電子移動は起こらないことが分かった。この様な電荷移動錯体の形成は、アンテナ分子が芳香族炭化水素であるために SWCNT のグラフェン表面と強く相互作用すると考えると容易に納得することができる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、有機系太陽電池、電子移動

〔研究題目〕 二種の鎖状分子の同時配向制御と有機薄膜太陽電池の異方的な電子物性に関する研究

〔研究代表者〕 溝黒 登志子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 溝黒 登志子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では p 型と n 型の鎖状 π 共役分子の配向制御技術を確立し、配向制御した有機薄膜太陽電池特性と偏光応答性を評価することで、異方的な電子物性と分子配向との相関を調べる。オリゴチオフェンを始めとする鎖状 π 共役分子は、分子鎖が基板に対して平行に配向すると、電荷の移動が促進され、膜厚方向の導電性が向上する。同時に偏光応答性も生じる。しかし鎖状 π 共役分子を基板に平行方向に配向させることは困難であるうえ、2種類以上の鎖状分子を同時配向させた太陽電池の報告例はほとんどない。

当方が有する摩擦転写法を用いて基板に平行に配列した p 型導電性高分子膜を形成し、この上に p 型鎖状 π 共役分子を真空蒸着すると、下層の高分子配向膜をテンプレートとし、高分子の配列方向に平行に配列した p 型鎖状 π 共役分子膜を容易に得られることが分かっている。前年度では p-n 接合型素子において、p 層、n 層共に基板平行に一軸配向させることに成功した。

H25年度は、p-n 接合型素子中の n 型分子の配向構造を微小角入射 X 線回折法でより詳細に解析し、複数の n 型分子において非常に配向度が高い n 層を形成出来ていることが分かった。

次に p 型分子と n 型分子を共蒸着して混合層 (i 層) を有する p-i 接合型素子を形成し、i 層の相分離構造と分子の配向を評価したところ、i 層はバルクヘテロ接合型素子に適した数十 nm 単位の相分離構造を形成しており、i 層中の p 型鎖状分子は基板平行に一軸配向していることが分かった。さらに、p-i 層中の p 型分子が基板に対して平行に一軸配向した有機薄膜太陽電池と、素子構造は同じだが p-i 層中の p 型分子が基板に対してランダムに配向している有機薄膜太陽電池を作製し太陽電池特性を評価したところ、基板に対して平行に配向した p 型分子からなる素子の変換効率の方が高くなることを見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 分子配向制御、構造解析、有機薄膜太陽電池、摩擦転写、導電性高分子、導電性オリゴマー、鎖状分子

〔研究題目〕 有機活物質によるリチウム二次電池レアメタル正極の代替

〔研究代表者〕 八尾 勝

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 八尾 勝 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

リチウム二次電池の電極材料として通常用いられているレアメタル酸化物を、酸化還元活性な低分子性有機物で完全に代替することで、低環境負荷な二次電池を創出できる。本研究代表者は、既にベンゾキノン誘導体が大容量の電極材料として機能することを見出し、報告している。本研究では、ベンゾキノン誘導体を化学修飾する

ことで電極材料としての高性能化を目指し、同時に未解明な点も多い充放電機構の解明を目的としている。

前年度までに、長さの異なるアルキル基を周辺置換基として有するキノン系材料や、酸化活部位をオリゴマー化した材料を合成し、それらの電極特性の比較から、電極材料の電解液への溶解性を低減させることが電極の長寿命化に対し有効であることを見出した。本年度は、キノン骨格に嵩の小さいイオン性置換基を導入することで、理論容量を低減させることなく問題となっていた溶解を劇的に抑制することに成功し、電極材料の高容量化と長寿命化を両立する分子設計の糸口を得た。

一方、充放電メカニズムの解明にも着手した。これまでの有機電極材料においては、充放電過程におけるリチウムイオンの関与は想定されていたものの確証は提案されていなかった。本研究では、核磁気共鳴を用いてリチウム核の観測を行った結果、充放電に伴ってリチウムイオンが電極内部へ挿入・脱離している証拠を得ることに成功し、提唱されていた充放電の機構を実証した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウム二次電池、レアメタル代替、正極、多電子反応

【研究題目】高効率パワーデバイスの動作に影響を及ぼす CVD ダイヤモンドの転位の解明

【研究代表者】加藤 有香子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】加藤 有香子 (常勤職員1名)

【研究内容】

ダイヤモンドは、高耐圧・低損失・高速動作の省エネパワーデバイス用半導体材料として期待されているが、近年報告されているショットキーバリアダイオード (SBD) の動作特性 (200V-0.8A, Funaki, Osaka Univ.) は、期待される動作特性には及ばないのが現状である。例えば電気自動車のパワーデバイスの場合、ダイヤモンドパワーデバイスは今よりも2桁以上大電流化して100A 超級デバイスを開発しなければいけない。

疑似縦型 SBD の場合、化学気相合成法 (CVD 法) でボロン濃度が異なるダイヤモンド層 (p-層、p+層) をダイヤ基板上に合成して、ドリフト層とコンタクト層を形成している。高い動作特性を実現するためには、高い結晶品質を持つドリフト層が必須であるが、目標となる結晶性を具体的に示す実験結果はいまだ示されていないのが現状である。

本研究では、ダイヤ基板、コンタクト層、ドリフト層中の転位の種類とそれぞれの密度の解明と、各種転位とデバイス特性との相関の解明を計画している。

本年度は、疑似縦型 SBD 用の基板として用いられる Ib 型ダイヤモンドの結晶性を評価した。X 線トポグラフィ像および複屈折顕微鏡像から、転位密度平均が約 $104/\text{cm}^2$ であり、{111} 面内に成長する転位と、(001)

方向に成長する転位の2つに大別できる事を確認した。また、SBD を作成して耐圧特性を評価したところ、リーク電流が1mA に達した時の印加電圧が300~1000超V とばらつきが大きかった。そこで、逆方向特性の要となるドリフト層の転位を評価したところ、大きな転位束と耐圧特性との相関がみられた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パワーエレクトロニクス、ダイヤモンド

【研究題目】超省エネ型パワーデバイス作製用の大型ダイヤモンド単結晶ウェハ合成フロントイア開拓

【研究代表者】山田 英明

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】山田 英明 (常勤職員1名)

【研究内容】

究極の半導体材料とされるダイヤモンド単結晶を実用化するにあたっての、最も重要な課題の一つが、インチサイズウェハの作製困難さにある。本研究代表者は、クローンウェハの接合により、ウェハ面積を効率良く拡大できることを示した。しかしながら、更なる大面積化においては、接合部の高品質化や合成条件の最適化などが必要であり、本研究では、これらを達成することで、2インチ大ウェハを作製可能とする条件の探索を目指し、それを詳細に解析することで、連続的な面積拡大・高品質化技術へと結びつけることを目的としている。

平成25年度は、結晶ダイヤモンド基板の大面積合成技術の一つである、高品質な単結晶基板の接合技術に取り組んだ。1インチ以上の面積に渡って接合を試みると、①基板の破壊や、②接合部の品質の劣化が発生することが判った。これらの合成の品質を左右するパラメータの一つとして結晶方位に注目したところ、オフ方向が変化すると、上記した2つの現象が影響を受けることを見出した。オフ方向と境界が成す角が適切な範囲に無い場合は、1インチを超える長さの接合部に対しては、ほとんどの場合、基板の破壊が発生したが、適切な範囲にあれば、2インチ程度の長さに対しても破壊は見られなかった。同様に、Raman 分光測定により接合部の品質や、窒素の取り込みが影響を受けることを見出した。一方、プラズマを電磁流体近似したモデルに基づき、原料ガス種同士の化学反応を考慮して、2次元のシミュレーションを実施した。投入電力や圧力、流量などへの依存性を確認した結果、投入パワーが一定程度を超えると、基板上での基板温度は一定値に収束し、それ以上は殆ど上昇しないことが判った。一方、得られた原子状水素やメチルラジカルなどの密度から合成速度を見積もるモデルと連携させ、数値的に合成速度の絶対値や、その分布を評価した。基板中央部での合成速度は概ね実験結果を反映しており、実験で得られる合成速度の基板周辺部での低下は、基板温度の低下によって引き起こされていること

を示唆する結果を得た。以上の知見に基づき、10mm角の単結晶基板を24枚接合し、世界最大となる、40×60mmの面積を持つ、接合型の単結晶ダイヤモンド基板の試作を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ダイヤモンドウエハ、プラズマ CVD、シミュレーション

【研究題目】低融点アルカリ金属溶融塩のリチウム二次電池用電解液特性の解明

【研究代表者】窪田 啓吾

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】窪田 啓吾 (常勤職員1名)

【研究内容】

アルカリ金属溶融塩は難燃性、難揮発性と電解液に適した性質を持つが、一般に融点が高く(200℃以上)室温域では使用できない。その中で非対称アミドアニオンのリチウム塩は融点が100℃と特異的に低く、新規な室温域のリチウム溶融塩となる可能性を持つ。本研究では溶融塩を電解液とするリチウム二次電池の構築を目的としてこの低融点リチウム塩をベースにした溶融塩のリチウム二次電池用電解液特性を検討する。

本年度は低融点リチウム塩に他のアルカリ金属塩を添加したカチオン混合塩について、溶融塩の物理化学的性質の測定とリチウム金属および遷移金属酸化物正極の溶融塩中における界面抵抗の電気化学交流インピーダンス法による測定を行った。この溶融塩は有機溶媒にリチウム塩を添加する有機電解液に比べて同じ温度(65℃)で粘性が1000倍、イオン伝導率が30分の1である一方、有機電解液よりも電極-電解液間の界面抵抗が低いことが分かった。遷移金属酸化物正極とリチウム金属負極と組み合わせた電池の充放電においてこの溶融塩は有機電解液より高いレート特性を示しており、この低い界面抵抗が要因の一つと考えられる。また、この溶融塩リチウム電池は充放電の繰り返しにおいて溶液抵抗、界面抵抗の変化が有機電解液と比べて非常に小さく、サイクル安定性が高いことが分かった。これらの結果からこの溶融塩は室温域から既存の電解液と同じ取り扱い性を持ち、さらに高温でも安定性の高い電解液として期待できる。

次年度以降は溶融塩電池において上記の性能の重要な要因と考えられる電極-溶融塩間の界面の電荷移動についてより詳細な検討を行う。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウム二次電池、電解質、アルカリ金属溶融塩、イオン液体

【研究題目】放電プラズマプロセスによる次世代二次電池用コンポジット電極の創製

【研究代表者】作田 敦

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】作田 敦、竹内 友成、小林 弘典
(常勤職員3名)

【研究内容】

硫黄を正極活物質として用いるリチウム-硫黄二次電池は、現状のリチウムイオン電池の数倍の理論エネルギー密度を有することから期待されている。本研究では、リチウム-硫黄二次電池用材料開発を目的に、放電プラズマ焼結装置を用いる新規な機能性カーボンの合成プロセスの開発を目指した。通電焼結装置を用いたアセチレンブラックの高密度化を行った結果、タップ密度が、通電処理前の粉末が0.03g/cm³であったものが、通電処理後には0.15g/cm³となっており、アセチレンブラック粉末の高密度化が確認された。電極複合体の作製にはメカニカルリング法に着目した。硫黄とカーボン、または硫黄と固体電解質の間で、メカノケミカル反応を起こすことにより、新規な物性の発現を期待した。メカノケミカル法を用いて作製したカーボン-硫黄複合体は、硫黄重量当たり約500mAh g⁻¹の容量を示した。溶媒には、エーテル系溶媒を用いたにも関わらず、高い充放電クーロン効率が確認された。また、充放電試験後に電池を解体した際にも、電解液への硫黄成分の溶出による着色は確認されなかった。複合体重量当たりの容量は小さいが、電解液を用いるリチウム-硫黄二次電池の高性能化に対して重要な知見となる。硫化物系固体電解質を用いた全固体セルにおいてカーボン-硫黄複合体の電極特性を評価した結果、硫黄重量当たり、約1700mAh g⁻¹と硫黄の理論容量の充放電が確認された。充放電曲線が従来と異なる点や、硫黄の理論容量を超える容量を示す場合があることより、硫黄と固体電解質、または、固体電解質とカーボンが反応して、一部電極活物質化したと考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】二次電池、リチウム電池、革新電池、硫黄、正極、炭素、通電焼結

【研究題目】新しい窒素-ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Di-Chang Zhong

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

高い水素含有量(15.4重量%)を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つヒドラジンボランに注目し、ヒドラジンボランの脱水素化反応において、温和な温度において、高活性を示す合金ナノ粒子触媒を開発した。NaOHの存在下において、Ni₂+およびPt₄+を含む混合金属塩溶液に、NaBH₄溶液を加えることにより還元し、白金・ニッケル合金ナノ粒子触媒を合成した。本触媒は、ヒドラジンボランから完全に水素放出させることができ

ることがわかった。触媒活性は白金・ニッケル合金ナノ粒子の組成に依存する。Pt 含有量が30-70mol%の範囲では、Ni-Pt ナノ粒子触媒は室温で100% H₂選択性を示した。既存の触媒と比べて、NaOH の存在下で合成した触媒は極めて高い触媒活性を示した。ニッケルまたは白金の単金属触媒の場合は、BH₃基の加水分解反応のみに活性を示し、N₂H₄基の分解反応に活性を示さないが、Ni-Pt 合金ナノ粒子触媒は BH₃基の加水分解反応及び N₂H₄基の分解反応の両方に高い触媒活性を示し、完全に水素を放出させることができることが明らかになった。本結果は、燃料電池用水素源として高い可能性を持つヒドラジンボランの脱水素化反応において、合金触媒を用いることにより、高効率・選択的に水素を完全発生させることができることを示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素、燃料電池

[研究題目] 高性能水素貯蔵材料としてのホウ素-炭素-窒素系多孔質高分子の研究

[研究代表者] 徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

[研究担当者] 徐 強 (常勤職員1名)

[研究内容]

来る水素エネルギー社会を支えるキーテクノロジーとして、高効率水素貯蔵技術の確立が求められている。水素との相互作用が強く、高密度水素を可逆的に吸蔵・放出できる水素貯蔵材料の開発が期待されている。本研究では、テンプレート・前駆体として多孔質金属配位高分子材料 MIL-100 (Al) を使用して、窒素含有イオン液体1-エチル-3-メチルイミダゾリウムジシアナミド (EMIM DCN) 及びホウ素・窒素含有イオン液体1-エチル-3-メチルイミダゾリウムテトラシアノボレート (EMIM TCB) を第2の炭素源及び窒素源、ホウ素-窒素源として用いて、その複合体の熱処理条件の精密制御を行うことにより、窒素 (N) 及びホウ素・窒素 (BN) をフレームワークに組み込んだ多孔質炭素 (C) 材料を合成した。このように合成した N 及び BN 含有多孔質炭素フレームワーク (NC 及び BNC) は、大きな比表面積を有し、水素と強い相互作用を有することを見出した。EMIM DCN@MIL-100 (Al) 複合体 (重量比1:1) を800℃で熱処理して得られた NC800試料は、2397m²/g という高い比表面積を示し、H₂吸着量は1.7 wt% (77K, 1atm) に達することがわかった。EMIM TCB@MIL-100 (Al) 複合体 (重量比1:1) を800℃で熱処理して得られた BNC800-1試料は、比表面積は1068 m²/g、H₂吸着量は1.4wt% (77K, 1atm) を示したのに対し、EMIM TCB@MIL-100 (Al) 複合体 (重量比1:2) を800℃で熱処理して得られた BNC800-2試料は、比表面積は1522m²/g、H₂吸着量は1.7 wt% (77K, 1atm) を示した。窒素・炭素フレームワーク

と比べ、ホウ素-窒素-炭素フレームワークは単位比表面積あたりの水素吸着量がより高いことが分かった。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 水素、燃料電池

[研究題目] 次世代高エネルギー密度型リチウムイオン電池およびナトリウムイオン電池用正極材料

[研究代表者] 鹿野 昌弘

(ユビキタスエネルギー研究部門)

[研究担当者] 鹿野 昌弘、BEN YAHIA Hamdi

(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

次世代の高エネルギー密度型リチウムイオン電池およびナトリウムイオン電池用正極材料開発を目指し、各種酸化物の合成と電気化学的特性評価を行っている。本研究の特徴は、結晶学的見地による材料の設計を行い材料合成プロセスの最適化を検討するものである。本年度においては、水熱法による新規な相の創生を目指した結果、亜硫酸硫酸塩 Mn₅(OH)₄(H₂O)₂[SO₃]₂[SO₄] を含んだ3つの関連相や M(OH)F (M=Mn, Fe, Co) の合成に成功し、その結晶構造について報告を行った。また、代表的な正極材料である Li_xCoO₂に結晶学的見地から解析を行い、今まで不明確であった充放電に伴う結晶構造の相転移について統一的な解釈を行った。これにより、層状岩塩型と呼ばれる一群の正極材料の充放電機構を解釈するうえで、重要な知見を提供したことになる。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 二次電池、リチウムイオン電池、ナトリウムイオン電池、正極

[研究題目] 低欠陥ダイヤモンドウエハ

[研究代表者] 鹿田 真一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

[研究担当者] 鹿田 真一、空野 由明、梅澤 仁、

茶谷原 昭義、加藤 有香子

(常勤職員5名、他1名)

[研究内容]

ダイヤモンドは SiC を凌駕する省エネパワーデバイス材料として、全ての電力機器での利用が期待されている。究極の低損失デバイスである他、自己発熱による高温状態で動作させる新コンセプト「冷却フリー」で画期的変革をもたらす。これまでの先導的研究で、超高温動作や高耐圧・高電流・低損失動作のアドバンテージが見えてきている。ウエハに関して105cm²台の欠陥密度を2~3桁低減することが最重要課題であり、本研究では実用化に向け、①結晶評価手法確立 ②低欠陥種結晶 ③低損傷表面 ④低欠陥研磨 ⑤低欠陥結晶成長 の基盤技術確立を3年で目指すものである。当機関が研究代表で、③以外を担当。

平成25年度は、①結晶評価手法確立に関して、2次元分布として計測するには、X線トポ及びピナソールドミがダイヤモンドに適していることがわかった。欠陥のデバイスへの影響を縦型ダイオードを用いて検討し、1kV以上の耐電圧デバイスには45°複合欠陥は致命的なキラ欠陥である事を初実証することができた。②低欠陥種結晶に関して、欠陥の少ない部分を切り出して、それを種として成長した種結晶の評価を行った。反射X線トポ計測手法を改善し、結晶の深い部分と表面に伝搬してきている欠陥の評価を行えるようになり、その結果種結晶欠陥評価を可能にし、選別することが可能になった。④低欠陥成長に関して、低欠陥化のためガス中空素濃度を極微量の範囲で制御して成長できるようにし最適化した結果、低歪自立基板を作製することができた。またウェハのコピー技術において、種基板へのイオン注入前に基板表面の最終処理を行うこととし、精密研磨(Ra < 1nm)と10μm程度の深いイオンビームエッチングを組み合わせることで、損傷を十分低減できることがわかった。

【分野名】環境エネルギー

【キーワード】ダイヤモンド、低欠陥、ウェハ、パワーデバイス

【研究題目】微細組織制御による発電用熱電変換材料の開発

【研究代表者】舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】舟橋 良次、Emmanuel Combe

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

包晶反応を利用し、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ の部分熔融時の固体酸化物相の粒径と分布状態を制御することで、熱処理後も熔融時の固体酸化物相に由来する、ナノサイズの残留結晶が $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ 粒内に残留させることができた。部分熔融法により作製したバルク焼結体は、結晶粒径が固相焼結体よりも大きい場合電気抵抗率が低減したにも関わらず、格子による熱伝導度が大きく低減した。その結果、部分熔融法により作製した試料の無次元性能指数は高温において、固相焼結法よりも約3倍大きくなった。部分熔融試料における格子熱伝導度の低減は、 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_9$ 中に存在するナノサイズの残留結晶の界面がフォノン散乱を増強するためであると分かった。一方、室温~100K付近の低温で優れた熱電特性を有するBiSb合金は、熱伝導度が高いことが課題であった。そこで、熱伝導度の低減を目指し、様々なプロセス技術でBiSb合金の合成を行った結果、放電焼結を行う際、塑性変形する温度、加圧条件で焼結させると熱伝導度のみが改善し、室温付近でのZTが約2倍高くなることが分かった。透過型電子顕微鏡観察の結果、塑性変形焼結を行った試料では、多くの転位が観られ、これらがフォノンの散乱

点として作用していることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電発電、廃熱利用

【研究題目】ダイヤモンド高濃度ホウ素ドープウェハ創製に向けた基盤研究

【研究代表者】大曲 新矢

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】大曲 新矢(常勤職員1名)

【研究内容】

ダイヤモンドはSiCやGaNを凌駕する優れた物性値を複数有しており、次々世代の省エネパワー半導体材料として期待されている。実用化に最も近いとされる、ダイヤモンドショットキーバリアダイオードに関しては、耐高温電極の開発、高耐圧フィールドプレート層技術の確立等、キー要素技術が開発され、さらには高温での安定・高速スイッチングなど、物性に依存した高いポテンシャルが実証されてきた。今後数 kA/cm^2 の高電流密度に耐え、低損失かつ高耐圧なデバイス実現には「高濃度ホウ素ドープされた低抵抗ウェハ」上への縦型デバイス作製が必須である。しかしながらその合成技術は極めて未熟であり、大面積化の指針が立っていない。

本研究は低抵抗ウェハ創製に向けて、熱フィラメントCVD(HFCVD)法による大面積ウェハ合成研究を立ち上げた。HFCVD法は多結晶工具のコーティング、ナノダイヤ成膜に使われているが、単結晶合成に関しては報告例が少なく、成膜条件が精査されていなかった。基板温度と原料ガス濃度を系統的に変化させることで、異常成長粒子を抑制する条件を見出し、まずはアンドープでの高品質結晶合成を可能とした。ラマン分光、X線ロックキングカーブから結晶品質を評価したところ、市販ウェハ同等程度の品質を確認した。大面積かつ長時間合成が可能なることから低抵抗ウェハ合成に関しても有用であると考えられる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ダイヤモンド、熱フィラメントCVD法、結晶評価、低抵抗ウェハ

【研究題目】高性能液相化学水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Jianke Sun

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、広い温度領域において液体であり、水素と窒素への選択的分解が可能であり、充填容易かつ生成物(窒素)回収・再生不要であることから水素貯蔵媒体として高い可能性を持つヒドラジン水和物の優れた性質に着目し、高性能化学的水素貯蔵技術の確立を目的としている。金属配位高分子ZIF-8のナノ粒子を合成し、熱

処理温度の精密制御により、カーボンナノドット (CND) を生成した。合成したカーボンナノドットを担体として用いて、NaOH の共存条件下で前駆体金属塩の還元により二金属 $\text{Pt}_x\text{Ni}_{100-x}@\text{CNDs}$ ($x=0, 10, 20, 40, 60, 80, 90$ and 100) 触媒を合成した。300K でヒドラジン水和物の分解反応を行ったところ、触媒活性・水素生成選択性は、Ni/Pt 比に依存することが分かった。Ni₄₀Pt₆₀@CND は、最も高い触媒活性を示し、7 min で完全に水素を放出し ($\text{metal}/\text{H}_2/\text{NNH}_2=1:10$)、TOF 値は 170h^{-1} に達した。放出ガスの体積測定から、ヒドラジンの完全分解反応 $\text{H}_2\text{NNH}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2$ が選択的に進行していることが確認された。また、反応速度は反応温度に依存し、298–323K の温度領域では、温度上昇につれて、反応速度が増加することが分かった。比較実験として、担体 CND は本反応に活性を示さないことが確認された。また、担体を用いない Ni₄₀Pt₆₀ナノ粒子触媒または PVP 保護 Ni₄₀Pt₆₀ナノ粒子触媒のいずれも、Ni₄₀Pt₆₀@CND 触媒よりも低い触媒活性を示すことが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】高性能ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Qi-Long Zhu

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

水素エネルギー社会を実現するためには、高効率水素貯蔵技術の確立が必要不可欠である。最近化学的水素貯蔵が盛んに研究され、水素吸蔵合金と比べ格段に重量密度の高い水素貯蔵が可能になるとされている。しかし、これまで報告されている化学的水素貯蔵材料は水素放出温度が高い上、燃料電池電極触媒の被毒成分となるアンモニア等の発生が問題となっている。そのために、水素含有量が高く、温和な条件下で水素放出が可能で且つ燃料電池電極触媒の被毒成分を副生しない化学的水素貯蔵材料の開発が強く求められている。本研究では、ホウ素-窒素系化学水素化物を有望な水素貯蔵材料として取り上げ、ホウ素-窒素系化学水素化物の選択的脱水素化・水素発生触媒を開発し、高性能水素貯蔵材料・技術の確立を目的としている。多孔質炭素 MSC-30 を担体として用いて、NaOH の共存条件下で NaBH₄ を用いて、前駆体金属塩を還元することにより、多孔質炭素担持ナノ粒子触媒 NtPt@MSC-30 を合成した。本 NtPt@MSC-30 触媒は、ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の選択的脱水素化・水素発生反応に高い触媒活性を示すことが明らかになった。詳細に検討した結果、還元過程における NaOH の存在は、Ni²⁺及び Pt²⁺前駆体の還元において、

Ni(OH)₂中間体を經由したナノ粒子の高分散化・粒子径制御に重要な役割を果たしていることがわかった。現在、ホウ素-窒素系水素貯蔵材料の選択的脱水素化・水素発生における触媒の活性向上に取り組んでいる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】人工層状構造を有する多機能材料の開発

【研究代表者】舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】舟橋 良次、Tristan Barbier

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

新たな熱電材料の探索とこれまでに得られている熱電材料の結晶構造を明らかにすることを目的に、酸化物及びシリサイド材料を合成、評価した。酸化物は Ba-Co-O で構成されるホモロガス物質について、元素置換による物性値の変化と結晶構造の関係を明らかにした。Ba の一部をアルカリ土類及び希土類で、Co の一部を 3d 遷移金属で置換できた。特に、Ni、Cu で置換した場合、高い置換量でも単相が得られることが分かった。さらにこれらの相へのインターカレーションも試みた。n 型の熱電特性を示すシリサイド材料で、層状構造を有する Mn₃Si₄Al₂ の結晶構造を詳細に調べ、インターカレーションなど新たな人工超格子構造を構築するための可能性を調べた。インターカレーションでは、200℃で、ヨウ素雰囲気中に5日間放置することで、c 軸の異なる二つの Mn₃Si₄Al₂ 構造が粉末 X 線回折測定の結果から観察され、新たな層状物質の存在を示す結果が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電発電、廃熱利用

【研究題目】イオンビーム誘起 CVD 技術の高度化と SiC ヘテロエピ成長への応用

【研究代表者】木内 正人

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】木内 正人 (常勤職員1名)

【研究内容】

廉価なシリコン基板上へ炭化ケイ素結晶をヘテロエピ成長させる技術の確立することが目的である。これまでナノレベルの立体構造形成や磁気媒体の開発などに使われてきたイオンビーム誘起 CVD 法の技術を、炭化ケイ素結晶のヘテロエピ成長に応用を試みた。これまでではアモルファス膜の SiC しか得られていなかったが、本年度はこれまでに培った技術を高度化し、炭化ケイ素薄膜のヘテロエピ成長の条件を絞り込むことができた。そのために、イオンビームの質の向上、基板温度制御の向上などが重要であることがわかった。その結果、より安価な原料の採択も可能となることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

〔キーワード〕 炭化ケイ素、イオンビーム、結晶成長

〔研究題目〕 金属特異性を考慮した包括的な生態リスク評価手法の開発

〔研究代表者〕 加茂 将史（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 加茂 将史、小野 恭子、内藤 航、保高 徹生（常勤職員4名）

〔研究内容〕

金属は水質や土壌の性質により毒性が異なり、その結果、リスクレベルもそれら性質により異なることが示唆されている。金属は環境媒体中で様々な存在形態をとり、その中の遊離イオン状態にある金属が生物にとって利用可能な状態で毒性への寄与が最も高いと考えられている。欧米においては利用可能量に基づいた新たなリスク評価手法が発展しつつある。我が国の水質や土性は欧米とは著しく異なり、生息する生物種も異なる。本研究の目的は、欧米で発展した手法を我が国に適したものにカスタマイズすることである。

水生生物については、メダカ、カブトミジンコを用いて、銅の毒性試験を行った。半数致死濃度をいくつかの調節したカルシウム、マグネシウム濃度で推定し、各生物種での毒性予測モデル（Biotic Ligand Model）のモデルパラメータを推定した。推定したモデルを用いて、影響濃度を推定したところ、予測値のほとんどが実測値の2倍～1/2倍に含まれ、予測精度は高いことが示された。異なるカルシウム、マグネシウム濃度で試験を繰り返し、モデルの検証作業を進めるとともに、河川や湧水を野外から採水し、実環境での予測精度を検証する予定である。土壌生物では、我が国の代表的な土壌を選定し、土壌の性質とカドミウムの利用可能量の関係を調べるためのDiffusive Gradient Thin-film (DGT) 試験を多数行った。土壌の性質は多数計測しており、利用可能量と最も関連深い性質を特定するための統計手法を開発しつつあるところである。一方、ミミズおよびトビムシを用いた毒性試験も実施しており、半数致死濃度の推定やカドミウム応答遺伝子の発現量など基礎的なデータの収集が進みつつある。今後は、土壌と利用可能量、利用可能量と致死率、遺伝子発現量とを関連つけるモデルを開発する予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属、利用可能量、生物リガンドモデル、生態リスク評価

〔研究題目〕 暑熱環境におけるエネルギーの消費による人間健康の改善効果の評価に関する研究

〔研究代表者〕 玄地 裕（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 玄地 裕、本瀬 良子（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、暑熱環境に対する適応策の利用に伴うエネルギー消費量増大と人間健康影響削減のトレード・オフ関係に着目する。適応策のエネルギー消費量と適応策による環境温度の緩和効果を評価し、一方で、環境温度と熱中症や睡眠障害など健康被害との関係解析、健康被害の影響の定量化をおこなうことで、エネルギー消費量と健康影響のトレード・オフ関係を定量化する。さらに、緩和策のエネルギー消費量と健康影響削減効果も評価し、エネルギー消費・健康影響両面から見て望ましい適応策・緩和策の導入設計に関する指針を示す。

平成25年度は、疫学で用いられる平滑化スプライン回帰を用いた睡眠被害関数の高度化を行った。高度化した被害関数によって睡眠困難罹患率を予測したところ、罹患率は従来評価の40%程度にとどまるものの、気温上昇に伴う環境影響としては、なお睡眠困難が大きなウェイトを占めることがわかった。

研究課題の最終年度であることからの3年間の研究成果を取りまとめ、暑熱環境におけるエネルギー消費と健康影響について以下の2点が明らかになった。

- ① 夏季の気温上昇は睡眠困難に大きく影響する。
- ② エネルギー消費による環境改善（冷房使用）は冷房運転方法、本人の健康状態、睡眠と疲労の関係などを総合的に考慮して実施する必要がある。

望ましい適応策・緩和策の導入には、大局的には②を考慮すべきという方向性を示したが、今後、②を考慮した上で個別の状況に対する適応策・緩和策考慮のためのさらなる検討が必要であると結論づけた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エネルギー、ヒートアイランド、健康影響、適応策、睡眠

〔研究題目〕 国際環境協力を資する河川シミュレーションモデルの開発

〔研究代表者〕 石川 百合子（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 石川 百合子、村尾 智（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は、国際環境協力を有用な河川環境管理を行うシミュレーションモデルを構築し、環境対策の効果を定量的に示す方法論を提案することを目的としている。今年度は、タイ王国鉱物資源局（DMR）と公文書を交換の上、以下の作業を進めた。

タイとミャンマー国境付近のトンパーブム地区ソント一集落周辺を対象として、フィールド調査を実施した。現地では旧坑や生活用水の位置を特定し、尾鉱や表層水を採取した。試料の化学組成は真空 PIXE 分析によって明らかにした。また、タイ政府が主催した周辺住民との対話集会の記録を翻訳・分析し、鉱山開発に関する地域感情を把握した。

さらに、産総研－水系暴露解析モデル（AIST-

SHANEL) を対象地域に適用するため、シミュレーションに必要なデータを調査・収集した。その結果、対象地域は石灰岩地帯で地形が特殊であると同時に、河川水や地下水の流れが複雑であり、河川流域や河川流路を特定することが困難であることが判明した。シミュレーションを正確に行うためには、さらに詳しい現地情報が必要となるため、今後は、DMR を情報提供のハブとして、他の政府部局から現地データや資料を収集し、AIST-SHANEL へのデータの組み込みや改良点などの検討を進める。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】河川シミュレーションモデル、有害元素、国際環境協力、アジア、河川環境管理

【研究題目】QAAR (定量的活性活性相関) 手法による化学物質等の有害性推論手法の開発

【研究代表者】竹下 潤一 (安全科学研究部門)

【研究担当者】竹下 潤一 (常勤職員1名)

【研究内容】

化学物質の有害性推論手法の構築は、化学物質のリスク評価を実施する際の国際的な動物試験数削減の要請に応えるべく重要な課題である。平成25年度は既存動物試験データが有する相関関係を元に、有害性の標的臓器間補間が可能となる QAAR モデルの開発を行った。まず「化学物質排出把握管理促進法 (PRTR 法)」において、製造量、有害性などの観点から重要とされている第一種指定化学物質の既存動物試験データ (特に、反復投与毒性試験データ) の無毒性量 (NOEL) をエンドポイント (標的臓器・試験動物種・試験方法の組み合わせ) ごとに整理することでトレーニングセットを整備した。次に、共分散構造分析と呼ばれる統計解析手法によりそのデータセットがもつ共分散構造を導出し、その構造を元に QAAR モデルの最良予測式を決定するアプローチを提案した。提案手法に沿って QAAR モデルを構築し、Leave-one-out 法と呼ばれる検証・確認方法を用いて、OECD の原則に沿ってそのモデルの推定精度の検証を行った。その結果、既に行政における委員会等の参考資料として使われている生態毒性の QSAR (定量的構造活性相関) モデルと比べても、十分に高い推定精度であることが確認された。さらに、開発した QAAR モデルを鉛はんだの代替 (鉛・スズからスズ・銀・銅のはんだへの代替) などのリスクトレードオフ評価へ適用した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学物質、ヒト健康、有害性推論、反復投与毒性、リスクトレードオフ評価

【研究題目】巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

【研究代表者】高橋 美紀

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】高橋 美紀、北島 弘子、金川 久一 (千葉大学)、堤 昭人 (京都大学)、廣瀬 丈洋 (海洋研究開発機構)、谷川 亘 (海洋研究開発機構) (常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

新学術領域研究「超深度掘削が拓く巨大海溝型地震の新しい描像」の課題の一つである「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」では南海トラフ掘削コア等の試料の物性から海溝型巨大地震の発生メカニズムの解明を目指している。今年度は本課題の最終年度であり、主に産総研で分担した実験は摩擦発熱による断層岩近傍のイライト化を実験に再現することである。

膨潤性を示す Na スメクタイト30wt%+石英70wt%の混合ガウジ1gに0~1mol/lの濃度のKCl溶液0.5ccを加え、垂直応力1~2MPa、変位速度1.3m/sで摩擦実験を行った。その結果、KCl濃度の増加に伴って定常摩擦強度が増加する傾向が認められた。また、0.5mol/l以上のKCl濃度の実験では、すべり面の温度が120℃以上に達した試料において、膨潤性を示さないKスメクタイトとわずかなイライトが認められた。以上の実験結果は、摩擦発熱によって膨潤性を示すスメクタイトが膨潤性を示さなくなるスメクタイトやイライトに変化することを示した。付加体中の断層で見つかっている局所的なスメクタイトのイライト化は、地震、つまり高速の破壊が伝播した証拠となりうる。

【分野名】地質

【キーワード】南海トラフ地震発生帯掘削、粘土含有量、摩擦強度、速度依存性

【研究題目】非火山性深部低周波微動の波動特性を利用したメカニズム解決定と微動発生機構の解明

【研究代表者】今西 和俊

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】今西 和俊 (常勤職員1名)

【研究内容】

世界各地のプレート境界域で発見された非火山性深部低周波微動 (以後、単に微動と呼ぶ) は、巨大地震の発生機構を解明するための重要な手掛かりとして注目されている。本研究は微動の波動特性を最大限に利用したメカニズム解推定法を開発し、微動の発生機構を明らかにするものである。H25年度はS波スプリッティングの影響を補正することで、震源放射に関係したS波の振動方向を正しく推定することに成功した。複数観測点におけるS波の振動方向を最もよく説明する解をグリッドサーチすることでメカニズム解推定が可能となる。2013年4月に紀伊半島北東部で発生した微動活動に適用したところ、北西側が低角で南東側が高角の節面を持つ解が多く確認できた。また、推定誤差を考慮しても横ずれ成分

を持つ微動も起こっていることが明らかとなった。本研究は科学研究費補助金（基盤研究 C）により実施されている。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕プレート境界、非火山性深部低周波微動、メカニズム解、波動特性、紀伊半島、臨時観測

〔研究題目〕岩石の不安定挙動への分岐とその準備過程

〔研究代表者〕高橋 美紀

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕高橋 美紀、北島 弘子、重松 紀生
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では大地震へと発展するシステムの不安定挙動への準備は、まずシステムの中での剪断面の選択と集中から始まると仮定し、歪軟化準備過程において観測可能な現象を、板状の岩塩を模擬岩体とし平面歪試験の結果から提言することを目的としている。平成25年度の実施内容は大きく2点あり、1点目は試料である岩塩の変形特性を調べることであり、2点目は平面歪試験機の製作である。

岩塩試料の変形特性：オランダ・ユトレヒト大学にて回転式剪断試験機を用い岩塩の変形速度に対する強度・摩擦特性・変形組織について調べた。また、当大学にて実験後の岩塩試料の観察に際し、適切な薄片試料の作り方も学ぶことができた。岩塩と白雲母を8：2で混在させた試料に低速度で剪断歪を与えた後、比較的高速度での変形条件に急変させる実験を実施した。低速度条件では岩塩は流動変形を示し、マイロナイト組織を作ることが分かっている。一方高速条件下では変形に伴い孔隙の多いランダムな組織をとることが分かっている。しかしながら、天然のマイロナイト組織の観察から、シュードタキライトのように高速変形はマイロナイトの面構造を使って変形が集中した結の境界付近に剪断の集中が見られた。また、摩擦挙動も流動から摩擦へのメカニズムのスイッチを示唆する挙動を示した。

平面歪試験装置の製作：岩塩の板状試料の変形と変形場のその場観察のため平面歪試験機を作製した。空気圧を使ってピストンを駆動し、ゆっくりと変形を加え、最終的な破断に至る前の歪の集中過程をカメラで記録することを想定している。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕平面歪試験機、回転式剪断試験機、岩塩、マイロナイト、速度弱化、歪軟化

〔研究題目〕自然地震データと物理モデルを用いた広い速度レンジでの摩擦特性の推定

〔研究代表者〕安藤 亮輔

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕安藤 亮輔（常勤職員1名）

〔研究内容〕

東北地方太平洋沖地震の観測結果等にもとづいて、従来断層上の定常的に非地震的に滑る摩擦特性を持つと解釈されていた領域でも、地震時に大きく滑る可能性があるとの指摘が多くされている。しかしながら、そのような可能性について、断層の摩擦特性の推定による直接的な検証は、まだ行われていない。本研究では、観測データと物理モデルにより、この問題の検証を行うことを目的とする。本年度は、研究代表者の担当業務の変更があり、当初予定通りのエフォートを割くことが出来なかったが、解析に用いるデータを研究協力者から入手することができた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震破壊、超巨大地震、摩擦、レオロジー、スロー地震

〔研究題目〕延岡衝上断層下盤メランジュの変形機構の解明

〔研究代表者〕北島 弘子

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕北島 弘子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

深部付加体を構成するメランジュの力学特性・変形機構を解明するため、延岡衝上断層下盤メランジュの高温高压三軸変形実験を行った。延岡衝上断層掘削コアのメランジュサンプルを、メランジュ形成時の温度である250℃にて変形させた。有効圧=120MPa（地下約8kmでの間隙水圧が静水圧に近い条件）のときは延性的に、有効圧=20MPa（地下約8kmでの間隙水圧が静岩圧に近い条件）のときは脆性的に変形することが明らかになった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕延岡衝上断層、メランジュ、変形実験、高温高压、付加体

〔研究題目〕P波振動極性の統計的性質と高感度地震検出手法の開発

〔研究代表者〕内出 崇彦

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕内出 崇彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は科学研究費補助金（研究活動スタート支援）で実施した。従来より高い感度で多数の地震を自動的に検出することを目指して、P波の振動方向を用いた震源推定法を開発する。複数の観測点での直線的振動の方角を延長することで震央の位置を推定する方法である。

まず、岐阜県飛騨地方の地震波形連続記録を振動極性解析にかけて、直達P波と無関係な直線的振動を調べ

た。コーダ波によるもの、観測点近傍の擾乱によるものが見られたが、振動の振幅や伏角の情報も利用することで概ね回避できた。この補正をかけて地震検出を行ったところ、気象庁一元化震源カタログの44%を検出した一方で、同カタログにない地震も検出できた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震学、時系列解析、振動極性解析、イベント検出、自動震源決定、岐阜県飛騨地方

〔研究題目〕南海トラフにおける未知の巨大津波に関する地形・地質学的研究

〔研究代表者〕宍倉 正展

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕前杵 英明(広島大学)、宍倉 正展、行谷 佑一、越後 智雄(地域地盤環境研究所)(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

南海トラフ沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波の規模とその履歴解明のため、紀伊半島南部沿岸の津波および隆起の痕跡に関する調査を行った。特に和歌山県串本町の橋杭岩周辺では、津波石と思われる漂礫群について、これまで明らかになっている漂礫の位置、形状を確認するとともに、補足の測量を実施した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕南海トラフ、巨大地震、津波、隆起、履歴、津波石

〔研究題目〕石垣島・宮古島の津波堆積物の調査—巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み

〔研究代表者〕宍倉 正展

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕安藤 雅孝(台湾中央研究院地球科学研究所)、中村 衛(琉球大学)、宍倉 正展(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

琉球海溝沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波について、その履歴解明のために、石垣島においてトレンチ掘削による津波堆積物調査を行った。また一部で有孔虫分析も行った。その結果、1771年八重山津波およびそれより前の津波によって堆積した可能性のある層準を確認した。このほか宮古島の友利、伊良部(2地点)で得られた試料について¹⁴C年代測定を実施した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕琉球海溝、石垣島、宮古島、巨大地震、1771年八重山津波、津波堆積物

〔研究題目〕プラスチックの嫌気生分解の解析

〔研究代表者〕八木 久彰(環境化学技術研究部門)

〔研究担当者〕八木 久彰、国岡 正雄

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

現在、商業用の嫌気発酵槽として運転されている発酵槽の温度は、55度と37度の2つに分けられる。生分解性プラスチックをこれら商業用の大型嫌気発酵槽で処理するには、生分解性プラスチックが、発酵槽内の汚泥で生分解するかどうかを、あらかじめ試験しておかなければならない。そこで、私たちが新しく確立した、プラスチックの嫌気での分解性を評価できる試験方法(ISO13975の改良法)を用いて、代表的な生分解プラスチック(ポリ乳酸(PLA)、ポリカプロラクトン(PCL)、ポリヒドロキシ酪酸(PHB)、ポリブチレンサクシネート(PBS)の嫌気分解試験を実施する。

25年度は、上記4種のプラスチックサンプルの55度での嫌気生分解度の測定と、これらの嫌気生分解に関与する微生物の解析を行った。PHBは14日で90%嫌気分解された。PCLは、50日で80%嫌気分解された。PLAは75日で75%嫌気分解された。PBSは100日経過後も全く嫌気分解されなかった。PLA、PCL、PHBのメタン発酵に関与している微生物を解析した結果、これらの嫌気分解にかかわる微生物には、違う種類のものが存在することが示唆され、その中のいくつかは今までに単離されていない未知のものである可能性が示唆された。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕生分解プラスチック、嫌気生分解、RT-PCR-DGGE

〔研究題目〕化学発光法を用いた化学材料評価手法の開発

〔研究代表者〕佐合 智弘(環境化学技術研究部門)

〔研究担当者〕佐合 智弘、内丸 忠文、高田 徳幸(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

機能性高分子などの化学材料は、構造部材用途のみならず、太陽電池等の先端デバイス用途でも重要となってきた。主に有機物からなる化学材料は様々な要因により劣化が進行するため、劣化構造や劣化メカニズムを評価し、材料の寿命予測、さらには高耐久材料の設計指針へとつなげることが重要である。本研究では化学発光(CL)法を利用して化学材料の酸化劣化の評価を行うことを目的とした。

CL法は、酸化劣化に伴う微弱な発光を検出する方法として有用であるが、従来は発光するまでの誘導時間から劣化のしやすさを議論していることがほとんどであり、劣化の活性種やメカニズムに踏み込んだ検討はなされていない。そこで、モデル化学材料を用いて酸化劣化試験を行い、CLを分光(スペクトル化)することで、劣化メカニズムを検討した。低分子不飽和脂肪酸の酸化劣化生成物の構造を赤外分光法や核磁気共鳴法により解析したところ、複数の構造の異なるカルボニル化合物が生成

していることが分かった。酸化劣化反応に伴う CL スペクトルを測定してピーク分離を行い、一重項酸素および励起カルボニルに起因する複数の発光ピークを検出した。カルボニル化合物の安定性を考慮し、発光ピークと酸化反応中の発光種の帰属に成功した。得られた知見を基に、高分子材料の酸化劣化評価に着手した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】酸化劣化、化学発光、スペクトル

【研究題目】金属・有機構造体を用いた機能性分離膜の開発

【研究代表者】原 伸生（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】原 伸生（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究においては、新規な多孔性物質として注目される金属有機構造体（MOF）を用いた、機能性分離膜（MOF 膜）の開発を進めている。MOF 膜の作製においては、分離層の欠陥低減効果に優れる液相対向拡散法を用いている。本研究においては、緻密な分離層を有する MOF 膜の作製、気体選択透過特性の解析、膜構造の制御による気体選択透過特性の向上を目的としている。

平成25年度は、金属有機構造体の一種である ZIF-8膜の開発を行った。基材として多孔質 α アルミナ中空管を用いて液相対向拡散法による ZIF-8膜の作製を行い、緻密な分離層を有する ZIF-8膜を作製した。単成分の気体透過特性においては、酸素より大きな分子径の気体分子の透過度が低下し、分子サイズの違いによる分子ふるい効果が得られた。特に分子径が近く分離が困難なプロピレンとプロパンについて、分子サイズの微小な違いに基づいた優れた選択透過特性（理想分離係数 >55 ）が得られた。さらに、気体透過度の向上を目的として ZIF-8層厚みの低減を行った。液相対向拡散法による ZIF-8膜の作製において、溶液濃度と溶液濃度比を変えて反応物質の反応性と拡散性の制御を行い、ZIF-8層厚みを80ミクロンから最小5ミクロンまで低減し、プロピレン透過度の約2倍の向上を達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】膜分離技術、気体分離膜、金属有機構造体

【研究題目】副生グリセリン利用を指向したキラル酸化バイオプロセスの高度化と応用

【研究代表者】佐藤 俊（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】佐藤 俊（常勤職員1名）

【研究内容】

再生可能資源から製造されるバイオ燃料の普及拡大が進む中、その製造過程における副生成物の有効利用が課題である。中でも、バイオディーゼル燃料の製造過程で副生するグリセリン（副生グリセリン）は、グリセリン以外の不純物（メタノール）を多く含むため、化学品等

の製造におけるグリセリン原料としての利用が難しい。また、これまでにグリセリンを原料とする光学活性 D-グリセリン酸のバイオ生産技術が開発されたが、メタノールはグリセリン酸生産を阻害することが明らかになっていた。本研究では、メタノールを含有する副生グリセリンの利用を目指し、メタノール資化性菌を活用したグリセリン酸生産技術の高度化、およびグリセリン酸の誘導体化による高機能材料の創出を目的とする。

平成25年度は、グリセリン酸生産菌である酢酸菌の中で、メタノール資化性のアシドモナス菌によるグリセリン酸の生産を検討した。その結果、本菌はグリセリンからグリセリン酸を生産し、メタノール存在下でもグリセリン酸を良好に生産することが分かった。さらに、グリセリンとメタノールの濃度を最適化することで、グリセリン単独の条件よりも、メタノール存在下で高いグリセリン酸生産性を示す可能性を見出した。また、グリセリン酸の誘導体化では、アシル化による両親媒性の誘導体を合成した。その結果、本誘導体はアシル鎖長の選択により水溶性が向上することを見出し、新しい性質の両親媒性化合物が得られることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー、ライフサイエンス

【キーワード】グリセリン酸、酢酸菌、微生物発酵、グリセリン、メタノール資化菌、両親媒性化合物

【研究題目】パラジウム膜を用いて達成しうる最大水素透過流束の評価

【研究代表者】原 重樹（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】原 重樹、Alessio CARAVELLA（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

パラジウム（Pd）膜は高分子膜や無機膜に比して高い水素選択性および透過性能を有していることから燃料電池に必要な水素の精製への利用が期待されている。Pd 膜の水素透過流束は膜厚に反比例して増大するが、そのうちに水素分子の吸着・脱離といった表面過程の影響が顕著となって透過流束は限界に達すると考えられている。しかしその実験的根拠は十分でない。そこで本研究は有効表面積を小さくすることで表面律速の状況を作り出し、Pd 膜で得られる水素透過流束の上限を実験的に評価することを目的とした。有効表面積を小さくするために Pd 膜表面にリソグラフィの技術を活用して銅（Cu）のマスクを形成することを特長としている。

スパッタリング法、電気メッキ法で Cu を被覆した Pd 膜を作製してその水素透過特性を調べた。Cu 層に開口のない試料において、当初水素透過性に大きな経時変化が見られ、それが Cu の Pd 中への拡散に起因することが判明した。そこで、安定した透過特性が得られるよう層状構造を工夫し、Cu を他の元素に変えるなど試み、マイクロメートルレベルの開口を有するマスクの作

製に成功した。しかしながら、最大流束の評価には至らなかった。

一方で、水素濃度による拡散係数や溶解度係数の変化を調べるため新しい透過モデルの構築を行った。その結果、水素透過係数が圧力に依存する非理想的な挙動の程度を表す指標の提案に至った。これまで広く用いられていたが十分な理論的根拠のなかった指数則を使わずとも、この指標を用いて理想からのずれを表現できることを示すことに成功した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、パラジウム、分離膜、燃料電池

【研究題目】 短寿命代替フロン物質の地球温暖化ポテンシャル新指標の開発

【研究代表者】 陳 亮、田村 正則

(環境化学技術研究部門)

【研究担当者】 陳 亮、田村 正則 (常勤職員2名)

【研究内容】

オゾン層破壊や地球温暖化の原因物質であるフロン及びフロン代替物の全廃や排出削減が国際条約で定められ、大気寿命の短い代替物質が次々に開発されている。これらの物質の地球温暖化ポテンシャル (GWP) の評価は国内外の機関で行われ、IPCC の第4次報告書等で報告されているが、現在の GWP の評価法は長寿命物質に適した方法であり、そのまま現在開発が行われている短寿命物質に適用するのは問題があるとの指摘もある。そこで、本研究では、大気寿命の短い物質にも適用可能な新しい地球温暖化影響評価指標を開発することを目的としている。

産総研では、本研究の一環として GWP 評価に必要な大気寿命と赤外域での吸収強度の評価を行っている。大気中に放出された揮発性の物質は、主として OH ラジカルとの反応で大気中から除去されることから、大気寿命は OH ラジカルとの反応速度から決定され、GWP の評価を行うためには OH ラジカルとの反応速度を得ることが不可欠である。本年度は、引き続き、相対速度法を用いて含フッ素オレフィンと OH ラジカルとの反応速度の測定を行い、大気寿命を評価した。また近年、大気モデル計算を用いない簡易的な GWP 計算法が報告されていることから、一部の短寿命化合物について、この簡易的な方法による GWP 値と大気モデル計算により求めた GWP 値を比較し、一部には両者に優位と思われる差があるものの、多くの場合はほぼ一致する結果が得られることを見出した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 地球温暖化ポテンシャル (GWP)、フロン代替物質、大気寿命、OH ラジカル、赤外吸収

【研究題目】 分子制御による融合マテリアル形成の計

算科学シミュレーション

【研究代表者】 灘 浩樹 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 灘 浩樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、バイオミネラリゼーションに倣いそれを超える省エネルギー・省資源・低環境負荷材料「融合マテリアル」研究の理論的基盤を構築するために、有機分子の無機結晶成長制御に焦点を当てた計算科学研究を実施する。

タンパク質やペプチド、ポリマーなどの有機分子は無機結晶の成長を巧みに制御する機能を有しており、その機能は歯や骨、貝殻真珠層の形成に代表されるように、材料としても極めて優れた有機/無機複合体 (バイオミネラル) を生み出す源となっている。このような生物による材料合成のしくみを人類が自在に応用することができれば、自然と調和して永続的に発展可能な材料調和社会の実現へ大きく前進すると思われる。本研究では、バイオミネラル形成の一連の過程における初期過程“有機分子による無機結晶の成長制御”に焦点を当て、制御有機分子の構造および成長制御機構の解明に絞って計算科学シミュレーション研究を実施する。

本年度は、炭酸カルシウムカルサイト表面におけるステップ成長時に形成されるキンク周辺における有機分子吸着挙動を分子動力学シミュレーションにより解析し、成長制御との関係を調べた。また、炭酸カルシウムのアモルファスからの結晶化挙動およびそのマグネシウム添加依存性と水分子添加依存性を分子動力学シミュレーションにより解析し、不純物添加による結晶化制御メカニズムを検討した。今後は、炭酸カルシウム以外の無機結晶に対する結晶成長制御および核生成制御の研究も行っていく計画である。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 結晶成長、バイオミネラリゼーション、炭酸カルシウム、計算科学、機能性分子

【研究題目】 固体プラズマを利用した光応答性高分子の創生に関する研究

【研究代表者】 黒澤 茂

【研究担当者】 田中 睦生 (バイオメディカル研究部

門)、佐藤 浩昭、青木 寛、

愛澤 秀信、王 正明、近藤 伸一 (岐

阜薬科大学)、笹井 泰志 (岐阜薬科大

学) (常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

メカノケミカル反応を用い常温・常圧での固相反応の下 (固体プラズマを開始剤とするため溶剤・重合開始剤・反応停止剤を使わず) に生体適合性と溶媒分散性に優れた MPC ポリマーを主成分としフラーレン、および金属フタロシアニン誘導体を光変換分子成分とする光治療用高分子材料を数時間内で合成し、その高分子が溶液

中で形成する光応答性高分子ミセルが近赤外光や X 線照射により一重項酸素を効率的な生成する光応答性及び光線力学的治療用途の性能を探索する。

メカノケミカル固相重合は、溶媒や開始剤を用いずにモノマーのみで定量的に進行し、かつ分子量分布の狭い高分子が得られることより、高分子ミセルの素材となる両親媒性ブロック共重合体合成にとって大変有用な方法と言える。本研究では、生体適合性を有し、光応答性を付与した機能性高分子ミセル開発を目指す。平成25年度の研究成果をまとめると以下の2点となる。

1. メカノケミカル固相重合により糖のビニルモノマーを親水部とする両親媒性ブロック共重合体を合成し、pH 応答性的高分子ミセルを構築した。本高分子ミセルは、モデルがん細胞に取り込まれるとともに、リソソームなどの酸性部位において、薬物を放出することを見出した。
2. フォトクロミック分子を疎水部に導入した両親媒性ブロック共重合体をメカノケミカル固相重合により合成した。本ブロック共重合体により構築した高分子ミセルは、紫外線照射により内包する薬物を放出することが明らかになった。本知見は、今後の光治療用高分子ミセル創成の基礎的知見として、有用であると考えられる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 メカノケミカル反応、メカノケミカル重合、高分子ミセル

【研究題目】 温室効果ガス観測衛星「いぶき」による発生源解析のための局所 CO₂輸送モデルの開発

【研究代表者】 近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 近藤 裕昭、村山 昌平、石戸谷 重之、高根 雄也（常勤職員4名）

【研究内容】

産総研で開発した局所 CO₂輸送モデルと東大の NICAM とのインターフェースを作成した。昨年度組み込んだ生態系 CO₂収支モデルを用いて中央日本の領域で試算を実施した。岐阜県の高山市にある産総研の長期観測ポイントである高山サイト（TKY サイト）での観測結果と夏期について比較した結果、モデルの一次生産量（GPP）が過大評価となった。

TKY サイトにおいて、CO₂フラックス・濃度、酸素同位体比 δ¹⁸O、気象等の観測を継続して行った。モデルの精緻化のためには、土壌呼吸と夜間の生態系呼吸の経験式のさらなる改良が必要であることが示唆された。東京における CO₂輸送量の測定サイトで連続測定を継続しその季節変化および晴天日の日変化を解析した。質量分析計を用いた大気 O₂および CO₂濃度の高精度連続観測装置を開発し大気の連続観測を行ない、観測した空気塊に影響している化石燃料の種類を推定した。炭素循

環の衛星観測と地上観測・モデルとの統合化についての国際ワークショップを岐阜県高山市で開催した。地球惑星科学連合大会で Group on Earth Observation (GEO) の炭素 task のセッションを主催し、これをふまえて世界気象機関 (WMO) で開催された GEO 炭素 task meeting で成果発表等を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 二酸化炭素、局所輸送モデル、酸素同位体比、都市の二酸化炭素フラックス、GEO

【研究題目】 乾性沈着表面抵抗の定量法の開発

【研究代表者】 忽那 周三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 忽那 周三、小池 和英、瀬戸口 修、陳 亮（常勤職員4名）

【研究内容】

大気質モデルで現在用いられている乾性沈着表面抵抗は、水への溶解性等のみを指標としたスケーリング法により評価されている。本研究は、アルデヒド類のスケーリング係数の改良方法を提案して大気質モデルの改良に資することを目的とする。

攪拌装置にアセトアルデヒドを含む試料ガスを矩形パルス状に導入して観察した時間応答曲線をモデルを用いてフィッティングして、アセトアルデヒドの土壌成分への沈着表面抵抗を吸着と分離し、相対湿度20-80%の範囲で決定した。土壌成分の水分量の測定値を用いて、決定した沈着表面抵抗または吸着の速度を、昨年度までに二相フロー法で測定したアセトアルデヒドの水表面への物質移動速度と比較した。

水クラスターからなるアルデヒドの水和反応（gem-ジオール生成反応）モデルを構築した。ジオール生成を導くアルデヒドへの水素移動反応は、水分子の配向に依存し、段階的または協奏的反応の2つの異なるモデルで記述される。アルデヒド類の水和反応の活性化エネルギー及びジオール生成自由エネルギーに対して、いずれのモデルも計算と実験値の間に0.99以上の相関係数をもつ線形関係が成立した。この関係を用いて、実験値のないアルデヒド類の水和反応の活性化エネルギーを得た。さらに、気液界面（水表面）とバルク水（水中）の反応性を比較した結果、上記水素移動反応は協奏的機構よりも段階的機構が優先し、また水表面の反応性がバルク水よりも高いことを見出した。アルデヒド類の水和反応性は、水表面での水の配向性に大きく依存し、水表面での反応性がバルク水より卓越する機構は、関連する H₃O⁺の結合角の小さな変化により説明できた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 アルデヒド、水和反応、物質移動係数、大気質モデル

【研究題目】 白金族抽出における外圍サイズ認識効

果の解明及び新規分離試薬開発

【研究代表者】成田 弘一（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】成田 弘一、田中 幹也、森作 員子
（常勤職員2名、他1名）、元川 竜平
（日本原子力研究開発機構）

【研究内容】

目標：

白金族の中で有効な工業用分離試薬が存在しないオクタヘドラル構造を持つ白金族クロロアニオン錯体の新規分離試薬の開発、及び白金族抽出錯体の内圏及び外圏構造測定による抽出機構解明を目標とする。

研究計画：

本研究では、新規抽出系における白金族イオンの抽出分離挙動の把握に加え、X線吸収微細構造（XAFS）法と中性子小角散乱（SANS）法を用い、内圏における錯形成と外圏におけるイオン対形成を相互に観察しながら白金族イオンの抽出機構を明らかにすることで、新規抽出剤の設計・開発を行う。

年度進捗状況：

N-n-ヘキシルービス（N-メチル-N-n-オクチル-エチルアミド）アミン（BisAA）抽出系及びトリ-n-オクチルアミン（TOA）-N,N'-ジメチル-N,N'-ジ-n-オクチルチオジグリコールアミド（TDGA）協同抽出系における、塩酸溶液からのルテニウム及びロジウム抽出挙動の比較を行った。いずれの抽出系も塩酸濃度5 M未満では、Rh（III）がRu（III）よりも高い抽出率を示すが、5 M以上ではRh（III）抽出率の大幅な減少によりRu（III）の抽出率が上回った。これは、Ru（III）クロロ錯体における塩化物イオンの方が同様のRh（III）錯体のそれに比べて、抽出剤分子等と交換し易いことを反映していると考えられる。

また、米国オークリッジ国立研究所（ORNL）に設置されている中性子小角散乱装置（EQ-SANS）を用いて、(1)有機配位子 BisAA-オクタノール混合溶液、(2) BisAA がオクタノール中で塩酸と相互作用した溶液及び(3) BisAA がロジウム及び白金のクロロアニオンを抽出したオクタノール溶液について測定を行った。それぞれの測定データを定量的に分析し比較することで、白金族クロロアニオンの抽出溶液についてその微視的構造を検討したところ、白金族イオンの内圏ではオクタヘドラル型の白金族クロロアニオン錯体が形成され、その外側（外圏）において BisAA と白金族クロロアニオン錯体とが相互作用して会合体をつくることが示唆された。得られた小角散乱プロファイルを定量的に解析したところ、外圏では約2分子の BisAA が楕円状のシェル層を形成しており、ナノサイズ（長軸：3 nm、短軸：0.6 nm）の粒子が溶液中に一樣に分散していると推測される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】白金族、抽出錯体、溶媒抽出、抽出剤

【研究題目】酸素安定同位体連続観測と群落多層モデルを用いた森林生態系の呼吸・光合成の分離評価

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、石戸谷 重之
気象研究所：松枝 秀和、坪井 一寛
北海道大学：渡辺 力
（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本研究では、酸素安定同位体の同位体分別が光合成と呼吸で異なることを利用して、フラックス観測で得られる正味の大気-森林生態系間二酸化炭素（CO₂）交換量を光合成と呼吸に高精度に分離評価する手法を確立することを目的とする。この目的のために、H25年度は、同位体連続観測システムの開発、森林サイト（飛騨高山サイト）における現場観測および群落多層モデルの改良を進めた。

同位体連続観測システムについては、光源を耐久性が改良されたレーザに交換したが、その結果、従来のものとレーザの使用温度や射出光の広がり角度等の仕様が大幅に変更になったため、光学系の改造を行った。

飛騨高山サイトでの現場観測に関しては、年間を通して森林上におけるフラックス、森林内外のCO₂濃度、気象要素の連続観測データを取得し、現地訪問時に大気、水等の試料採取を継続して実施し、質量分析計により同位体比分析を行った。これまでに得られたデータより、夜間の土壌呼吸、葉呼吸、生態系呼吸（全呼吸）で放出されるCO₂の酸素安定同位体比を求め、さらに生態系呼吸に占める、土壌呼吸、葉呼吸の割合を算出し、着葉期におけるその季節変化を調べた。

群落多層モデル MINCER に関しては、大気中CO₂濃度の時間変動・鉛直分布の再現性の改良を継続して進めた。林内の鉛直混合のパラメータを変更した結果、改善が見られたが、依然として夜間に地表付近の濃度が高すぎたり、逆に鉛直濃度差が小さすぎたりする場合が見られたため、今後、原因を調べて改良を進め、当森林の炭素循環過程の分離評価の高精度化を図る。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素循環、安定同位体、群落多層モデル、森林生態系、レーザ分光

【研究題目】生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究

【研究代表者】和泉 博（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】和泉 博（常勤職員1名）

【研究内容】

環境負荷物質の健康影響は、アスベスト、粒子状物質（PM）、シックハウスなどにみられるように、異物が体内にとりこまれることが大きく関わっている。その際に起こる免疫反応やDNA構造変化を中心に、コンフォ

メーションの解析ツールを活用し、化学物質の構造活性相関の視点から明らかにする研究を行う。具体的には、赤外円二色性（VCD）解析から派生した立体配座コードを第一原理計算法に拡張し、X線結晶構造解析等の計測手法に組み込む基盤研究を行う。1000個を目標に生体高分子の立体配座コード構造データのデータベース化を行い、活性と相関を持った共通する動的構造因子を特定するとともに国際基準への採用を目指した活動を行う。

タンパク質3D立体構造にむけた超二次構造コード（SSC）を開発し、7494サブユニットの立体配座コード構造データをもつデータベースを作成した。本コード化解析手法をβカテニンのアルマジロリピートに適用したところ、hhshshh という非常に特徴的な構造フラグメントをもつことが見いだされ、アルマジロリピート構造を特定する構造因子として利用できることがわかった。また、自己/非自己の認識にかかわる免疫性因子のもつ特徴的な超二次構造（球状タンパク質に繰り返しみられるフラグメント構造）を見出した。免疫性因子に共通する超二次構造フラグメント（shhshss）は、リウマチ性因子だけではなく、肺胞蛋白症 GM-CSF 自己抗体やバセドウ病 TSH 受容体抗体にも存在していなかった。

さらに、VCD 分光解析の成果を活用し、製薬企業に立体配座探索手法を技術移転した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】データマイニング、超二次構造、タンパク質、ループ構造、構造アライメント、コンフォメーション、赤外円二色性

【研究題目】降水試料濾過フィルターを用いた元素状炭素粒子の現在・過去の地表面性沈着量評価

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

地方自治体での酸性雨測定の際に前処理に使用されている濾過メンブラン・フィルターに保持された元素状炭素を測定する手法を確定し、バックグラウンド地点（北海道利尻島）および都市域（札幌市）における過去のバルク（湿性+乾性）沈着量レコードを復元しつつある。利尻島でサンプル採取されている1997～2001年、2008～2012年の期間について分析が終了し、札幌についても1997～2001年、2011～2012年までの分析を終了した。

大都市である札幌と、きわめて人口密度の低い利尻島の元素状炭素沈着量の差は予想外に小さく、多い年でも札幌は利尻の2倍程度である。また、年による変動が大きい、そのパターンは両地点できわめてよく類似している。すなわち、大気中から地表面に主として沈着を起こすメカニズム（湿性沈着）の支配要因（降水量などの気象要素）、および両地点への長距離輸送による到達量により沈着は支配されており、札幌で発生した都市起源

の元素状炭素粒子がその場に沈着する量はあまり多くない。また、2000年、2001年の年間沈着量が突出して大きく、特に2001年の利尻における月間沈着量に4～5月に顕著なピークが見られ、シベリア森林火災の影響を大きく受けたものと考えられる。年間沈着量である10～50mg/m²/y の値は、先行する数値モデル研究による北半球中緯度帯での計算値と整合的である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、長距離輸送、元素状炭素、沈着フラックス、雪氷面アルベド、化石燃料燃焼、バイオマス燃焼

【研究題目】スマートパーティクルセンシングデバイスの開発

【研究代表者】野田 和俊（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】野田 和俊（常勤職員1名）

【研究内容】

大気中の浮遊粒子状物質（SPM）、特に PM2.5 などについて水晶振動子を利用した微量天秤測定手法（QCM）を応用して、特別な付加装置を使用することなく SPM を電極表面へ付着させるリアルタイム計測手法の検討を行った。

今年度は、引き続き SPM が付着しやすい高分子膜の作成とその評価を行った。検知膜を成膜するベースとなる電極金属の種類の違いによっても成膜が異なることから、金電極以外の各種電極を利用しプラズマ重合やディップ法、スピコート法などで作成して吸着検知特性を求めた。今年度はペンタフルオロスチレン系の薄膜を中心に試験を行った。その結果、昨年度実施したポリテトラフルオロエチレン系の薄膜との差はあまりなく、プラズマ重合膜の有効性が示された。この薄膜もエタノール、アセトンなどの VOC に対する検知感度は比較的小さく、湿度に対する影響も比較的小さいことが分かった。

これらの結果をもとに、SPM が多い作業環境に自然通気状態で一定期間放置し、その吸着特性について調査を始めている。

SPM 測定では測定流量が重要な要素となっている。一般的には500ml～1000ml/min が主である。このようにサンプル量が多い場合は問題ないものの、少ないサンプルの場合は課題が考えられるため、測定流量が少ない場合の吸着特性についても検討を行った、その結果、500ml 以下では吸着量がかなり少なく、QCM 検知が難しいことが示された。通気上の流路特性が異なっている可能性もあるため、この点を中心に引き続き検討する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】センサ、スパッタリング、水晶振動子、パーティクル、プラズマ

【研究題目】ハイブリッドゲルによる新規陰イオン吸着剤の開発

【研究代表者】日比野 俊行（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】日比野 俊行（常勤職員1名）

【研究内容】

吸着剤としての繰返し使用の知見を得るため、層状複水酸化物（LDH）において、炭酸型 LDH と塩化物イオン型 LDH の間での変換を繰り返した。ここで、炭酸型 LDH は層間陰イオンとして炭酸イオンを含有する LDH、塩化物イオン型 LDH は層間陰イオンとして主として塩化物イオンを含む LDH である。塩化物イオン型 LDH は、陰イオン吸着剤として使用できるタイプの LDH で、炭酸型 LDH は、層間イオンを炭酸イオンで脱着処理した後を想定したタイプの LDH である。炭酸型 LDH を、近年報告のあった組成を調整した酸溶液で処理する方法によって、塩化物イオン型 LDH に変換した。その後、塩化物イオンを炭酸ナトリウム水溶液に浸して脱着して炭酸型 LDH に再変換した。この処理を繰り返して行い、結晶性による相違を明らかにした。複合体では、比較的結晶性が低い LDH となる。結晶性が低い場合、炭酸型 LDH から塩化物イオン型 LDH への変換の際に、同じ水溶液系の処理液では、高結晶性 LDH に比べて、脱炭酸効率が悪く、塩化物イオンへの置換率が低くなるとともに、LDH の部分溶解の量も多いことが分かった。塩酸水溶液とエタノールの混合液での処理では、低結晶性 LDH の部分溶解を抑えられ、良好な条件で繰返し処理を行っていった場合には、この塩酸水溶液-エタノール混合液は低結晶性 LDH に有効であることが示唆された。また、風乾により、ハイブリッドゲル複合体を減量して使用する検討を行った。乾燥前重量当たりでの吸着量で比較すると、風乾サンプルは能力が低下していたが、一定の吸着能力は示すため、重量の大幅な低減によるメリットはあることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ハイブリッドゲル、層状複水酸化物、吸着剤、イオン交換

【研究題目】垂直細孔配列メソ多孔体膜付着グラフェンナノ複合体／複合膜の創製

【研究代表者】王 正明（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】久保 史織、吉澤 徳子
（常勤職員2名）

【研究内容】

高い電気伝導性を持つグラフェン層の両側面に規則構造性メソ細孔シリカのメソチャンネルが垂直に配向成長した高電導・不導体ナノ接合体の創製に成功したが、その生成機構が未解明である。このナノ接合体の生成機構を解明し、多様なナノ構造的付与できれば分子ふるい性能高性能センサー、分子選択的電気化学的応答媒体、薬物所包材など、多岐の分野における応用が見込まれる。本研究では、グラフェン酸化物、界面活性剤、無機酸化物源の三元分散系における自己組織化メカニズムを、合成

条件による複合構造変化や界面ミセル構造の直接観察から解明し、グラフェン層の厚みとポアサイズを制御した垂直細孔配列メソ多孔体・グラフェン複合体の合成法を確立する。H25年度において主に研究項目「合成手法の確立」に従事した。この研究項目においてメソポアのサイズ制御、PMS 膜の厚み制御などを主たる目標とした。長鎖アルキル四級アンモニウム界面活性剤の鎖長を変化（アルキル基の炭素数を変化）することによりメソポアのサイズ制御が可能であることが明らかとなった。反応温度、時間、組成比などの諸条件の中、反応時間が主に PMS 膜の厚みに影響を与え、反応時間が3時間から1週間を変えることにより、膜厚が12nm から40nm まで制御可能であることが分かった。このように複合体の構造解析と共に垂直ポア配列が実現できる最適条件を探り出すことができるようになった。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】グラフェン、規則性メソポーラスシリカ、垂直配列、複合体

【研究題目】電気化学的手法を用いた廃棄物系有機物からの高純度水素の製造技術の開発

【研究代表者】加茂 徹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】加茂 徹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、多様な廃棄物の中で塩素や臭素等の有害なハロゲン化合物等を多く含み、処理が困難な使用済み電子機器中のプラスチックから電気化学的手法を用いて燃料電池用の高純度水素を1段で製造するプロセスを開発することを目的としている。使用済み電子機器には、ニッケル等の水蒸気ガス化触媒や多孔質電極材として利用できる金属も多く含まれている。初年度は、水蒸気ガス化に対する反応系内に共存するニッケル微粒子の影響および熔融塩浴に電極を隣接させるために反応器の開発を検討した。①ニッケル微粒子存在下でフェノール樹脂を水蒸気ガス化するとニッケル微粒子が触媒となって650℃程度の比較的低温でもガス化が促進され、水素および二酸化炭素の生成が確認された。また、混合炭酸塩中にニッケル微粒が共存しても同様の触媒作用が観測され、使用済み電子機器を水蒸気ガス化することによってタール等の炭素質残渣をほとんど含まない金属を回収することができることが確認された。②固体酸化物電解質に炭酸熔融塩浴を接合し、水蒸気を炭酸塩に吹き込みながら700℃で試料を水蒸気ガス化し、生成したガスをエネルギーとして固体電解質表面に電位差を発生させる反応装置を試作した。

【分野名】環境・エネルギー

【研究題目】金属との相互作用を活用したグラファイト状窒化炭素の特性制御

【研究代表者】佐野 泰三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】佐野 泰三、筒井 咲子、堀 智子
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

可視光に応答する新しい光触媒として期待されるグラファイト状窒化炭素（ $g-C_3N_4$ ）の高活性化を目指し、グラファイト状窒化炭素への金属複合化手法を検討した。グラファイト状窒化炭素に含まれるアミノ基やシアノ基との相互作用のある Ru, Zn, Pd, Fe 等のイオンが添加しやすいと期待され、これらの金属を中心に研究を進めた。窒化炭素の前駆体であるメラミンと金属塩を混合して約550°Cで重合させる乾式高温重合法の検討では、アンモニアおよびアルゴン雰囲気での重合を試みたが、グラファイト状の層状構造や特異な光吸収特性を有する化合物は合成できなかった。金属イオンを含む水溶液中でグラファイト状窒化炭素を加熱（約150°C）する水熱添加法の検討では、Ru や Fe のアセチルアセトナート錯体の水溶液を用いると、グラファイト状窒化炭素とは異なる蛍光特性の針状の有機結晶が得られることが見いだされた。しかし、元素分析やX線光電子分光の結果から、取り込まれた金属イオン重量は窒化炭素に対して数%未満と見積もられ、窒化炭素を構成するポリマーの単位ユニットレベルで金属を取り込んでいるのではないと推察された。グラファイト状窒化炭素を剥離・微細化した後に金属を添加して複合体を形成する再構成法の検討では、窒化炭素を濃硫酸やアミンを含む溶媒に溶解することに成功し、今後の金属との複合化に有効な技術と期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グラファイト状窒化炭素、可視光応答型光触媒、空気浄化、有機半導体

【研究題目】リボソームタンパク質を指標とするアスペルギルス症原因菌の新規系統分類

【研究代表者】佐藤 浩昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】佐藤 浩昭、中村 清香
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

アスペルギルス症原因菌の一種である *Aspergillus fumigatus* 及びその関連菌種は、抗真菌剤に対する感受性が異なるため、特に医真菌学の分野でこれらの迅速かつ正確な種レベルでの分類が求められている。そこで本研究では、質量分析法を用いて約80種類のリボソームタンパク質（RP）をバイオマーカーとした、*A. fumigatus* 関連菌種の新しい分析法を開発する。平成25年度は、正確な菌種同定の基準となる分子量リストの作成と検証を行った。ゲノム解読株のRPの翻訳アミノ酸配列や遺伝子の塩基配列の情報を公共データベースから入手し、分子量を計算した。ここで、公共データベースに登録されているRPのサブユニットタンパク質の番号

に混乱が見られたため、相同性解析を行いながら酵母のRPに対して提案されている番号に付けなおした。次に、各ゲノム解読株のリボソームタンパク質を抽出・超遠心法による簡易精製法を検討し、得られたRPを質量分析した。その結果、半数以上のリボソームタンパク質の観測質量が計算質量と一致せず、公共データベースに登録されている情報が誤っていることを見出した。その原因としてDNA配列のイントロン/エクソン領域の誤判定により、CDS領域が誤ってアノテーションされていることを明らかにし、配列情報鵜を修正して *A. fumigatus* のほぼすべてのRPの発現質量を確定し、MALDI-MSを用いた *A. fumigatus* の迅速同定を行うための基準質量リストを完成した。次年度は、本法を用いて薬剤耐性が異なる *A. fumigatus* 関連菌種の識別を行う予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】*Aspergillus fumigatus*、リボソームタンパク質、質量分析

【研究題目】未知環境微生物群の機能強化による重金属汚染土壌のオンサイト修復技術の開発

【研究代表者】堀 知行（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】堀 知行（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、重金属汚染土壌におけるセレン還元反応（ Se^{6+} [拡散性・有毒] → Se^{4+} [非拡散性・有毒] → $Se(0)$ [非拡散性・低毒性]) に関与する未知環境微生物群の実体を解明し、当該汚染土壌の分子診断法および修復活性化法を提案することを目指す。本年度は、重金属汚染サイトでセレン還元を実際に担う環境微生物群を次世代シーケンス解析により同定した。セレン汚染サイトから採取した土壌を前培養に供し、当該土壌微生物群の代謝を活性化させた。さらに Se^{6+} を電子受容体、酢酸を電子供与体とする嫌気培養試験を行った。対照区として、1) オートクレーブ滅菌した当該汚染土壌に同様の基質を添加した系、2) 当該汚染土壌に電子供与体（酢酸）を加えるものの電子受容体（セレン）を添加しない系、の2種類を用意した。セレンの酸化還元動態の把握には ICP-AES と化学還元処理を組み合わせた方法を用い、酢酸濃度は HPLC により測定した。その結果、嫌気培養試験期間において Se^{6+} 濃度の減少が観察され、それに連動して Se^{4+} 濃度の上昇と酢酸分解が起こった。さらに生成された Se^{4+} は次第に減少していき培養終了時にはほぼ検出されなくなった。対照区では、そのような変化が見られないことから、セレンは土壌に内在する環境微生物群により還元されることが示された。培養土壌を経時的に採取し、DNA抽出後、16S rRNA を標的とした PCR および次世代シーケンスに供したところ、セレン還元が観察される時期に脱ハロ呼吸細菌として知られる *Dechloromonas* 属の新規細菌群が大幅に増加し

ていた。さらに *Bacillus* 属細菌も対照区と比べ有意に上昇していた。これまでに *Bacillus* 属細菌のいくつかはセレン還元を行うことが報告されている。本研究により、新規な環境微生物群が重金属汚染土壌におけるセレン還元に関与しており、当該汚染土壌の分子診断や修復活性化に中心的役割を担うことが強く示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】未知環境微生物、重金属汚染、バイオレメディエーション

【研究題目】希酸溶液による廃棄物含有貴金属の溶解に関する研究

【研究代表者】古屋仲 茂樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】古屋仲 茂樹、菅原 淑子、藤木 由美子（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究では毒・劇物を使用しない穏やかな条件下で貴金属を溶解させることで、リサイクル現場で活用可能な安全かつ高効率な貴金属溶解技術の開発を目指している。今年度は、湿式粉碎過程における基礎的溶解特性の解明を目的として、前年度に引き続き、金、パラジウムのメタル粉を0.5mol/dm³の濃度の希塩酸と二酸化マンガンを混合して、所定時間攪拌混合させてこれら貴金属の浸出挙動を調べた。今年度、得られた主な結果は以下の通りである。

貴金属の浸出速度について遊星ボールミルを用いた場合とボールミルを用いた場合を比較した結果、遊星ボールミルを用いた方が浸出速度は高く、最終的な溶解量も高いことが判った。また、通常のボールミルを用いた場合、ボールの充填量の増加に伴い Au の浸出率は増加した。ボールの充填によってよく攪拌された二酸化マンガンの溶解促進（塩素ガスの発生促進）、Au の微粉碎や活性向上が起こり浸出率が増加したことが示唆された。0.5mol/dm³の塩酸に NaCl により錯体形成剤である Cl⁻ を供給した浸出液を用いた溶解試験を行ったところ、NaCl2g を添加した系において、浸出時間2時間で Au の浸出率が100%（添加なしでは3時間で70%）となり、NaCl により浸出液中の Cl⁻濃度を増加させることが浸出速度の向上につながる事が判った。

電子基板に含まれる Au 及び Pd の溶解法の検討として、破碎・物理選別等で貴金属・レアメタルを一次濃縮した試料を対象に浸出実験を行ったところ、多量に存在する銅やニッケルなどの溶解に塩酸が消費され、貴金属の浸出速度は大きく低下した。このことから本溶解法の前処理として銅などの金属を十分に除く必要性が確認された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リサイクル、貴金属、粉碎、溶解、希酸

【研究題目】硫酸イオン活性化機能をもつ環境浄化用

触媒の開発

【研究代表者】忽那 周三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】忽那 周三（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、硫酸イオン活性化機能（環境条件下で硫酸イオンを硫酸イオンラジカルに変換し、硫酸イオンラジカルにより直接または間接的に汚染物質を除去する機能）をもつ環境浄化用触媒の開発を目的とする。H25年度は、反応速度は遅いものの、光照射下で上記機能をもつことが報告されている金属の硫酸錯イオンについて、光反応による硫酸イオンラジカルの生成効率を調べるための測定装置の整備と予備実験を行った。

拡散反射可視紫外分光測定装置を整備し、試料セル部分を加熱排気または加湿気体の流通により粉末試料の含水率を変化させることができる構造とした。また、閉鎖循環式反応装置を用いて、硫酸イオンを過剰に含む金属の硫酸錯イオン水溶液に光照射（地上に到達する太陽光の波長領域である300nm以上の波長領域の光照射）を行い、金属の硫酸錯イオンからの硫酸イオンラジカル生成を確認する予備実験を行った。硫酸イオンラジカルの捕捉剤としてトリフルオロ酢酸イオンを添加し、CF₃COOCF₃等の気相生成物を多重反射セルとフーリエ変換赤外分光光度計を用いて観察したが、硫酸イオンラジカルの生成を確認できなかった。一方、試料水溶液中の金属の硫酸錯イオンが光照射によりわずかに消失することを、320nm付近の吸光度の減少により確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境浄化、硫酸イオンラジカル、光触媒、拡散反射

【研究題目】地下圏炭素・エネルギー動態に関与する中核微生物群の同定と新機能解明

【研究代表者】堀 知行（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】堀 知行（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、これまでの分子系統解析から存在は知られているものの、未だ実体の明らかでない「地下圏炭素・エネルギーフラックスの根幹反応を担う未知微生物群」の生理生態を、独自に着想した分離培養技術に加え、Stable Isotope Probing (SIP) と次世代シーケンスとの融合によって明らかにし、これら中核微生物群の新機能解明を通して、今なお進捗しつつあると推定されるメタンハイドレートやナノパイライトの形成などの地下物質ダイナミクスの根本的理解を目指すものである。ここで標的とする炭素基質「CO₂、メタン、酢酸（代表的な C1, C2化合物）」とエネルギー基質「鉄（地球第4位の構成元素）」は地球を構成する根源物質であるため、その代謝に関わる未知微生物群の実体解明は、地下圏の生命活動全体を紐解くことに直結する。なお本研究には、2012年統合国際深海掘削計画第337次研究航海（IODP

Expedition 337)「下北八戸沖石炭層生命圏掘削」に自ら乗船し取得した海底地下コア試料および海底堆積物試料を主として用いる。本年度は、海底地下コアにおける微生物菌体量の乏しさを打開するため、コア試料をそのまま解析するのではなく、研究の第一ステップとして中核微生物群の集積培養系を構築した。IODP337で採取された異なる深度の海底コア試料15種を微生物接種源として用い、メタン生成菌、還元的酢酸生成菌、鉄還元菌などを標的とした44の培養条件を設定することで、660種の微生物集積系を構築し、さらに数ヶ月の培養を経て行った2度の継代により、合計で約2000種の集積培養物を取得することに成功した。また1代目の集積培養系の化学分析の結果、いくつかの微生物集積系からメタン生成や鉄還元、還元的酢酸生成などの重要な生物地球化学的反応が観察された。これまでに次世代シークエンサーを用いた微生物群集構造解析の立ち上げ・最適化を終えており、今後、当該地球化学的反応を担う未知微生物群の推定を行っていく予定である。さらに SIP と次世代シークエンサーの融合による未知微生物群の高感度機能同定法の確立に向けた事前検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地下圏炭素・エネルギー動態、微生物分離培養、Stable Isotope Probing、次世代シークエンサー

【研究題目】北極海海水・周辺氷河融解による有害化学物質再放出現象の定量的評価研究

【研究代表者】谷保 佐知（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】谷保 佐知、山下 信義、山崎 絵理子（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

（独）海洋研究開発機構の「みらい」MR13-06航海に参加し、北極海カナダ海盆、ポーフォート海、チャクチ海、ベーリング海、北部北太平洋で、表層海水、深層海水および海水の採取を行った。深層海水試料は CTD ロゼッタ採水（ニスキン）を用い、表層から深層まで、15層前後を各1リットル採取した。また同時に「大気試料低温捕集装置」をコンパスデッキからの大気捕集用配管と接続し、航路中の非汚染大気の採取を行い、スペシメンバンクの充実化を図った。

採取した水試料は、申請者が開発した国際標準分析法 ISO25101に準じて、固相抽出・液体クロマトグラフタンデム質量分析計を用いて行った。しかし、PFBA など一部の短炭素鎖の PFASs については、ISO25101の固相抽出法を用いると、海水試料からは十分な回収率が得られなかった。そのため、一連の PFASs についても十分な抽出効率が得られる新たな固相抽出カードリッジを開発し、海水試料についてはこの方法を用いて分析を行った。

その結果、北極海海水は南極海海水に比べ、PFASs

が数倍から数十倍高濃度で存在することが分かった。また大気試料中の揮発性を有する PFASs を測定するため、ガスクロマトグラフタンデム質量分析計を用いた分析法の開発として、測定条件の検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】北極海、氷河融解、PFOS

【研究題目】大気圧プラズマ由来ラジカル種の触媒等固体表面における反応機構解明

【研究代表者】寺本 慶之（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】寺本 慶之（常勤職員1名）

【研究内容】

大気圧プラズマ由来ラジカル種の触媒等固体表面における反応機構解明を目的とし、固体表面極近傍ラジカル種の計測手法確立を行った。これまでの研究において固体表面を這うプラズマ中（沿面放電）ラジカル種を正確に計測した例はなかった。初年度研究では表面反応に大きく関与すると予測される、固体表面から100 μm 以下の領域に生成されたラジカル種に焦点を当てその挙動観測を行った。ラジカル種の計測にはレーザー誘起蛍光法（LIF）を使用した。本研究では従来手法に加え新規計測手法を用いた。新規手法は従来手法で問題となるラジカル計測領域と固体表面とのギャップ（未計測領域）を解消し、固体表面極近傍ラジカル種の詳細な計測が可能である。計測対象は酸化反応において重要な役割を果たしていると考えられている OH ラジカルとした。大気圧プラズマには加湿空気中パルス誘電体バリア放電を用いた。新規計測手法を用い固体表面から100 μm 以下の領域で生成された OH ラジカルの密度分布及び時間変化を観測した。実験結果から OH ラジカルは固体表面から約100 μm の領域で主に生成され、生成領域の厚みは約300 μm であることが分かった。また時間変化から見積もった沿面放電ストリーマ中 OH 局所密度は数十 ppm 程度であり、コロナ放電とほぼ同等の密度であることが分かった。投入エネルギー増大に伴い OH 生成量が線形に増加したが、ストリーマ中局所密度に大きな変化は見られなかった。これより、投入エネルギー増大に伴いストリーマ領域が上昇することが OH 生成量増加の要因と考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気圧プラズマ、ラジカル、触媒、レーザー計測

【研究題目】放射性降下物大気輸送モデリングと移行過程の理解

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭（常勤職員1名）

【研究内容】

本年度は特に事故初期における放射性物質の拡散・沈着に関して、環境データとシミュレーションにより推定

できることを順次記述していくことを行った。はじめに Katata et al. (2012) の発生源情報を用いて3月15日の放射性物質の拡散と沈着の計算を実施した。計算に用いているモデルは AIST-MM で、関東から南東北を含む約600km 四方の第一領域の結果を用いて福島第一原子力発電所を中心とした約300km 四方の計算を約1km の格子間隔で one-way nesting により計算した。AIST-MM は降水過程を含まないため、降水量はレーダー・アメダス解析雨量を用いた。外側領域の気象の境界条件は GPV/MSM の3時間毎の計算の初期値を用いていた。また大気中の拡散は Euler 法により計算を行った。放射性物質は15日早朝には関東地方へ輸送されたが、このときは低空を運ばれてきているのに対し、午後からは上空に運ばれ、高濃度の放射性物質は阿武隈高地の上の地上1000m-2000m 付近を輸送されていた。また中通り南部には午前中に関東地方に拡散した放射性物質が南風に乗って大気境界層中に拡散しながら北上をしている結果が得られた。沈着量の計算結果はほかの多くの計算例と同様中通り地区での沈着量を過小評価し、宮城県南部での沈着量を過大評価する結果となった。

環境測定データとして空間線量率が多く存在するため、AIST-MM の結果から空間線量率を計算できるようにした。空間線量率を計算するためには多くの仮定が必要であり、その一つが放射性核種の割合である。ここでは、Katata et al. (2012) のセシウム137の値を基本とし、セシウム137が1に対し、セシウム134、テルル132、ヨウ素132、ヨウ素131、キセノン133の発生量を1:10:10:10:100で与えた。発生源を与える高度は地上20m~40m の格子とし、キセノンは沈着しないとした。空間線量率の計算は田崎 (2011) の手法を参考とし、福島第一原子力発電所と福島第二原子力発電所における空間線量率を計算し、実測値と比較した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】放射性物質の拡散・沈着、空間線量率

【研究題目】リボソームタンパク質をバイオマーカーとした質量分析法による *Aspergillus* 属真菌の新しい系統分類法の開発

【研究代表者】佐藤 浩昭 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】佐藤 浩昭、中村 清香
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

真菌は、これまで形態学および有性生殖能に基づいて分類されてきたが、真菌の多くは有性世代を持たないため、最近では分子進化系統に基づいた分類への移行が検討されており、新しい系統分類手法の開発が望まれている。そこで本研究では、あらゆる生物に存在するリボソームサブユニットタンパク質 (RP) を指標とした真菌の新しい分類手法の開発を目的とする。有性世代をもつ *Neosartorya fischeri* が無性世代の *Aspergillus*

fumigatus と極めて近縁であり、遺伝学に基づく再分類で統合されることになっている。この妥当性を評価するために、リボソームタンパク質の変異から見たこれらの類縁性の評価を試みた。*N. fischeri* および *A. fumigatus* の試料菌株の RP を質量分析したところ、*N. fischeri* と *A. fumigatus* は大半のサブユニットの質量が完全に一致することを見出した。以上のことから、形態学および有性生殖能に基づいて別属に分類されていた *Neosartorya* 属真菌と *Aspergillus* 属真菌は、ハウスキーピングタンパク質である RP は高度に共通しており、遺伝学的には同属とみなせることを支持する結果を得ることができ、本法が真菌の系統分類に有効な手段であることが示唆された。次年度は、さらに適用範囲を拡張し、他の *Aspergillus* 属真菌の分類を行う予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】*Aspergillus*、真菌、リボソームタンパク質、質量分析

【研究題目】質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析

【研究代表者】高橋 勝利

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】高橋 勝利 (常勤職員1名)

【研究内容】

シロイヌナズナの芽生え・根をはじめとして様々な植物の様々な組織をテスト試料として、質量顕微鏡観察のための試料調製法を確立した。植物組織には細胞壁があり、細胞壁を取り除かないと細胞内部の物質にアクセスが出来ない。しかし常温下で細胞壁を取り除くと膨圧によって細胞が破裂してしまう。このため植物組織を急速凍結固定して極低温下で薄切し、細胞壁を取り除き細胞内部を露出させた状態で乾燥試料を作成する必要がある。しかし、シロイヌナズナの芽生えなどの柔らかい組織は凍結切片を作成せずとも、直接導電性ガラスの上に糊付けして測定するだけで、直接質量顕微鏡測定を行えることを見出した。

本年度は使用する全固体紫外線パルスレーザーの繰り返し周波数を100Hz から1kHz に変更し、それに伴って、レーザー集光光学系を一から設計し直して実装した。また、装置改造に伴い、新しいイオン源制御プログラムを開発した。この改造により、従来の測定時間を3分の1から半分短縮することに成功した。

また、質量顕微鏡装置から出力される巨大な (数100GB) データからピークピッキングを行いファイル容量を数百分の1に圧縮するソフトウェア群の整備及び、質量顕微鏡データをビジュアライズし、特徴のある分布を示すイオンを選び出すための祖父号エアの開発を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】質量顕微鏡、フーリエ変換型質量分析計、

MALDI、イメージング、植物組織

〔研究題目〕超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析

〔研究代表者〕大久保 雅隆
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕大久保 雅隆、全 伸幸、志岐 成友、
浮辺 雅宏(常勤職員4名)

〔研究内容〕

超伝導体を厚み数10nm、幅1 μ m以下のナノサイズにすると、イオンの衝突を高感度かつ高速で検出でき、その性能は従来技術を上回ることができる。この検出器は、イオン衝撃により発生したフォノン(格子振動の量子)により、超伝導状態が壊れて抵抗状態が出現することを利用する。我々は、厚みが40nm、線幅が1 μ mのニオブ超伝導ストリップ線をメアング状に加工し、さらにそれらを並列に接続することにより2mm角の超伝導ナノストリップライン検出器を実現しており、生体分子に対する応答速度は1.2nsである。平成25年度は、ストリップ線の並列接続に由来する超伝導電流の分配機構を解明し、カウントロス問題を克服した。

また、超伝導磁束量子(Single Flux Quantum: SFQ)は、数10ps以下の超高速なフリップフロップとして動作させることが可能な次世代技術であり、SFQをカウンタとして用いる時間デジタル変換器(Time-to-Digital Converter: TDC)の実現が待ち望まれていた。本年度は、2mm角の超伝導ナノストリップライン検出器からの生体分子検出信号を24-bitのSFQ-TDCに入力し、質量スペクトルを得ることに成功した。本研究は、SFQをTDCとして動作させた世界初の成果であるのみならず、超伝導検出器と組み合わせて実際に生体分子の質量スペクトルを得ており、インパクトは非常に大きい。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕質量分析、ナノ構造、超伝導検出器、超伝導デジタル回路

〔研究題目〕レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精細医用イメージング技術の研究

〔研究代表者〕山田 家和勝
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕山田 家和勝、黒田 隆之助、平 義隆、
豊川 弘之、福山 直人
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、小型電子加速器と高出力レーザーを駆使したレーザーコンプトン散乱準単色硬 X 線(LCS-X線)の高収量発生技術とその医用イメージングへの適用手法の研究を目的とする。

LCS-X線ビームのエネルギー(波長)は、ビーム中

心と周囲の部分で異なることを利用し、X線エネルギーを吸収端近傍に正確に調整する手法を確立した。コンプトン散乱においては、照射する X 線ビームの中心ではエネルギーが高く、周辺部はエネルギーが低いという特性がある。この性質を利用して、ビーム中心より3.5ミリラジアンオフセット角度を設け、そこを撮像の中心位置とした。対応する X 線エネルギーは37.4~39.1keVとなる。電子加速エネルギーを調整する事でも X 線エネルギーの調整は可能であるが、軌道の補正や時間同期の再調整などを行うこととなり、非常に時間のかかる作業である。調整の精度も数eV~数10eV程度であり、実用的ではない。本手法を用いると照射 X 線エネルギーを高い精度で微調整可能となり、従来の方法より格段に低線量で血管造影が可能であることが分かった。

タルボ干渉は、2枚の透過型 X 線格子を用いて X 線の位相変化を検出する手法であり、吸収測定ではコントラストが付きにくい軟組織の構造も鮮明に撮影できる。産総研 LCS-X 線源を用いた実験配置では、光源から十分な距離を取ることができないことから、タルボ・ロー干渉計を用いる方法を考案し、干渉イメージングが可能であることを示した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕小型電子加速器、高出力レーザー、レーザーコンプトン散乱、単色 X 線、放射線、線量測定・評価、医用・生体画像

〔研究題目〕イオン・陽電子同時照射系を用いるトランジェント陽電子計測法の開発

〔研究代表者〕木野村 淳
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕木野村 淳、大島 永康、
B. E. O'Rourke、鈴木 良一、
西島 俊二(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

電子直線加速器を用いた低速陽電子ビーム源では、加速器の電子パルスと同じ時間構造で発生する瞬間的に非常に強いパルス陽電子ビームが得られる。このような電子加速器による陽電子源の特徴を生かし、パルスイオンビームとパルス陽電子ビームを同期して固体材料に照射し、イオン照射誘起欠陥の過渡状態を評価することが可能な新しい測定法を開発する。平成25年度はビーム制御技術の開発と照射実験をそれぞれ以下の様に進めた。陽電子ビーム制御技術として、インダクションバンチャーによる陽電子パルス制御装置実験を行った。インダクションバンチャーシステムに対し、計算により求めた高周波変調波形とバイアス電圧を印加し、試料上に到達する陽電子の時間構造を調べた。連続的な陽電子ビームを照射した場合に、パルス化電圧振幅10Vとした時に、半値幅約50nsまで陽電子を圧縮することができた。この結

果からインダクションバンチャーに印加する波形を最適化することで、陽電子の時間構造を制御できる事を示した。また照射誘起欠陥計測技術として、純 Ni と溶融石英試料に対して、温度を変えて複合ビーム照射を行い、陽電子寿命スペクトルの変化を調べた。純 Ni 試料に対しては、試料温度500°Cとした場合、表面からの陽電子の再放出が顕著になった。再放出ピーク強度はイオン照射で表面に欠陥が導入されることにより縮小するが、ビーム照射中だけ強度が低下し、照射後に回復する現象が見られ、照射中の過渡的な欠陥が評価できる事が示された。一方、石英試料に対しては、ポジトロニウム形成に起因した ns オーダーの陽電子寿命成分に着目してイオン照射を行なった。室温から400°Cまで温度を変えながらイオン照射すると、欠陥の蓄積速度は照射温度に大きく依存する事が1回の実験で観測でき、その場測定の有用性を示した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】陽電子消滅分光、照射損傷、その場分析

【研究題目】分子トンネルイオン化の量子制御を利用したレーザー場フーリエ合成

【研究代表者】大村 英樹

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大村 英樹、齋藤 直昭

(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究課題の目的は、2色の位相制御レーザーパルスによる気体分子の異方性トンネルイオン化の量子制御技術を多色の位相制御レーザーに発展させ、従来技術では困難であった課題に対して原子分子制御の質的転換を目指した新しい方法論を提示することである。具体的な課題は、1. 多色位相制御レーザーパルスにおいて各周波数成分の相対位相の計測と制御が可能な、レーザー場フーリエ合成装置の作製、2. フーリエ合成された多色位相制御レーザーパルスによって駆動された光電子の運動を追跡するイオン-光電子同時検出装置の高性能化、3. 強いレーザー場による分子トンネルイオン化の精密な理論の構築と実験との詳細な比較検討である。

各課題に関する今年度の成果は以下の通りである。

1. ナノ秒 Q スイッチ YAG レーザーの高調波の相対位相を制御する多色位相制御レーザーパルス発生装置を作製した。昨年度の3色位相制御レーザーパルスから4色位相制御レーザーパルスに発展させ、4色位相制御レーザーパルスを3原子分子 (OCS) に照射する実験を行い、位相に強く依存する配向選択分子イオン化の観測に成功した。
2. 電解イオン顕微鏡を基本構造とした原子分子溜め込み型真空チェンバーによるイオン-光電子追跡装置の改良を行った。従来の10Hz から1KHz の繰り返し周波数のレーザー照射による実験が可能となった。

3. シーガート漸近理論をもとに、弱電場漸近理論を開発し、その高次補正項、分子内の角運動量の効果、多系の理論を構築し、計算コードの開発を行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

【研究題目】レーザーコンプトン散乱 X 線による可視不能生体材料のリアルタイム可視化装置の開発

【研究代表者】豊川 弘之

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】黒田 隆之助、平 義隆、田中 真人、

三浦 永祐、鶴島 英夫

(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

本研究は、小型電子リニアックと高出力レーザーとを駆使したレーザーコンプトン散乱 X 線発生技術の高度化によって、可視不能ステントのような体内に注入した超微細構造材料をリアルタイムに可視化する技術を開発することを目的としている。

本年度は、衝突用チタンサファイアレーザーの発振器が故障したため修理を行った。修理完了後、フェムト秒レーザーパルスの発生に成功し、大口径の波長変換結晶により2倍高調波光の確認に成功した。本研究におけるレーザーと電子ビームを衝突させるための真空チェンバーには、蛍光板を用いたビーム位置モニターの導入機構とともに、レーザー光学素子を真空容器内に配置する必要がある。既存チェンバーでは開口部が小さく、大径の光学素子を挿入することが困難であったため、上部に開閉機構を有し、内部に光学素子設置用のタップ機構のある真空チェンバーを設計・製作した。上記チェンバー設置後、レーザーコンプトン散乱 X 線生成・イメージング実験では、約35MeV の電子ビームを用いて約28keV の X 線を生成した。光源から約1.8m 地点にステント及び塞栓材であるコイルを、約4.0m の地点に検出器 (イメージングプレート) を設置し、拡大系 (2倍程度) によるイメージングを行い可視化に成功した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源

【研究題目】二成分系ガスハイドレートのケージ占有性とゲスト-ホスト間相互作用

【研究代表者】竹谷 敏 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】竹谷 敏、藤久 裕司 (常勤職員2名)

【研究内容】

多孔質材料におけるガス吸着量や、結晶中に包接されるガス量、および、結晶の特性を計測・評価する技術の確立を目指している。本研究では、環境・エネルギー分野において期待されているガスハイドレートのうち、

CO₂やCH₄が他種のゲスト分子と一緒に包接されるガスハイドレートを対象とし、ケージ内でのゲスト分子の分布状態、分子数を決定するための新たな測定、解析手法を確立、提案するとともに、水分子で囲まれた結晶中のナノスペースでのガス分子と水分子との相互作用を理解し、ガスの貯蔵メカニズムを明らかにすることを目標としている。

今年度は、低温粉末 X 線回折測定により、ブタン（ノルマルブタン、イソブタン）をゲスト分子として包接するガスハイドレート試料の粉末 X 線回折による精密構造解析を実施した。粉末 X 線解析手法と分子動力学計算機実験とを併用することにより、ガスハイドレート中のブタン分子のケージ占有率の算出、および、温度変化に伴うゲスト分子のケージ内での分布と、ブタン以外にメタンをゲストとして含む場合と含まない場合でのケージ構造の変化を調べた。いずれのブタンもケージ中での自由回転を示唆する分布状態であることが明らかになった。また、メタンがヘルプガスとして包接される場合、ホストである水分子で構成されるケージサイズにほとんど影響を及ぼさないことが明らかとなった。これらの結果は、メタンのような小さな分子の構造安定性に及ぼす影響の理解に有効と考えられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】X線構造解析、包接化合物、ガス貯蔵

【研究題目】有機導体の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発

【研究代表者】池浦 広美

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】池浦 広美 (常勤職員1名)

【研究内容】

有機分子が電気伝導性を示すためには、隣接する分子間を電子が自由に動く必要がある。そのため、分子設計においては分子間での軌道の重なりや電子の動きやすさに関する情報が不可欠である。本課題では、我々が提案した内殻正孔寿命（フェムト秒からアト秒）を利用した伝導電子の動的計測手法を、電荷移動により電子が不足した軌道（HOMO）や非占有軌道（LUMO）などの、他の計測法では観測することが困難な空軌道（伝導帯）の非局在性（電子の動きやすさ）に関する情報を得るとともに、新たな計測手法として確立することを目的とする。

本研究の最終年度にあたる今年度は、太陽電池において重要な役割を持つ電荷分離に関して本計測手法を用いて検討することで、電子状態に関する情報を得るとともに計測手法の評価を行った。太陽電池をモジュール化することなく、有機薄膜の電子物性を測定することで性能が評価できれば、効率的に素子の高効率化などの研究開発を進めることができる。本研究では、バルクヘテロ接合（BHJ）型と呼ばれる有機薄膜太陽電池で広くに用

いられている材料を使用した。ドナー分子にレジオレギュラー-ポリ（3-ヘキシルチオフェン-2,5-ジイル）（RR-P3HT）、アクセプター分子に[6,6]-フェニルC61醜酸メチルエステル（PCBM）を用いて混合させ、ドロップキャスト法により配向膜の作製を行い、X線吸収分光による偏光測定や共鳴オージェ電子分光（RAS）測定を行った。RR-P3HT/PCBM フィルム中のP3HT分子の配向はP3HTフィルムと比べて大きな差異は観測されなかった。RAS測定では電荷分離に関わる速い電子移動は観測されなかったが、RAS測定によるピーク分離の結果、RR-P3HT分子の空軌道の一つである σ^* （C-S）ピークの減少が観測され、電子状態が変化していることが明らかとなった。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】電子状態、放射光、オージェ電子、有機導体、X線吸収分光、電子移動

【研究題目】固体NMRによる固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価

【研究代表者】林 繁信（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】林 繁信、治村 圭子（他2名）

【研究内容】

多孔質材料における吸着、分離、触媒などの機能は、細孔やメソ孔のサイズだけではなく、その内表面の性質に大きく依存する。本研究では、多孔質材料における内表面の性質を計測・評価する技術確立することを目的とした。機能として酸触媒機能に着目し、酸強度および酸量の計測・評価を行った。手法として固体NMR法を用い、酸性質を担う「水素」を直接観測するとともに、分子をプローブとして細孔やメソ孔に導入してその分子の挙動（吸着サイト及びダイナミクス）を固体NMR法によって詳細に観測することにより、内表面の性質を評価した。プローブ分子として、リン（P）を含む塩基性有機化合物、トリメチルホスフィンオキシド（TMPO）を用いた。³¹Pは天然存在比100%であり、NMRにおいて比較的感度の高い核種である。細孔もしくはメソ孔を持つ物質としては、ゼオライトやその類縁化合物、メソポーラス物質を取り上げた。

TMPOを導入する方法として、従来から用いられてきた溶媒を用いた方法（溶媒法）では多孔質材料によっては溶媒が残留してしまったため、溶媒を使わないで気相から直接導入する気相法を考案して溶媒の影響をなくした。気相法では、プローブ分子の導入温度を373Kに上げることによって、TMPOをより均一に導入することができた。さらに、TMPOの導入量を増加させることができた。ZSM-5型ゼオライトでは、90~60ppmの範囲に観測された³¹Pシグナルはブレンステッド酸点に吸着したTMPO、60~40ppmの範囲に観測されたシグナルはブレンステッド酸点以外に吸着したTMPOに

帰属された。以上により、酸触媒機能を持つ多孔質材料における酸性質を計測・評価する技術を確立することができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】固体 NMR、固体酸触媒、酸性質、計測・評価、多孔質材料、プローブ分子

【研究題目】指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発

【研究代表者】遠山 暢之

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】遠山 暢之 (常勤職員1名)

【研究内容】

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 積層板に内在する衝撃損傷を、一箇所にのみ配置した超音波アレイド探触子を用いて検出・位置同定することが可能な全方位損傷モニタリングシステムを開発することを目的としている。本年度は、最適設計した複数の圧電素子からなる放射状アレイド探触子および発信子を CFRP 積層板に配置して、本アレイド探触子からラム波の送受信を行うことによって、人工的に導入した衝撃損傷の検出および位置同定が可能かどうかの検証を行った。

高アスペクト比形状のラム波ゼロ次非対称モードに対して顕著な指向性を有する圧電素子を8つ用いて、45度間隔で放射状に配列させたセンサ網を構築し、中央部に全方位に等方的にラム波を放射できる円形の発信子を配置した発信・受信アレイド探触子を CFRP 積層板上に貼り付けた。本 CFRP 積層板にハンマーによる衝撃損傷を複数導入し、これらを検出さらには位置同定できるかどうかをこれにまで開発した解析手法を利用して検証を行った。

レーザー超音波伝搬可視化技術の適用によって、円形の発信子から全方位に放射され、CFRP 積層板中を伝播したラム波が、衝撃損傷部で反射されることが確認された。その反射エコーを各圧電素子で検出し、各反射エコーの振幅を比較することによって定量的に衝撃損傷の方位を導出することに成功した。さらに反射エコーの到達時間を基にして、センサー損傷間距離についても併せて定量的に導出することができた。最終的に得られた方位と距離の情報から衝撃損傷の2次元位置を同定できることが実証できた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】炭素繊維強化プラスチック、超音波、板波、非破壊検査、圧電素子、アレイド探触子

【研究題目】水晶振動子型水素漏洩検知器の屋外使用のための温度・湿度補正法に関する研究

【研究代表者】鈴木 淳 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】鈴木 淳 (常勤職員1名)

【研究内容】

水晶振動子センサーベースライン値への温度校正法として水晶振動子センサーとして用いられる水晶振動子とは別の水晶振動子を用いて温度を同時測定する方法を試みた。これら2つの水晶振動子を持つ測定器には水晶振動子センサーベースライン値の温度依存性の結果が入力されており、得られた温度の情報から温度変化分を求めることができ、この分を実際の値から相殺することにより温度校正する。この測定器を真空装置に取り付け、大気圧の窒素を封入した後測定器周辺の温度を変えて測定した。この温度校正を行うことにより以前は温度によるベースライン値の変動が水素濃度換算で0.6vol.%であったところ、これを0.2vol.%にまで低減することができた。

また水晶振動子センサーベースライン値への湿度の影響について調べるため、温度一定の条件で湿度を変化させるとベースライン値は湿度とともに減少し、粘性及び分子量の相対的な減少と一致した。出力の湿度依存性を三次関数で近似し、これにより湿度による変化分を相殺することにより湿度による変動を水素濃度換算で1.0vol.%以下に抑制した。

さらに水晶振動子センサーベースライン値への湿度の影響を排除するため、湿度成分だけを吸着、除外するガスフィルターを用いることにより湿度校正を行う方法について検討した。湿度が0~100RH%と変化した際のベースライン値の変化はガスフィルターなしの場合と比較して小さく、圧力校正しないベースライン値でもその変化は最大水素濃度換算で0.5vol.%であった。したがってこのガスフィルターを用いることにより水晶振動子センサーベースライン値への湿度の影響は水素濃度換算で1.0vol.%よりも十分に小さい値にまで抑制できることがわかった。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】水素エネルギー (製造・吸蔵・貯蔵等)、水素濃度計測、水素漏洩検知、燃料電池、次世代自動車

【研究題目】イオン価数弁別可能な超高速超伝導ナノストリップライン分子検出器の開発

【研究代表者】全 伸幸

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】全 伸幸 (常勤職員1名)

【研究内容】

従来の質量分析法で測定可能な物理量は、測定対象となる分子の質量電荷比 (m/z) であり、単量体の1価イオンと二量体の2価イオンを区別することができない。開発中のパラレル型超伝導ストリップイオン検出器 (Superconducting Strip Ion Detector: SSID) は、1ns 程度の高速応答性を示しながら、1価のイオンと2価のイオンに対して異なる波高値を出力するという初歩的な実験データが得られているが、価数弁別能を吟味する

ためには、パラレル型 SSID 特有のブロードな波高値分布を修正する必要がある。最近の研究により、このブロードな波高値分布は、検出器内における超伝導電流の再分配が原因であることが分かっているが、パラレルに接続された各ストリップラインにバイアス抵抗を接続することで、ブロードな波高値分布を修正することができる。

本年度は、バイアス抵抗を有するパラレル型 SSID を実現するために、様々なアプローチを試みた。結論として、ストリップラインを加工したり、ストリップライン上に常伝導金属 (Au) を製膜することは、検出器チップの温度上昇や超伝導特性の劣化を招く結果となった。一方、各ストリップラインと検出器ホルダをボンディングワイヤで接続することにより、検出器チップへの熱流入を数十 μW 程度に抑制し、ボンディングワイヤをバイアス抵抗として機能させることが可能であることが分かった。今後、バイアス抵抗を有するパラレル型 SSID を用いてシャープな波高値分布を確認し、イオン価数による出力波高値の違いの起源を明らかにする。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】質量分析、検出器、超伝導、価数弁別、価数分離

【研究題目】近接場過渡吸収イメージング分光装置の開発と次世代有機太陽電池への応用

【研究代表者】松崎 弘幸
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】松崎 弘幸 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、近接場顕微鏡技術を始めとする顕微分光技術とフェムト秒時間分解分光技術を組み合わせ、数百ナノメートルオーダーの高い時間分解能を実現する過渡吸収イメージング分光装置の開発と、開発した同装置をナノ構造体の一つである各種有機薄膜太陽電池に適用し、それら太陽電池において、光生成した励起子や電荷の振る舞いを高時間分解能・高空間分解能で精密に追跡し、実証的に把握することで、電池性能の向上を阻む要因を明らかにすることを主な目的とする。

平成25年度は、励起光と検出光を独立に位置制御し、光励起種の時空間ダイナミクスを、高感度・高空間分解能・広時間領域で追跡可能なフェムト秒過渡吸収イメージング分光装置の開発を目指して、その要素技術の構築・システム開発を行った。これまでに、光学系配置の簡略化、レーザー本体内の共振器の高安定化、高性能 AD 変換器による雑音低下等の最適化によって、特に信号検出感度の観点で着実な進展を遂げ、既存装置の10倍以上の高感度化を達成して、世界最高レベルの微弱な光誘起吸光度変化 (5×10^{-5} 以下) の計測に成功した。一方これと並行して、観測時間領域の広域化に向けて、通常の光学遅延方式では困難な時間領域 (>5ns) での過渡吸収測定を可能にする為に、光学遅延方式と融合する

形で、新たにレーザーダイオード (連続光) を検出光源、高速フォトダイオードと高速オシロスコープを光検出器として導入し、光学系および検出系に組み込んだ。また、励起光と検出光を独立に高精度に位置制御するために、検出光側の対物レンズのピエゾ可動ステージへの組み込みを行った。これら個々の要素技術の開発を踏まえて、光学系および測定ソフトウェア開発を含む信号処理系等の整備はほぼ完了の段階に到達しており、来年度以降実材料測定に適用していく予定である。また、本装置に向けて開発した高い信号検出感度を活用して、有機薄膜太陽電池の光電変換過程の解析を行った。その結果、従来装置では困難であった微弱光照射下での有機薄膜太陽電池のフェムト秒過渡吸収計測を実現し、励起子寿命と拡散定数の定量評価、及び電荷分離過程と太陽電池性能の相関の明確化に成功した。これらの知見から、目標とする有機太陽電池の高効率化には、構造的に電荷分離しない不活性部位に関する対処が必要である事を明らかにした。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】有機薄膜太陽電池、フェムト秒過渡吸収分光、顕微分光、光電変換

【研究題目】生体光計測のための強度相関イメージング技術の研究

【研究代表者】白井 智宏
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】白井 智宏 (常勤職員1名)

【研究内容】

予防医学分野において重要視されている生体光イメージング技術の性能を飛躍的に向上させるブレークスルーとして、光の強度相関に基づく量子イメージングの原理が有望であることを見出してきた。本研究では、この技術の実用化に向けた新しい展開として、量子イメージングの特徴を活かしつつ、量子光源を使用せずに生体イメージングへの応用に適した強度相関イメージングを実現する方法の確立を目指す。具体的には、検出光学系を大幅に単純化するために、半導体光検出器における二光子吸収を利用した古典的強度相関検出法の適用可能性を検証する。また、高感度かつ機械的な走査が不要な古典的強度相関に基づく断層イメージング (OCT: Optical Coherence Tomography) 技術を新たに構築する。

平成25年度は、量子 OCT と周波数領域の従来型 (古典的) OCT を融合することにより、古典的強度相関に基づく周波数領域の OCT 光学系を考案した。その動作に必要な信号処理として、この光学系の2つのポートから出力される光のスペクトルについて、その中心周波数を基準として対称に配置されたスペクトル成分間の強度相関を評価した。光のコヒーレンス理論に基づく理論解析の結果、この光学系を利用すると従来型 OCT に比べて奥行き分解能が約1.4倍改善されること、および被測

定対象の分散の影響が自動的に相殺され、分散に伴う分解能の低下が生じないことが明らかとなった。さらに、断層イメージングを行う際に、機械的走査が不要、高速の検出器が不要、および入射光として連続光に加えてパルス光も使用可能であることなども明らかとなった。これらの結果により、量子 OCT に匹敵する性能をもつ OCT を、比較的簡素な光学系および信号処理によって実現する理論基盤を構築することができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】生体医用光計測、強度相関、断層イメージング

【研究題目】基板吸収型超伝導トンネル接合 X 線検出器の開発

【研究代表者】志岐 成友

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】志岐 成友 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、微細加工されたシリコン単結晶を吸収体とする超伝導トンネル接合 (STJ: Superconducting Tunnel Junction) 検出器を開発し、5.9keV において 100eV 以下のエネルギー分解能を実現し、蛍光収量法による微量元素の X 線吸収分光を実現することである。この目的を達成するため、STJ 検出器を形成したシリコン基板に微細加工を施しピクセル状の吸収体を形成する技術の開発と、シリコン基板に施す加工が STJ 検出器に与える影響の評価を行っている。

今年度は3年間の科研費のプロジェクトの初年度で、シリコンピクセル吸収体を有する STJ 検出器の初めての試作となる。1回目の試作では歩留まりは7割で、3割の素子には断線が見られた。断線の原因は、冷却時のストレスにより深溝加工部分に亀裂が生じ、その亀裂が成長したことでありと考えられる。2回目の試作では亀裂が生じないよう素子構造を変更した。90%以上の歩留まりが得られた。5.9keV の X 線に対するエネルギー分解能は 150eV@5.9 keV で、目標に近い値が実現された。製作した検出器を高エネ研・フォトンファクトリー-BL-11B で使用し、2~4keV での X 線吸収分光に利用できることを実証した。今後、エネルギー分解能の改善を目指し、試作と評価を継続して行う。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】蛍光 X 線分析、X 線吸収分光、超伝導トンネル接合、エネルギー分解能

【研究題目】イオン液体を用いた高集束性液滴ビーム源の開発：有機系試料の高精度 SIMS への展開

【研究代表者】藤原 幸雄

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】藤原 幸雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

二次イオン質量分析法 (Secondary Ion Mass Spectrometry: SIMS) は、一次イオンビームを試料表面に照射することで生じた二次イオンを質量分析する手法である。分析対象が無機材料の場合には、酸素やセシウム等のイオンビームが用いられ、高い面分解能の SIMS 分析が可能となっている。一方、有機材料の場合には、イオンビーム照射に起因する有機分子の解離 (= フラグメンテーション) が避けられず、分子量の大きな二次イオンはほとんど検出できないという問題があった。

ところが、近年、炭素や金等のクラスターイオンを一次イオンビームとして用いることで、比較的大きな有機分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。

本研究は、有機系試料に対する SIMS 分析の更なる高度精度化を目的として、イオン液体を高真空中でエレクトロスプレーする方式の帯電液滴ビーム源を開発し、SIMS 分析に応用するものである。イオン液体は、室温においても液体状態である塩 (えん) の総称である。蒸気圧がほとんど無いため、真空中でも蒸発せずに液体として存在し、またそれ自体がイオン性の液体であるため、高真空中においてもエレクトロスプレーが可能であることが大きな特徴である。

本年度は、イオン液体を真空中でエレクトロスプレーする方式の簡易的な帯電液滴ビーム源を SIMS 装置に設置し、SIMS 実験を実施した。結果として、イオン液体ビームを用いて有機系試料の SIMS 分析が可能であることを示すことができた。なお、解決すべき技術課題があることも明らかとなったが、エレクトロスプレー部の改造を行うことで解決の目途を得ることができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】表面分析、イメージング質量分析、イオン化

【研究題目】構造体健全性診断のための超音波伝搬可視化法による定量的非破壊評価

【研究代表者】山本 哲也

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】山本 哲也 (常勤職員1名)

【研究内容】

パルスレーザー走査により得られた画像データにおける円形状エコープロファイルに注目し、試験片の欠陥中心位置の推定について検討を行った。前処理としては、円形孔を有する試験片を用いて得られたエコー信号において、ピーク値の抽出としきい値の適用を行った。この前処理後の2次元データ (静止画) を用い、まずは、幾何学的な位置関係から欠陥の中心位置について考察を行った。その結果、欠陥からの散乱直後の時刻におけるスナップショット画像データから、ほぼ適切な欠陥中心位

置の算出を行うことに成功した。

次に、より高確度な欠陥検出の確立に向けて、パルスレーザー走査により得られた動画像3次元データからハフ変換を適用し波面の検出を試みた。前処理としては、静止画からの欠陥位置推定の場合と同じ手法を適用した。上記では、静止画（2次元スナップショット画像）に対する欠陥位置の検出を試みたが、ここでは時間軸を含めた3次元動画像データに対してハフ変換を適用することで、入射波成分である斜平面と後方散乱波成分である円錐面を検出対象図形とし、累積度数に関する分布から、入射波成分とともに、欠陥からの後方散乱波成分の検出を行った。まず、平面の方程式を用いて入射波成分の検出を行い、縦波成分と表面波（横波）成分が、度数の極大点と2番目の集積点として現れることを確認した。欠陥からの散乱波に関しては、そのまま円錐面の方程式を適用すると、透過波成分の速度勾配に影響を受け適切な円錐面を検出することができない。この場合には、同期差分法の適用が必要であり、当該手法を適用し進行波成分を除去することで、ほぼ正確な欠陥の中心位置を捉えることに成功した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】非破壊計測、波動伝搬、劣化予測・診断、可視化

【研究題目】ファイバ・リング・レーザを用いたFBG振動検出システムの開発

【研究代表者】津田 浩（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】津田 浩（常勤職員1名）

【研究内容】

ファイバ・リング・レーザの共振ミラーをFBGとする振動システムの構造物検査への適用を目指して、今年度は風力発電用ブレードの衝撃検知用にセンサを開発し、その動作特性を評価し、下記の結果を得た。

1. FBG センサによりブレードへの衝撃音を検知するため、FBG をブレードに直接貼り付ける（ベタ貼りセンサ）、または円筒形端部に取り付けた膜に貼り付ける形状（FBG マイクロフォン）の異なる2種類のセンサを用意した。FBG マイクロフォンはベタ貼りセンサと比較して約10倍の感度を有するが、応答信号に高い共振特性が現れた。
2. FBG マイクロフォンに空中を伝わる可聴音を検知させたとき、可聴音と一致する周波数で応答が生じた。また膜をパラフィン紙に用いた場合、FBG マイクロフォンの最大入力許容音圧は123dBであった。
3. ブレードの衝撃検知についてFBG マイクロフォン、ひずみゲージ、PZT センサの3種を比較した。その結果、ひずみゲージでは10kHz 程度の高周波信号までしか検出できないが、FBG マイクロフォンはPZT センサと同じ20kHz までの衝撃音を検知した。衝撃検知のセンサ信号のS/N比はFBG マイクロフォンはひ

ずみゲージと大差なく、PZT センサと100倍の感度差があった。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】非破壊検査、光ファイバセンサ、衝撃検知、風力発電

【研究題目】位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御と物質濃縮への応用

【研究代表者】大村 英樹

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】大村 英樹（常勤職員1名）

【研究内容】

レーザー光を用いて物質の量子状態や量子ダイナミクスを直接操作し、物性や機能を制御しようとする量子制御（またはコヒーレント制御）に関する研究が近年精力的に行われている。これまでに我々は波長の異なるフェムト秒光パルスを重ね合わせ、その相対位相を精密に制御した位相制御光による異方的トンネルイオン化とそれに基づいた分子配向制御を世界に先駆けて実現し、位相制御光と気体分子との相互作用は位相に強く依存する多彩な量子現象を示すことを明らかにした。位相制御光は従来の光とは本質的に異なった性質を持っているため、光の位相に関わる新しい量子現象の観測、さらに位相制御光を用いた物質制御の新しい方法論を提示できる可能性がある。

本研究課題の目的は、位相制御光と物質との相互作用による量子現象の探索をこれまでの気体分子から固体表面に展開することである。具体的には以下のとおりである。(1) 位相制御光と固体表面および固体表面に担持された分子との相互作用によって引き起こされる量子効果を系統的に探索・分類し、総合的な理解をする。(2) 位相制御光を用いた新しい方法論に基づく物質操作法として、位相制御レーザーパルスによる液相中分子の特定分子の選択イオン化による破壊とそれに基づく化学物質の濃縮を試みる。

本年度は、フェムト秒過渡吸収2色性測定装置で位相制御レーザーパルスによる液相中分子の異方性トンネルイオン化の観測の実験を行った。ヨウ化メチルやその他のヨウ素化合物分子を対象分子として実施した実験で、レーザーの位相に依存する現象を観測観測することに成功した。この現象と異方性トンネルイオン化による配向分子選択効果との関連説明には、さらなる実験と解析が必要であることを示した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

【研究題目】実時間観察可能な陽電子顕微鏡の開発

【研究代表者】小川 博嗣

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕 小川 博嗣、木野村 淳
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

原子レベルの空孔型欠陥分布の測定に関して陽電子顕微鏡は電子顕微鏡に比べて優位性があり、他の計測手法では観察できない顕微鏡像が取得できる。しかし、陽電子顕微鏡の一種である再放出型の陽電子顕微鏡 (PRM) に関しては、過去の研究では陽電子源強度が不十分で、画像取得に長時間必要という問題があり、実用化がなされて来なかった。この技術課題を解決するため、本研究では、電子線形加速器による高強度陽電子パルスビームを用いた PRM 装置の開発を行っている。

本研究で開発する PRM の最大視野 (~0.3mm) に比べ、電子線形加速器により生成した低速陽電子ビーム径は直径約10mmφと大きく、かつ陽電子ビームは電子線と比較して低電流であるため陽電子フラックス密度を増大させるビーム集束法は重要な開発要素である。本年度は、光電子顕微鏡の静電レンズをベースに PRM 装置を構築するとともに、低速陽電子ビームの集束径を最小にする方法の開発を行った。陽電子ビーム輸送系のソレノイド終端磁場が集束ビーム径に与える影響を最小になる様に軟磁性体スリットで構成される磁場終端デバイスおよびビーム集束レンズを設計・製作し、PRM 装置の入射部に設置した。

電子線形加速器で生成し、ソレノイド磁場により輸送された低速陽電子ビームを静電レンズにより集束し、PRM の試料位置に設置した蛍光面付 MCP によりビーム集束径を測定した。その結果、過去の PRM 研究の方法と比較して陽電子フラックス密度を増大でき、PRM の画像取得時間を短縮できることを示した。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 陽電子、顕微鏡、空孔型欠陥

〔研究題目〕 テラヘルツ領域での先駆的な円二色性・光学活性計測手法の構築と検出への挑戦

〔研究代表者〕 田中 真人
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 田中 真人、黒田 隆之助、平 義隆
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

セキュリティや医療・バイオテクノロジーなどの分野に応用できる新規の分光分析手法としての確立を最終目的として、テラヘルツ領域における光学活性・円二色性などの円偏光を用いた計測手法の先駆的な構築を本研究では目指している。光学活性は左円偏光と右円偏光間での屈折率の差、円二色性は吸収率の差であり、赤外～紫外域などでは分子構造解析手法の一つとして広く用いられているものである。しかしながらテラヘルツ領域ではその信号の微弱さなどから、それら計測手法の開発は遅

れている。

本年度は昨年度構築したテラヘルツ領域での偏光制御・偏光分析システムを基にして、テラヘルツ領域に対応した面内回転機構を有する直線偏光子などで構成された光学活性計測システムを構築した。検出光として、発振器とクライストロンなどで構成された高強度光源からの約0.1THzのテラヘルツ光を利用した。上記システムを用いて螺旋構造を持つ水晶の旋光角度の端緒の計測実験を行ったところ、可視域の値と比べて1%以下の値である0.06°/mm程度の偏光面の回転を観測した。現在再現性ならびに試料異方性や光学系に由来する偽の信号の影響を調査している。

また本成果を今後展開して分光手法を確立するために必須である広帯域のテラヘルツ領域に対応した位相子の設計を行った。

今後は本研究で得られた上記の端緒の計測結果と計測システム開発の知見を活用して、高精度な計測分析手法として確立させていきたい。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 テラヘルツ、円二色性、光学活性、キラリティ、偏光分光、禁止薬物

〔研究題目〕 糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発

〔研究代表者〕 田中 真人
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 田中 真人 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

円二色性分光はタンパク質などのキラリティをもつ物質の構造解析に広く用いられている手法の一つである。本研究ではこの円二色性分光の応用範囲を拡大して、多量の抽出・合成が困難なタンパク質や糖・糖鎖など重要な生体分子の分子構造解析に資する新規分析手法としての確立を目指すべく、顕微装置と真空紫外線領域の円二色性分光装置とを組み合わせた新規計測システムの開発と生体分子計測への応用を目指している。

本年度は昨年度までに構築した真空紫外円二色性計測システムを用いて、タンパク質 (アミロイド類タンパク質) や糖・多糖水溶液の真空紫外円二色性スペクトル計測ならびに構造解析を行った。アミロイド類タンパク質としてβ₂ミクログロブリンの部分ペプチド等の重水溶液の真空紫外円二色性スペクトルの計測に成功した。

また糖・多糖試料として、単糖である D-グルコース、二糖である D-トレハロース、三糖であるマルトトリオースを選択し、当該試料の重水溶液の真空紫外円二色性スペクトルならびに吸収スペクトルの計測に成功した。その結果、吸収スペクトルの形状は上記試料間で殆ど変化しないが、円二色性スペクトルの形状・強度にはいくつかの相違点が観測された。現在は分子軌道計算などに

よりこの原因の解明と分子構造予測を進めている。このように糖の結合によるスペクトル変化を系統的に調べた。

今後は装置の高感度化や多種類の試料の計測によるデータベース化を進めていき、分子構造解析手法としての確立を目指していく。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】円二色性、糖鎖、タンパク質、真空紫外線、キラリティ、構造解析、分子構造

【研究題目】超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム2D テラヘルツ分光システムの開発

【研究代表者】黒田 隆之助

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】黒田 隆之助、立花 充章

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は小型加速器ベースの高出力テラヘルツ光源を開発し、その高出力テラヘルツパルスによる時間領域分光法を確立させ、リアルタイム2D 吸収スペクトルを取得する手法を目指すものである。

本年度は産総研 S バンド小型リニアックを用いて発生させた高強度コヒーレント放射テラヘルツ光を用いて、EO サンプリング法による時間領域分光実験を行った。検出器の帯域とコヒーレント長を考慮し、EO 結晶として1mm 厚の ZnTe (100面) 結晶を用いた。プローブ光には加速器と同期した Ti:Sa フェムト秒レーザーを用い、テラヘルツパルスと同時に EO 結晶に集光した。結晶を透過したプローブ光は、高コントラストの偏光子を透過させ、プローブ光の位相変化を PhotoDiode (PD) によって検出し、テラヘルツ時間波形の取得を行った。その時間波形をフーリエ変換することでスペクトルを得るが、時間ジッターを500フェムト秒以下にすることで、0.1~2.0THz の範囲でのスペクトル取得に成功した。サンプル測定では、既知のサンプル (ポリエチレン) によるシステム評価として、テラヘルツ領域における屈折率測定を行った。また、実サンプル測定では、模擬麻薬の測定を行い、実環境によるスペクトル測定に成功した。但し、今後の再現性の確認や測定精度の向上が必要である。更なる測定精度向上のため、シングルショット時間領域分光用のチャープパルス・プローブ光を最適化し、70nm (FWHM) の波長分散で約10ps 程度までチャープしたプローブ光を生成した。これによるシングルショット計測システムにおける時間分解能は15fs であり、高精度なシングルショット計測への目途を立てることができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】テラヘルツ、シングルショット時間領域分光、コヒーレント遷移放射

【研究題目】格子画像の位相情報に基づく大型構造物

の高精度高速全視野変位・ひずみ計測法の開発

【研究代表者】李 志遠 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】李 志遠 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、大型構造物の事故や崩落等が問題視され、非破壊で検査可能な全視野変位・ひずみ計測技術はますます重要であり、現場で直ちに対応可能な計測技術の早期開発が急務となっている。

本研究は、格子画像の位相情報を活用した革新的全視野変位・ひずみ計測手法を開発するものである。今年度では対象構造物表面の規則性模様の位相情報を有効活用した高精度高速な全視野変位・ひずみ分布を測定できる計測手法の測定精度を確認し、大型構造物である吊り橋のたわみ計測へ適用した。主な研究成果を以下に示す。

1. 繰り返し模様を利用した変位計測法の精度確認

前年度に開発した任意の繰り返し模様に対応できる変位分布計測法の測定精度を明らかにした。実験では従来の矩形波に加えて、アルファベットの A や数字の3、さらに漢字を規則性模様とみなし、精度移動ステージで与えられた移動量と比較することで精度評価を行った。その結果、模様の種類によらず、模様ピッチの1/1000の精度で安定した変位量を検出できることを確認できた。

2. 引張試験によるひずみ計測法の精度確認

サンプリングモアレ法によって得られるモアレ縞の位相分布から自動的に撮影画像上の格子ピッチを算出する方法を考案した。これを用いて変形前後の格子ピッチの変化からひずみ分布を測定することができた。アルミ試験片を用いて引張実験を行った結果、弾性域内の2000マイクロストレイン以下の微小ひずみを測定することができ、ひずみゲージで得られたひずみ量とよく一致した結果が得られた。

3. 大型構造物 (吊り橋) のたわみ計測への適用

本研究で開発した変位分布計測法を大型構造物である吊り橋のたわみ計測へ適用した。橋梁にマーカーを貼付けることなく橋梁が持つ周期的なトラス構造を繰り返し模様とみなし、トラックの通過に伴い橋がセンチメートルのオーダーでたわむことを計測できた。汎用的なデジタルカメラで橋梁を撮影するだけで、全体のたわみ分布を得られることから、低コストな検査手法として期待出来る。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】大型構造物、変位ひずみ計測、モアレ縞、繰り返し模様、位相解析技術

【研究題目】超短パルス制動ガンマ線を用いた欠陥分布3次元イメージングに関する研究

【研究代表者】平 義隆

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 平 義隆（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、材料劣化の原因となる空孔型格子欠陥の分布を3次元イメージングする手法を世界に先駆けて開発し、さらに実環境下測定及び短時間測定、空間分解能向上を目指した小型検出器の技術開発を行う。3次元イメージングの測定手法は、材料内部へ深く浸透するガンマ線を用いて局所的に陽電子を発生させ、その陽電子の消滅位置と寿命を観測することで、構造材料の経年劣化や余寿命を非破壊測定する。今年度は、新規シンチレータを用いた陽電子寿命の測定に成功し、3次元イメージングを短時間で達成するための具体的な計測手法について考察した。

小型検出器の開発では、新規シンチレータ材料である Yb:Lu₂O₃を用いた。Yb:Lu₂O₃は従来の BaF₂シンチレータよりも有効原子番号と密度が共に高く、薄いシンチレータでも検出効率を高くすることが可能である。また、可視光領域で発光することも Yb:Lu₂O₃シンチレータの大きな特徴である。シンチレーション光の検出には、一辺の大きさが約30mm の光電子増倍管を用いた。この検出器を用いて、陽電子寿命が既知である安定化ジルコニア（YSZ）の寿命測定を行った。産総研 S バンド小型リニアックから発生するパルス幅3ps（rms）、最大エネルギー30MeV の超短パルスガンマ線を YSZ に照射し、YSZ 内で発生する陽電子が消滅するときに放出される消滅ガンマ線を開発した検出器で測定した。超短パルスガンマ線に同期した信号に対する消滅ガンマ線の検出時間分布を測定し、YSZ の陽電子寿命の測定値が誤差の範囲内で理論値の182ps に一致することを確認した。

また、3次元イメージングを短時間で達成するために、ポジトロン断層法（PET）の3次元イメージング手法に陽電子の寿命情報を付加して計測する手法を考案した。測定対象の材料を取り囲むように小型の検出器をアレイ配置し、2本の消滅ガンマ線を同時計測することで陽電子の消滅位置を特定し、消滅ガンマ線が検出器に入射する時間分布も測定することで陽電子の寿命分布を測定する。3次元イメージングの空間分解能や測定時間を算出するため、シミュレーションコード EGS5を用いたモンテカルロ計算を開始した。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 超短パルスガンマ線、陽電子寿命、PET、Yb:Lu₂O₃シンチレータ

〔研究題目〕 引張りによる高分子部材の構造変化を検出するレオ・オプティカル近赤外分光器の開発

〔研究代表者〕 新澤 英之

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕 新澤 英之（常勤職員1名）

〔研究内容〕

高分子材料の機械強度を評価する一般的な方法としては引張試験が挙げられる。引張試験は、対象となる試料を徐々に引き伸ばし、それに伴う流動的な変形を計測することで、材料の耐変形特性を調べることができる。しかしながら、高分子材料の機械強度は本質的に高分子鎖の分子レベルでの流動変形に起因しており、試料に機械強度をもたらすメカニズムを解明するためには、引張試験時の構造変化を分子レベルで捉える必要がある。本研究ではこのような材料の機械変形を分子レベルで評価する技術として、レオ・オプティカル近赤外分光器の開発を行った。

平成25年度は、透過性の高い近赤外光を光源とし、かつ、極めて高速のスキャンが可能な AOTF フィルター方式の近赤外分光器を引張試験機と組み合わせることで、引張試験を受ける高分子部材の近赤外透過スペクトルを測定可能な分光システムを作成した。この装置を用い、低密度ポリエチレンの延伸過程を解析したところ、近赤外スペクトルからはアモルファス鎖の延伸と、それに続く結晶ラメラの変形が明らかにされ、レオ・オプティカル近赤外器によって、弾性変形と塑性変形の過程が分子レベルで計測・評価可能であることが示された。

〔分野名〕 ナノテク・材料・製造

〔キーワード〕 近赤外分光法、引張試験、高分子、ケモメトリックス、二次元相関分光法

〔研究題目〕 強磁性体／超伝導体接合におけるアンドレーエフ反射およびスピン緩和に関する研究

〔研究代表者〕 柏谷 裕美

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕 柏谷 裕美（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究で開発を行っている固体冷凍機は、超伝導体トンネル接合を用いて局所的な冷却を行うものである。液体ヘリウム中で超伝導体トンネル接合を設置し冷却したうえで、接合の上に冷却を行いたいセンサなどを載せ、センサ部分を冷却するために利用することを想定している。本研究では強磁性体（F）／絶縁体（I）／超伝導体（S）トンネル接合を開発し、固体冷凍機の冷却効果を向上させることを目的としている。

今年度は、今後 F/I/S 構造を作製する場合に同じプロセスが利用できる、常伝導体（N）／絶縁体（I）／超伝導体（S）接合の作製を作製した。具体的には、AlMn を N として使用する AlMn/AlOx/Al 接合を試作した。冷却効果の向上のためには、アンドレーエフ反射の抑制を行うことが大変重要であり、最初に N/I/S の三層を作製するプロセスを採用した。

また、N/I/S 接合のコンダクタンスを冷却し測定することにより、冷却効果の解析を行った。測定されたコンダクタンスは、BCS の理論曲線でフィッティングした

ところ、低バイアス側では冷却、高バイアス側では加熱されていることが判明した。トンネル接合を $T=0.4\text{K}$ に冷却した場合に、 0.37K まで冷却が生じていることが確認できた。

今後は、開発したプロセスを使用して F/I/S 接合を作製し、コンダクタンスの測定を行うことにより冷却効果を見積もり、電極として強磁性体を用いた場合の検証を行う。

【分野名】超伝導デバイス

【キーワード】固体冷凍機、超伝導トンネル接合、

【研究題目】FT-ICRMS 分析を用いた森林の溶存有機物の構成種とその変動メカニズムの解明

【研究代表者】高橋 勝利

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】高橋 勝利 (常勤職員1名)

【研究内容】

FTICR-MS を用いて、兵庫県宍粟市の森林中の地表及び地中から採取した水試料中の溶存有機物の測定を実施した。採取した水試料中の溶存有機物濃度は非常に低く、そのままでは FTICR-MS を使っても溶存有機物を高感度で検出することは難しい。従来は C18ディスクに溶存有機物を吸着させたのち、それを溶出・濃縮したうえで測定していたが、C18ディスク由来の物質が測定の邪魔になることが多かった。本研究では、C18ディスクを使った濃縮を行わず、水試料を凍結乾燥したのちに、測定溶媒に再溶解・濃縮を行う事により、より簡便に感度良く溶存有機物の FTICR-MS 分析を行うためのプロトコルを開発するとともに、兵庫県宍粟市の森林中から採取した水試料の分析を行った。

兵庫県宍粟市において採取場所、採取時期により異なる多数のサンプルの FTICR-MS 測定を実施するが、この時、各サンプルを逐次的に測定する場合、サンプルシリンジ及び送液ラインによるサンプルのキャリーオーバーを防ぐ目的で、一つのサンプルの測定後、長時間洗浄を行わなければならない、測定スループットが非常に低下することが問題であった。これを防ぐためにサンプルのキャリーオーバーを防ぐための新しい測定方法の開発を目指した予備実験を実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】FTICR-MS、溶存有機物、質量分析

【研究題目】コヒーレント逆コンプトン散乱による大強度軟 X 線発生の原理実証

【研究代表者】黒田 隆之助

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】黒田 隆之助 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題は大強度 X 線生成のためにコヒーレント逆コンプトン散乱実現のための要素技術開発を行うもの

である。コヒーレント・コンプトン散乱実現のための電子ビーム変調に関して、空間領域変調を時間領域変調に圧縮変換する手法に関してコード PARMELA によるビームトラッキングシミュレーションを実施した。

具体的には、まずフォトカソード RF 電子銃からの約 4MeV の電子ビームを2本の定在波加速管によって約 30MeV まで加速を行う。その際、電子ビームのエネルギー分布がチャープするように加速管の位相を制御する。エネルギーチャープした電子ビームに対して、アクロマティックアーク (2個の偏向電磁石、4個の四極電磁石) の中心部に設置したマルチスリットによって水平方向変調を行う。さらに、アクロマティックアーク出口において、空間領域から時間領域に変換する。マルチスリットは、 0.5mm 幅、 2.0mm 間隔で、ビーム中心軸から $\pm 10\text{mm}$ を切り出す仕様とした。アクロマティックアークにおける磁場設定は、時間圧縮も考慮した圧縮モードである。XY 方向の電子分布を見ると、エネルギー分散によって X 方向に広げられ、スリットにより切り出されていることがわかった。アーク直後の時間分布においては、スリットにより中心付近では約 $1/50$ (約 $10\mu\text{m}$) に空間領域を時間領域に圧縮変換できることがわかった。アクロマティックアーク内で、電子ビームの2次、3次の分散により位相空間分布の裾野が広がるため、均等圧縮をするためには、マルチスリットのスリット間隔等を変調させる必要があることがわかった。本研究により、分散補償と最適なスリット形状を算出することで μm オーダーの変調が実現でき、更にスリットの微細化を行うことで、最終的にコヒーレント・コンプトン散乱に必要な、 nm オーダーの変調が可能であることがわかった。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】小型電子加速器、コヒーレント逆コンプトン散乱、マイクロバンチ電子ビーム

【研究題目】コンビナトリアル手法を取り入れた照射環境下での経年劣化現象の解明・評価技術研究

【研究代表者】大島 永康

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大島 永康 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、原発機器構造物の照射環境下での経年劣化現象の機構解明を効率的に行うための“コンビナトリアル法”を取り入れた非破壊評価技術を開発するものである。コンビナトリアル法とは試料作製と特性評価を高効率・高精度に行う強力な実験手法で、元素濃度・損傷度等を多条件含む試料を1度に作製し、走査型プローブによる非破壊特性評価を行うことで、極めて効率良くデータを取得できる。さらに同時作製・評価により実験値のばらつきが低減される。この概念に基づき、本研究ではモデル金属試料の重イオン照射と陽電子マイクロビーム

による物性評価を実施する。このうち、産総研では、陽電子マイクロビームを用いた非破壊評価技術の開発を行う。

本年度は、試料温度およびイオンビーム照射時間を調整することで損傷度を变化させた純鉄薄膜をモデル試料として、陽電子マイクロビームによる非破壊評価試験を行った。試験の結果、試料中の陽電子寿命が試料温度・照射時間に依存することが確認され、陽電子マイクロビームが、薄膜金属試料の非破壊評価に有効であることが解った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】陽電子マイクロビーム、照射損傷、コンビナトリアル法

【研究題目】微小カイラル超伝導体のエッジ電流による磁化の SQUID 測定

【研究代表者】柏谷 裕美

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】柏谷 裕美、柏谷 聡

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

ペロブスカイト型超伝導体である Sr_2RuO_4 は、カイラル p 波超伝導体である可能性が強く指摘されているが、カイラル p 波超伝導体で期待される性質のうち、トポロジカル量子現象の一つである、カイラルエッジ電流の存在が確認されていないことが決着に至っていない主要原因の一つである。そこで、本研究ではカイラルエッジ電流検出のために、高感度磁束計としての SQUID を微細化し、微小試料との位置関係を最適化することで、微小試料の作る微小局所磁場計測システムを開発し、カイラルエッジ電流の検出に挑戦する。本研究によりカイラルエッジ電流が検出することは、超伝導物理の最重要問題の一つであるスピン3重項超伝導実現の強い証明となり、また、 Sr_2RuO_4 トポロジカル量子ビットへの応用可能性の検証を行うことと等価である。

本年度は Nb 系のマイクロスクイッドの上に、 Sr_2RuO_4 の単結晶から収束イオンビームにより切り出し加工されたマイクロサイズの小片を、SQUID と磁場カップルが最適となる配置に集積化する技術を開発した。これに基づきカイラルエッジ電流を検出するためのデバイス作成技術を完成した。

【分野名】超伝導デバイス

【キーワード】トポロジカル量子ビット、SQUID

【研究題目】立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用

【研究代表者】鈴木 良一

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】鈴木 良一 (常勤職員1名)

【研究内容】

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、九州大学と協力し針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用いた小型・軽量の X 線源の開発とそれを利用した X 線断層イメージングによる立木の材質評価等の計測技術の開発の検討を行っている。

フィールド実証試験に向け、カーボンナノ構造体電子源を用いた X 線発生装置と X 線ラインセンサーを試料の周囲を回転できる X 線 CT 装置を試作し、九州大が用意した直径20cm のサンプル木材の X 線透過試験を行った。試作機により木材の断層イメージが得られ、材質を評価できることを確認した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

【研究題目】立木用ポータブル X 線検査装置の開発と材質研究およびマツ材線虫病研究への適用

【研究代表者】加藤 英俊

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】加藤 英俊 (常勤職員1名)

【研究内容】

木材の材質研究をはじめ野外の林木・樹木を対象にした立木用 X 線検査では、軽量、小型、バッテリー駆動可能な X 線源が必要とされている。本研究では、フィールド実証試験に用いることを目的として、年輪配置、材密度分布、節・腐朽等の欠点分布、辺心材や年輪内の水分分布等を二次元的に表示することが可能な立木用のポータブル非破壊材質検査装置開発を行う。

本年度は、針葉樹型カーボンナノ構造体電子源を用い、バッテリー駆動可能な小型軽量の X 線発生装置の製作を行った。製作した X 線発生装置とイメージングプレートを用い、京都府立大が用意したマツ材線虫病にかかった松と健康な松のサンプルの X 線透過イメージの比較検討を行った。松材を非破壊でイメージングすることにより、マツ材線虫病と健康の分離が可能なことを確認した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】カーボンナノ構造体、X 線源、立木、材質評価、非破壊検査

【研究題目】ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

【研究代表者】浦野 千春 (計測標準研究部門)

【研究担当者】浦野 千春、丸山 道隆、金子 晋久、大江 武彦、堂前 篤志、福山 康弘、

山澤 一彰、丹波 純、山田 隆宏
(常勤職員9名)

【研究内容】

2011年10月に行われた第24回国際度量衡総会の決議で、国際単位系 SI の熱力学温度の単位ケルビンの定義は、基礎物理定数であるボルツマン定数を基にした定義となる方向性となった。現行の定義と改訂後の定義との不一致が最小限となるよう、現在多くの研究機関で各種の熱力学温度計を使用し、現在の熱力学温度の定義からボルツマン定数を精密に測定するための研究が進められている。我々のグループでは抵抗器の熱雑音から熱力学温度を求める、所謂ジョンソンノイズサーモメトリー (JNT) によってボルツマン定数の精密測定を行う技術の開発に取り組んでいる。

平成25年度は、ジョセフソン任意波形発生器が生成する量子電圧雑音信号を基準として水の三重点に置かれた抵抗温度計の熱雑音を測定するシステムを用い、ボルツマン定数測定に着手した。基準とする量子電圧雑音信号の発生において、ジョセフソン素子にかかるバイアス電圧が差動増幅器の入力に等しくかかるようにした独自のパルス駆動方法などを中心に、システムの構成と初期の測定結果について国際会議での報告などを行った。その他、平成24年度まで問題となっていた外来の不要信号の除去に成功し、ボルツマン定数の精密測定に向けて大きく前進した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 SI 単位、ボルツマン定数、熱雑音、ナイキストの定理、ジョセフソン効果、量子ホール効果

【研究題目】 二次元ダークフリッジ法による球体直径測定原理開発とアボガドロ定数精密決定への応用

【研究代表者】 倉本 直樹 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 倉本 直樹、藤井 賢一、藤本 弘之、早稲田 篤、水島 茂喜、東 康史
(常勤職員6名)

【研究内容】

アボガドロ定数は重要な基礎物理定数であり、シリコン単結晶の密度、モル質量、格子定数の測定から求められる。近年、質量の単位であるキログラムの基礎物理定数による再定義のために、非常に高精度なアボガドロ定数測定が求められている。アボガドロ定数測定高精度化においては、密度測定のためのシリコン単結晶球体体積測定高精度化が支配的な役割を果たす。そこで本研究では、1. 新たな球体直径測定原理 (二次元ダークフリッジ法) に基づく、シリコン単結晶球体体積高精度測定用レーザ干渉計の開発、2. アボガドロ定数の世界最高精度 (2×10^{-8}) での決定、を目的とする。

この目的のために以下の研究開発を実施した。

1. 二次元ダークフリッジ法による球体直径測定原理開発および光学部品の最適化

平成24年度に購入した高速度カメラにより干渉縞を取り込み、二次元ダークフリッジ法に必要な予備データの取得を行った。また、新たな干渉縞解析法による球体体積測定高精度科およびアボガドロ定数決定への影響をまとめ、第34回日本熱物性シンポジウムで発表した。

2. アボガドロ定数決定に必要な各測定の精度検証

平成26年度に実施予定の²⁸Si 単結晶球体の体積測定、質量測定、表面分析及び格子定数均一性評価に備え、自然同位体比 ^{Si} 単結晶球体を導入し、各測定の精度検証を行った。格子定数均一性に関しては高精度温度計などを導入し、測定精度を大幅に向上させた。シリコンウェハの格子定数均一性を評価し、高エネルギー加速器研究機構第31回フォトンファクトリーシンポジウムで発表した。

3. ²⁸Si 単結晶シリコン球体測定スケジュール調整

アボガドロ定数高精度測定に必要な²⁸Si 単結晶球体は国際研究協力「アボガドロ国際プロジェクト」の所有物である。研究協力参加機関と交渉し、²⁸Si 単結晶球体を用いた産業技術総合研究所での測定を平成26年度に実施するよう調整した。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 基礎物理定数、アボガドロ定数、光周波数制御

【研究題目】 イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索

【研究代表者】 安田 正美 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 安田 正美、赤松 大輔 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、イッテルビウム (^{Yb}) 光格子時計のさらなる不確かさ低減のために、^{Yb} 原子の青方離調魔法波長を探索することを目的とする。魔法波長とは、時計遷移周波数に対する最大の摂動要因であるドップラーシフトを抑制するために原子を空間的に強く束縛しながらも、それに対する1次光シフトの影響をキャンセルできる光格子レーザ波長のことである。従来の赤方光格子とは逆に、正に離調をとる青方光格子の場合には、原子は光電場強度がゼロの点に捕獲されるため、従来の魔法波長では除去できない高次光シフトによる不確かさを低減できる。

本年度は、青色レーザによる光シフト量を速やかに測定するために、セシウム原子時計や UTC (NMIJ) などのマイクロ波周波数標準に基づく測定ではなく、他の光周波数標準との直接的な比較を行うことが望ましいという事実を踏まえ、独立に開発されたストロンチウム (^{Sr}) 光格子時計 (絶対周波数評価済) との周波数比

直接測定実験を行い、これに成功した。これは、異種光格子時計同士の直接比較実験としては世界で初めてである。セシウム原子時計を介さない、光周波数の直接比較のため、米国での測定よりも大幅に短い積算時間で、より小さな不確かさを達成することに成功した。また、その周波数比の値自体は、両者の不確かさの範囲内で一致し、光ファイバなどを用いない大陸間遠隔周波数比較をデモンストレーションすることにも成功したといえる。さらに、本研究課題である、青方離調の光シフト用レーザ光源システム（外部共振器半導体レーザ、テーパアンプによる光強度増幅器、第二次高調波発生用光共振器等）の開発を進めて、100 mW もの青色レーザ光の発生に成功した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光格子時計、魔法波長、高次光シフト

【研究題目】フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発

【研究代表者】平井 亜紀子（計測標準研究部門）

【研究担当者】平井 亜紀子（常勤職員1名）

【研究内容】

光科学、光学産業の多くの分野で、光学材料の屈折率やその波長依存性（分散）の正確な情報が必要とされているが、 10^{-5} から 10^{-6} オーダーで値の信頼性が確保できる測定技術は少なく、また、これまではレーザや輝線スペクトルのような離散的な単一波長における屈折率の値しか直接精密測定できなかった。本研究では、白色LEDのようなブロードバンド光源を用い、バリエーション（光路長可変）干渉法と分光器、光路長補償系を組み合わせるにより、光学材料の位相屈折率分散および群屈折率分散を精密に直接計測する手法を開発する。

平成25年度は、目標とする屈折率の測定精度を達成するために必要な装置の性能を検討・決定し、群屈折率分散と位相屈折率分散の両方を測定することができる光学系の構築を引き続き行った。

群屈折率分散測定では、光路長変化用の長距離移動ステージが静止した状態で分光器によりチャネルドスペクトルを取得する。チャネルドスペクトルから精度良く光路長を求めるために、スペクトルの帯域幅とチャネル構造の周期、分光器の波長分解能の関係を考慮し、最適な光路長を決定した。また、群屈折率分散、位相屈折率分散測定とも、光軸やステージ移動軸に対するプリズムの角度調整が測定精度に影響を及ぼす。そのため、プリズムの必要な調整軸と調整方法を検討・決定した。また、これまで長距離移動ステージの静止性能および移動性能ができるだけ良いものが得られるようにステージ制御パラメータを検討して決定してきたが、それに応じた信号取得系を設計した。また、シミュレーションにより原理を確認した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】屈折率、分散、干渉計測、広帯域光干渉計

【研究題目】高安定光共振器による光周波数コムとの絶対線幅狭窄化

【研究代表者】稲場 肇（計測標準研究部門）

【研究担当者】稲場 肇、保坂 一元、洪 鋒雷
（常勤職員3名）

【研究内容】

（光コム）は、従来世界最先端のグループが大プロジェクトを執行して、それでも限られた期間しか行えなかった「光の周波数を測ること」を、定常的に行える技術に変えた画期的なものである。これにより光周波数での時間標準（光時計）が現実味を帯び、現在熾烈な研究競争が繰り広げられている。この光時計では、高安定共振器に安定化された線幅1 Hz級の連続発振（CW）レーザ、いわゆる狭線幅化レーザが時計遷移の観察に必要である。一般的には、時計遷移波長に相当する波長用の高安定共振器が一種類の光時計の一つ必要である。

本研究の目標の一つは、高安定共振器に安定化された狭線幅化レーザ（波長1064 nm）を基準レーザとして用いて、光コムを介して Yb 光格子時計の時計遷移波長である578 nm に線幅を転送して時計遷移を観察することである。この技術により、高安定共振器が一つあれば可視～近赤外全ての波長域で狭線幅化レーザを実現できるようになる。もう一つの目標は、高安定共振器に安定化された狭線幅化 CW レーザを省略し、光コムを光共振器に直接安定化することである。CW レーザを省略することでより線幅伝達の経路が短くなり、我々の開発した高速制御型光コムがもともと低雑音であること、および制御帯域が1 MHz を超え、他のレーザでは実現することが難しいほど高速であることと相まって、信頼性の飛躍的な向上、および高安定光共振器の安定性のより忠実な光コムへの伝達による性能向上が期待できる。

今年度は、1535 nm の高安定光共振器を音響遮蔽箱に格納し、既存の1064 nm 高安定レーザとのビート周波数を観察し、図2のようなアラン偏差が得られた。平均時間1秒において、約 2×10^{-15} の周波数安定度が得られており、これは2つの光共振器の熱雑音限界と推定される。一方で、高安定光共振器に結合している連続発振の半導体レーザを光コムに置き換え、光コムを共振器に導入した。透過光および誤差信号の観察を試みているが、今のところ信号は得られていない。既存の低フィネス共振器への導入など予備実験を重ね、引き続き安定化のための作業を行っている。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光周波数コム、高安定光共振器、狭線幅レーザ、線幅1 Hz級レーザ

【研究題目】双方向波長多重信号による長距離光ファ

イバの位相安定化技術の研究

【研究代表者】 雨宮 正樹 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 鈴木 智也、渡部 謙一
(常勤職員3名)

【研究内容】

高精度タイミング信号は計測、通信、科学等の多岐の分野において必要であり、光ファイバによる高安定な供給が期待されている。課題は光ファイバ周囲の温度変動等による位相変動を抑圧させることである。このため位相制御用信号を一心の光ファイバに双方向に異なる波長で伝送させることにより、光ファイバの位相変動量を送信側で検出し、高精度に位相制御する方法の検討を行った。本装置は微調用ファイバストレッチャーと粗調用ファイバスプールの組み合わせにより光ファイバ長の位相変動を補償する構成である。ピエゾ式ファイバストレッチャーによる位相補償の性能評価結果は、短尺ファイバと高速信号 (10 GHz) を用いて平均時間1日でアラン標準偏差 $1E-19$ の安定度が得られ目標とした長期安定性が得られた。次に長距離光ファイバの位相補償に必要な粗調用ファイバスプール位相補償装置の作成とその性能評価を実施した。本装置はファイバスプールをパルチエ素子で温度制御して位相を制御する。位相制御用信号と位相制御用の40 km ファイバスプールを用いた実験結果は、温度を $-4^{\circ}\text{C}\sim 46^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させることにより、出力位相を75 ns 変化させることに成功した。実際に敷設された伝送路長100 km の光ファイバ最大位相変動量は約50 ns であったため、実験で得られた75 ns の位相補償量は長距離光ファイバの変動に十分対応できるものであることが確かめられた。また本研究の最終目的であるファイバ長固定化システム (=プラットフォーム) の評価を実施した。ここでは各種信号の一例として、1 GHz の正弦波を波長1550.116 nm でプラットフォームに多重して伝送させて評価した。その結果、短期 (平均時間1 s) で 3.4×10^{-15} が得られ、また長期 (平均時間105 s) においても周波数安定度は 2.7×10^{-19} となった。この結果から、10 GHz の信号により位相制御されたファイバ長固定化システムにより、複数の信号を位相制御しなくても伝送できる可能性が示された。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 計測工学、情報通信工学、クロック伝送、タイミング信号、同期技術、周波数安定度

【研究題目】 極微弱 LED の全光子束測定技術の開発

【研究代表者】 丹羽 一樹 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 丹羽 一樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

マイクロプレートリーダ、あるいは発光イメージング装置の精度管理、あるいは校正に用いられる 2π 放射 LED 微弱光源の開発が進められている。本研究では、

この光源の分光全放射束の測定を目的としている。

具体的には、極微弱 LED 用積分球式分光計測装置を用いて、分光全光子束の測定を行う。

測定装置の分光感度校正は500 W 分光放射束標準電球を使用、測定の不確かさは $\pm 18\%$ ($k=2$)、 2π (半空間) 幾何条件の光源を測定できる。

光源として、プレート型極微弱 LED 光源を共同研究者である中谷氏が開発し、これを測定した。また、ATTO 社が販売する同様の光源製品 TRIANT を評価するための参照光源についても測定を実施した。その結果、いずれの光源についても、メーカーが独自に行った測定結果とおおよそ整合する結果が得られた。メーカーは、分光応答度が校正されたフォトダーオード検出器を、光源を覆うように接触させて測定している。この方法は、検出器の斜入射特性、検出器面と光源面との再反射成分の影響、波長分布に関する補正など、検証が実験的に難しい不確かさ要因を孕んでいるが、最終的には実用上大きな問題は生じない程度の測定が行えていることが確認できた。

また、本測定の妥当性確認と活用促進を目的として、ホテル生物発光反応の量子収率測定実験を行い、発光反応特性と量子収率の関連性などの知見を得ることが出来た。更に汎用型発光分光測定装置 (スペクトロメータ) の波長感度校正に LED 光源あるいは発光反応溶液を用いるための実証に必要なデータ収集まで実施した。

以上の研究成果に関して、Biotrans2013 (7月、マンチェスター) 等での成果発表を行った。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 分光放射計測、積分球、LED、バイオアッセイ

【研究題目】 ナノ粒子の細胞内取り込み挙動解析を可能とする単一ナノ粒子計測システムの開発

【研究代表者】 稲垣 和三 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 稲垣 和三、藤井 紳一郎、宮下 振一、高津 章子 (常勤職員4名)

【研究内容】

本研究では、我が国の産業及び医療分野における機能性ナノ粒子の開発競争力強化に資することを目的として、金属含有ナノ粒子の細胞内取り込み及び溶解性評価を可能とする単一ナノ粒子計測システムを新規開発している。研究2年目である平成25年度は、前年度に開発したシステムのさらなる改良とその性能評価を行うべく、①検出システム時間分解能の改善 ($\Delta t: < 10 \text{ us}$) とデータ解析手法の確立、②単位時間あたりの粒子導入数限界の評価を実施した。

① 時間分解能の改善とデータ解析手法の確立

前年度までに時間分解50 us で計測できるシステムを構築したが、単一細胞ないしナノ粒子がプラズマ内

で分解したときに生じるイオン滞在時間は、粒子サイズによって200 us 程度になることから、さらなる長時間分解能が必要であった。本年度は、検出器からの読み込みシステムを変更し、読み込み速度を向上させることで時間分解能<10 us での計測を可能にした。一方、時間分解能を上げるとデータ解析が複雑になることから、システム改良と併せて正確な粒子カウンティングができるようにデータ解析法を検討した。

② 単位時間あたりの粒子導入数限界の評価

開発している計測システムの計測スループットを向上させ、かつ細胞及びナノ粒子の粒子個数濃度、粒径分布計測を正確に行うためには、同一計測時間に複数の粒子が検出されない条件を満たす粒子導入数限界を評価する必要がある。本年度は、酵母細胞をモデルにして粒子導入数限界を評価した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】細胞、ナノ粒子、多元素計測

【研究題目】キャビテーション発生量の定量計測技術の開発

【研究代表者】内田 武吉（計測標準研究部門）

【研究担当者】内田 武吉、菊池 恒男
（常勤職員2名）

【研究内容】

高出力水中超音波に付随して発生するキャビテーションは、半導体などの精密部品の洗浄等の多くの分野で利用されている。一方、キャビテーションは超音波照射対象を破壊する作用もあるため、安全性の観点から、キャビテーション発生量を計測・制御する技術が求められている。そこで本研究では、キャビテーションバブルから発生する高周波数超音波信号である **broadband noise** を利用したキャビテーション発生量の計測技術開発を行っている。今年度は、**broadband noise** の測定に用いるキャビテーションセンサの高度化と、これまでに用いられているキャビテーションの評価方法の問題点を検討した。キャビテーションセンサの高度化に関しては、センサのサイズを20 mm から10 mm にすることにより、空間分解能の向上を図った。新型センサを用いて **broadband noise** の測定を行った結果、キャビテーションバブルが集まる定在波音場の腹の距離を正確に測定できた。また、新型センサの結果とキャビテーション発生分布を視覚的に観察できるソノケミカルルミネッセンス (SCL) の発光分布を比較した結果、新型センサの結果と SCL の発光間隔が一致した。これらの結果により、新型センサはこれまでより正確にキャビテーション発生分布を測定できることを確認した。一方、従来のキャビテーション評価方法は、ハイドロホンというセンサを用いて測定した音圧が用いられてきた。そこで、ハイドロホンにより測定した音圧と、SCL を比較した結果、高音圧部分と SCL の高発光部分が一致しないことを確認

した。これは、音響流によりキャビテーションバブルが流されていることが原因と考えられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】キャビテーション、水中超音波、キャビテーションセンサ、超音波洗浄、ソノケミストリ

【研究題目】超電導放射線検出器を用いた新しいバイオマス度測定装置の開発

【研究代表者】佐藤 泰（計測標準研究部門）

【研究担当者】佐藤 泰、福田 大治（常勤職員2名）

【研究内容】

地球温暖化防止に向けて、温室効果ガスの削減が推進されているところであるが、この一環として、バイオマス燃料やバイオマスプラスチック等の利用促進が行われている。これらのバイオマス製品を人々が安心して利用し、不正品の流通を抑制して、温室効果ガス削減を達成するには、製品のバイオマス成分の混合比（バイオマス度）を検証することが必要である。本研究開発では、従来法と異なる新しい測定手法により、製品のバイオマス度を、比較的安価な装置で高精度に測定できるようにすることを目的としている。これにより、人々が安心してバイオマス製品を利用できる基盤を確立できる。

本年度においては、前年度に引き続きバイオマス測定用超電導転移端放射線検出器の設計を行った。放射線によりバイオプラスチック内に発生する熱エネルギーの、伝熱速度の向上のため、バイオプラスチックにカーボンナノチューブを混合する方法、バイオプラスチックと金箔を溶着させる方法、金箔上にバイオマス由来のカーボンナノチューブを成長させる方法を検討した。昨年製作した EGS5MPI モンテカルロコードを改良して、C-14 から放出されるβ線の挙動をシミュレーションした。これに加え、バイオマス測定用超電導転移端放射線検出器によるバイオプラスチックのバイオマス度測定のために必要な、低温環境構築のための冷凍機の整備を引き続き行うとともに、一度に複数の試料を測定するため、超電導転移端放射線検出器の多素子化へ向けた機器の検討、及び整備を行った。

また、本研究課題を遂行する途上で、本研究課題の派生技術として新たな放射能絶対測定法を着想するに至り、特許を出願した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】バイオマス、超電導放射線検出器、β線、シミュレーション工学、EGS5MPI

【研究題目】生体マトリックス中タンパク質の高精度、高感度定量法の開発

【研究代表者】絹見 朋也（計測標準研究部門）

【研究担当者】絹見 朋也、中島 芳浩
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究課題は、血清など生体マトリックス中の特定のタンパク質を、高い選択性をもって高精度かつ高感度に定量する手法の開発を目的とする。定量対象とするタンパク質の配列にアミノ酸点変異を導入した組換え体タンパク質を内標準として用い、プロテアーゼ消化によって得られた試料由来および内標準由来ペプチド（標的ペプチド）を LC-MS/MS により比較定量する方法である。定量に用いるペプチドにアミノ酸点変異が入るよう内標準を設計し、アミノ酸変異による質量差を利用して、同位体希釈法と同様に試料由来ペプチドと内標準由来ペプチドを区別する。従って同位体希釈質量分析法と同等の感度と精度が期待できる。本課題では、血清中低濃度 C 反応性タンパク質（CRP）や血清中成長ホルモンなど臨床化学の分野に重要なタンパク質の精密定量に応用する。

25年度は、点変異を導入した CRP の調製について、安定したリフォールディングを行える調製法の開発、およびペプチドの高感度、高精度定量法の開発を行った。

1. 血清や高濃度アルブミンへの一段階の希釈のみで、尿素によって可溶化タンパク質をリフォールディングできた。
2. 血清 C-ペプチドについて、アフィニティー精製により血清から高効率に精製し、N 末端化学修飾により LC-MS/MS により高感度検出する方法を確立した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕タンパク質、質量分析、定量分析、臨床化学

〔研究題目〕高精度テラヘルツ絶対電力センサー素子の開発

〔研究代表者〕飯田 仁志（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕飯田 仁志、木下 基（常勤職員2名）

〔研究内容〕

テラヘルツ波を利用した応用研究は世界中で盛んに行われている。テラヘルツ帯の測定器が手軽に利用できるようになってきたが、最も基本的な物理量の一つである絶対電力測定のトレーサビリティが確立できないことが課題となっている。本研究はテラヘルツ帯の絶対電力を定めるための高精度センサー素子の開発を目的としている。本年度は当該センサー素子の要素技術となるテラヘルツ吸収体とその吸収熱の検出方法についての検討を行い以下の成果を得た。

吸収体について時間領域分光による材料評価を進めた結果、熱線吸収ガラスがテラヘルツ領域において比較的良好な吸収特性を有することを明らかにした。さらにその吸収熱の検出方法について、室温において高感度な検出を行うことを目標とし、等温制御型カロリメータの実験装置を構築し基礎検討を行った。本実験装置ではテラヘルツ入射電力による吸収体での吸収熱を、ペルチェ素

子を用いた熱電変換により直流の電力に置換して測定を行う方法を採用した。まず、基本となる直流応答特性の評価を行い動作条件の最適化を進めた。テラヘルツ検出の実験では熱放射や環境温度の変化などの様々な外乱が無視できないことが明らかとなった。これらの影響についてはより定量的な解析が必要ではあるが、1テラヘルツにおいてサブマイクロワットレベルの検出に成功した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕テラヘルツ、絶対電力、トレーサビリティ

〔研究題目〕化学分離を必要としない迅速な放射性ストロンチウムの絶対測定法の研究

〔研究代表者〕海野 泰裕（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕海野 泰裕（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、化学分離を用いずに、Cs-134、Cs-137 と混在した試料中の Sr/Y-90放射能を測定する手法を開発することを目的とする。本手法の開発において、原理を実証するための実験を実施し、既知値との比較により実験結果を検証する。実証実験のための検出器と測定回路を設計し、実機を組上げて測定する。

本研究で開発する測定手法の原理が $4\pi\beta\gamma$ 同時計数法を応用する。そのため、試料から放出されるベータ線とガンマ線の双方に対して高い計数効率を持つように、実証実験に用いる測定器を開発した。測定結果の解析により、評価された試料中の Sr/Y-90放射能は、本測定手法が実際に成立することを実証できた。

測定された Sr/Y-90放射能の不確かさ評価を実施した。個別要素を分析すると、測定不確かさを小さく抑えるために、ベータ線計数効率を向上させることが重要であることが示された。また、ガンマ線検出器の配置の違いがどのように影響するのか、明らかにしておくことが必要であることも示された。

この課題に対して、シンチレータからの光の取出し方法を改善した感度の高いベータ線検出器を開発した。また、ベータ線とガンマ線を核データの通りに放出するシミュレーション技術を開発した。これらにより、Sr/Y-90放射能測定に適した測定器を設計できるようになった。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕放射能測定、放射性ストロンチウム、絶対測定、ガンマ線検出器、ベータ線検出器、シミュレーション

〔研究題目〕環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化

〔研究代表者〕羽成 修康（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕羽成 修康（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目標は、一から八塩素化体の同族体を有する

塩素化ナフタレン (PCN) の全75異性体について、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC×GC/MS) を用いて詳細な分離分析を実施することである。当該年度は、三塩素化体の異性体に関して得られた詳細な分離分析結果を解析し、異性体分離・定性情報を確定すること、及びその分析条件を製剤・環境試料に適用すること、さらに未だ不足している臭素化ナフタレン (PBN) 異性体を光化学反応を用いて合成することであった。三塩素化体では、14異性体のうち12異性体の分離を確定できたため、全異性体の完全分離は困難であったが、結果として73異性体の分離を実現した。また、本法を PCN 製剤である **Hallowax** シリーズの分析に適用し、詳細な成分組成解析を実施したところ、なかでも研究協力者等からの協力により入手した **Hallowax** 水溶液の光分解試験前後の分析結果から、紫外線強度の強い山頂付近では PCN が脱塩素化等し、低塩素化することが明らかとなった。特に、ダイオキシン類似の毒性を示す異性体が存在しない製剤 **Hallowax1051** においては、光分解試験後の溶液中に毒性を示す五塩素化体の異性体#52/60、六塩素化体の異性体#66/67が脱塩素化等により生成したことを確認した。得られた結果は、PCN に関するリスク評価及び汚染源推定の高度化に繋がる成果と考えられる。PBN の合成に関しては、より良い光化学反応条件を確定できなかったため、合成手法の変更が必要となったが、市販の一部 PBN 異性体では GC×GC/MS により詳細分離が可能であったため、本法は PCN/PBN の一斉分析を可能とする一つの手法であると考えられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】有害化学物質、環境分析、異性体分離、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計

【研究題目】液中分散ナノカーボン材料の分散安定化機構の解明

【研究代表者】加藤 晴久 (計測標準研究部門)

【研究担当者】加藤 晴久 (常勤職員1名)

【研究内容】

安定な液中分散ナノ材料を作製するには、界面活性剤や錯体分子を分散剤として利用した液中で均一且つ安定化させる方法が有効である。このとき高効率且つ最適な分散剤添加量を決定するためには、定量的な分散剤吸着量の計測評価と分散安定化機構の解明が必須である。本研究では、とくに水中での分散が困難で会合性が高いナノカーボンに焦点を当て、材料分散安定性に対するナノカーボンへの分散剤吸着量の相違・ナノカーボン/分散剤会合体の構造変化の関係を評価することを目的とした。H25FY ではカーボンブラックならびにグラフェンにおける液中分散法を検討した。高分子分散剤としては BSA、肺サーファクタント、CMC を用いた。低分子分散剤としては Tween80、Triton、Puluonic を用い、超音波分散時間、超音波パワーならびに分散温度等の最適

条件を検討した。

作成した分散液の安定性については動的光散乱を用い、その粒径変化ならびに光強度変化から評価を実施した。各ナノ炭素材料における分散剤による表面電位の違いについてはゼータ電位を用いた検討を実施した。結果、安定的に分散された分散液のゼータ電位値は、分散剤にかかわらずその絶対値は小さく、安定性は粒子間の静電反発相互作用ではなく、立体反発相互作用等がかかわっていることが DLVO 理論より解明された。

さらに PFG-NMR による自由ならびに束縛分散剤の拡散挙動評価を実施した。具体的には初期分散時における分散剤に対し、そのあとのさらなる分散性を誘起させるための別分散剤の添加を実施した際に、分散剤置換が起こるかについての評価を中心に実施した。結果、初期分散に使用した分散剤はどれも非常に強くナノ炭素材料に束縛されており、その後に添加した分散剤は弱い相互作用はするものの、置換が起こらないことが確認された。これらの成果を “Behavior of surfactants in aqueous dispersions of single-walled carbon nanotubes” のタイトルで査読付き論文として RSC Advance にて発表し、さらに UK で開催された Nano energy 討論会にて成果発表を実施した。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】分散性、分散剤、ナノ材料、粒径、DLS、PFG-NMR、ゼータ電位、拡散係数

【研究題目】デュアル光格子時計を用いた、黒体放射の影響を受けない合成時計周波数の実証

【研究代表者】赤松 大輔 (計測標準研究部門)

【研究担当者】赤松 大輔 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、二つの光格子時計に周波数安定化されたレーザを用い光周波数コムを周波数安定化することで黒体放射の影響を受けない合成時計周波数の存在を実証することを目的としている。そのためには Sr 光格子時計と Yb 光格子時計を同一真空槽中で実現する必要がある。そこで、2年目は、前年度までに完成した Sr 光格子時計の絶対周波数計測、および不確かさ評価を行った。さらに既存の Yb 光格子時計と組み合わせて Yb/Sr 光格子時計の周波数比計測を行った。これらの結果は、論文にまとめ、英文誌に出版された。

さらに、デュアル光格子時計を目指し、Sr 光格子時計が実現している真空装置を用いた Yb 原子のレーザ冷却の実験を行った。ダイクロイックミラーを用いて Yb 原子レーザ冷却のための光を Sr 原子レーザ冷却用の光と重ね合わせることで、同時に二つの原子種の磁気光学トラップに成功した。二種類のアルカリ土類金属の異重項間遷移をもちいた磁気光学トラップに同時に成功したという例はなく、世界初の成果であるといえる。これは、

デュアル光格子時計の実現への大きなマイルストーンとなるだけでなく、混合冷却気体の物理の新たなフィールドを提供する成果である。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕光格子時計、黒体放射、光周波数コム

〔研究題目〕常磁性物質定量用新規一次標準分析法の開発

〔研究代表者〕松本 信洋（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕松本 信洋（常勤職員1名）

〔研究内容〕

重量法・電量分析法・凝固点降下法は、物質質量（濃度・純度）の標準物質を参照する事なく試料の濃度等を直接定量できる一次標準直接法であり、様々な認証標準物質の値付けに用いられている。本研究では、将来の一次標準直接法の候補となる新規定量分析法の実現を目標として、キュリー・ワイスの法則に基づく不対電子をもつ成分を対象とした定量分析法を検討した。一次標準直接法による分析値の不確かさは詳細に評価されている必要がある。本分析法の原理の妥当性確認を目的として、酸化ガドリニウムと反磁性の酸化ケイ素の混合粉末における酸化ガドリニウム濃度を本磁気分析法により分析したときの不確かさ要因を詳細に検討した。非線形最小自乗法による回帰分析の方法を改善した結果、分析値の拡張不確かさは約5%となった。その不確かさを今後減少させていくためには、磁気モーメントの磁場中温度依存性測定に使用している超伝導量子干渉計の温度センサーの極低温領域から室温までの広範囲にわたる校正と磁気モーメント測定値の再現性の向上が必要である。本定量分析法は非破壊的な共存分析法であり、本研究の分析条件下では、試料の絶対量が10~100 mgの半微量分析、分析対象成分の相対量が0.1~100%である常量成分分析である事を確認した。今後、フリーラジカルまたは遷移元素をもつ高純度化合物の非破壊的純度分析法などへの応用が期待される。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕分析化学、計量学、磁気分析

〔研究題目〕配列特異的な核酸分子の高精度定量技術の開発

〔研究代表者〕藤井 紳一郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕藤井 紳一郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

生体分子として重要な位置づけにある核酸分子（DNA や RNA）を対象として、臨床検査や食品検査などでの定量分析が行われている。しかし、定量値の信頼性を確保するための高精度な定量技術は少なく、適用可能な範囲の拡大も含めて開発が急務である。従来行われてきた高感度な核酸分析手法として、酵素的な増幅を利用した PCR 法が用いられてきたが、増幅効率や非特

異的増幅などの問題から、直接的に高分子の核酸を定量することのできる手法が求められている。そこで本研究では、分光学的手法や PCR 法といった相対比較法ではなく、塩基配列情報を維持した高分子の核酸分子を直接定量する絶対的な定量手法を開発することを目的とする。本年度は、質量分析法を用いた核酸の定量評価を実施した。具体的には、これまでに合成、評価を行った核酸、および定量評価が行われた核酸認証標準物質等を用いて、対象となる高分子の DNA の質量分析を行った。また、測定対象試料としては、測定対象の適用範囲の拡張を念頭に置き、オリゴ DNA から600塩基対程度の長鎖 DNA および1000塩基程度の長鎖 RNA を対象として、それらの定量評価を行った。これらの試料は、同位体希釈質量分析法などの手法で定量評価された核酸分子であり、本研究で開発する測定に関する妥当性の確認が可能である。測定における分離分析技術としては、高速液体クロマトグラフィ（HPLC）やキャピラリー電気泳動（CE）法を適用した。HPLC については、サイズ排除クロマトグラフィ（SEC）カラムを用いた分離系を検討し、特に質量分析法に適用可能とするために通常溶離液に添加される吸着防止剤である塩類を添加しないものとした。カラム担体や溶離液 pH などを最適化することで、こうした条件でも効率よく分離可能な系を開発し、核酸分析に適用した。また、CE 法では、通常高分子核酸を分離する際に用いるゲル緩衝液を用いた質量分析との融合を検討した。ゲル緩衝液をイオン源へ導入しても分析可能なように、微量試料導入装置を独自に開発し、本分離法による高分子核酸の質量分析を実施した。これらの分析結果は、測定対象試料を評価した同位体希釈質量分析法などの他の測定結果と一致する結果が得られたことから、本研究で開発した測定技術による測定結果の妥当性が確認された。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕核酸定量、配列特異的、質量分析

〔研究題目〕陽電子寿命測定法を用いた構造物の疲労検査装置の開発

〔研究代表者〕山脇 正人（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕山脇 正人（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年インフラの劣化が問題視されており、構造物の安全性が求められている。陽電子寿命測定法は金属疲労と密接な関係がある転位等の原子欠陥レベルの超微細空孔の高感度検出が可能であり、本測定法の金属疲労検査等の応用の期待が高まっている。そこで今回、構造物の“その場”測定が可能なアンチコインシデンスを用いたノイズキャンセル方式による陽電子寿命測定技術を用いた、ポータブル型寿命測定装置の開発の上で必須となる遮光性を有する Ti 薄膜製 Na-22線源を試作し、性能評価を行った。

Ti 薄膜製 Na-22線源を採用した陽電子検出器で観察された約1 %のノイズの影響について検討したところ、要因はアンチコインシデンスを行う上でノイズをキャンセルする為に用いているシンチレータの寿命成分の可能性であることがわかった。そこでシンチレータ由来の陽電子寿命成分をモデルとしたノイズの計算評価を行ったところ、単結晶シリコンの陽電子寿命にして10 ps 程度短く見積もってしまう傾向があることがわかった。そこで、長寿命成分をフィッティングパラメータに予め追加し、通常2成分解析を行うところを3成分解析することで、このサンプル寿命のずれを1桁程度緩和できるとの計算結果を得た。この値は短時間でその場測定においては十分許容出来る範囲と考えられる。この様にして解析におけるパラメータを決定することが出来た。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】陽電子寿命測定、非破壊検査、その場測定、金属疲労、金属材料

【研究題目】多層型マンガンバスによる中性子放出率の絶対測定法の開発

【研究代表者】松本 哲郎（計測標準研究部門）

【研究担当者】松本 哲郎（常勤職員1名）

【研究内容】

放射性同位元素による²⁵²Cf や²⁴¹Am-Be 中性子線源は、水分計や非破壊検査などさまざまな産業、工業分野で利用されている。中性子線源は、現場の安全やコンプライアンスの観点からも管理が求められている。その一つの指標が中性子放出率（単位時間当たりの中性子放出数）であるが、従来中性子放出率の絶対測定には、大規模な装置を必要としていた。本研究では、マンガン含有合金と水素を含有したポリエチレン板を多層状に配置した構造の多層型マンガンバス検出器を提案した。検出器の中心に中性子線源をセットする。線源からの中性子は、検出器中水素により減速され、金属中のマンガンが⁵⁵Mn (n, γ) ⁵⁶Mn 反応で放射化して得られるガンマ線を測定することにより、中性子放出率を求めるものである。本検出器では、検出器中のマンガン含有量が結果に大きく影響を及ぼす。そこで、組み立てた検出器中のマンガンの絶対量を知るために、マンガン合金中のマンガン含有量を産総研熱中性子場における放射化法を用いて、純マンガン粉末との比較測定を行った。放射化測定では、純マンガン粉末を内部が20 mm 直径×1 mm 厚のアルミニウムケースに入れた状態で行った。合金も20 mm 直径×1 mm 厚のペレット状に加工し、同様のアルミニウムケースに入れた。放射化後は、相対検出効率60 %の高純度 Ge 検出器によって測定が行われた。また、合金の板ごとの差異がないことを確かめるために、熱中性子による放射化法に加えて、京都大学原子炉実験所の電子ライナックを用いた熱中性子ビームを用いてマンガン全断面積の中性子共鳴を用いた透過測定による検証も行

った。その結果、合金中のマンガン含有率が導出でき、合金の板ごとのマンガン含有率には中性子放出率測定に影響を与える差異がないことも示すことができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】中性子放出率、マンガン、中性子線源

【研究題目】MEMS 式熱量計によるナノ粒子の比熱測定と低次元系比熱理論への実験的アプローチ

【研究代表者】阿部 陽香（計測標準研究部門）

【研究担当者】阿部 陽香（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を用いた断熱型熱量計を開発し、ナノ粒子等の直接的な微小熱容量測定を実現することにより、低次元系における物質の熱的性質を明らかにすることである。平成25年度は、これまで研究されている MEMS 式センサの調査研究を基に、MEMS 式熱量計に適した温度センサ、ヒータ、サーモパイルなどの形状・構造の検討を行い、熱量計の設計を進めた。また、断熱制御に必要な PID 制御をソフトウェア方式にすると共に、リアルタイム自動制御可能な比熱容量計測システムの整備を進めた。

さらに今年度は、MEMS 式熱量計による測定の性能評価に用いる標準物質の検討を行った。現在頒布されている標準物質はバルク形状であり、MEMS 式熱量計で使用するためには粒子形状にする必要がある。しかしながら、微粒子の比熱容量測定に関する検討はほとんどなされていない。そこで、示差走査熱量法により、熱容量標準物質 (NISTSRM720、合成サファイア) を粒子形状にして測定を行い、バルク形状の同標準物質の測定結果と比較した。この結果より、MEMS 式熱量計の測定性能評価を行うための有用な情報が得られた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】比熱容量、微粒子、MEMS、熱量計

【研究題目】常温下熱機械変位方式高速高感度光パワー標準器の開発

【研究代表者】雨宮 邦招（計測標準研究部門）

【研究担当者】雨宮 邦招（常勤職員1名）

【研究内容】

分光量子効率の基準器として用いられる電力置換方式熱型検出器は SI 単位にトレーサブルな高精度光パワー計測が可能だが、従来の熱電変換型温度検出方式では応答時定数が数十秒と長く、また光吸収部が任意波長で一律な吸収率を保証しきれていない点等により、所望の波長域での網羅的測定に不向きだった。これを克服すべく、熱型光パワー測定器のセンサ部に高速応答と高感度を両立できる機械的変位検出方式を採用し、また超低反射率と波長感度一様性を保証した光吸収体を実現・実装して、

国家標準レベルの高精度かつ常温で高速読取可能な光パワー標準器の開発を目指した。

高速高感度 MEMS 型光パワーセンサの試作：昨年度から検討していた MEMS センサの最適化設計に基づき、MEMS センサの仕様として数 mm 角の Si-Al バイメタルシートを細い4本の梁（ビーム）で支える「竹とび型構造」を採用し、試作を進めた。試算の上では時定数1秒以下、等価ノイズパワー数十 pW/√Hz の特性が得られる設計である。その後、完成した MEMS センサの熱変位をレーザ変位計で計測する系を構築し、応答速度、応答感度など基本特性を評価した。その結果、MEMS センサの熱変位の検出に成功し、時定数0.3 - 0.6秒という高速応答が実現できていることがわかったが、変位のパワー感度は設計値の10 - 20分の1程度であることがわかった。Al 成膜の膜質が一因となっているものと考えられるが、それでも NEP は数百 pW/√Hz が得られると見込まれ、従来方式の熱型光パワー検出器より一桁近い性能向上である。

光吸収体の試作：昨年度に FDTD シミュレーション等で得られた知見に基づき、NiP ブラックと同様な吸収層つきマイクロピット構造を有した光吸収体を試作した。具体的にはイオントラックエッチング法を応用し、樹脂基板上に高エネルギーイオンビームを照射後、化学エッチングで現出したエッチピットの表面に炭素系光吸収体を堆積することで低反射光吸収体とした。試作した光吸収体は標準反射板との比較により絶対反射率評価を行った。その結果は理論予想（コンマ数%）に対し、1%弱という結果であった。これはマイクロピットのアスペクト比不足が一因と考えられ、ピット構造を鋭くすることで0.1%級の極低反射率も不可能ではないと考えられる。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光カロリーメータ、光吸収体、レーザパワー、計測標準

【研究題目】高出力レーザ用イメージングパワーメータの実現に向けたイメージセンサ校正技術の開発

【研究代表者】沼田 孝之（計測標準研究部門）

【研究担当者】沼田 孝之（常勤職員1名）

【研究内容】

高出力半導体レーザや高パワー伝送用ファイバなど、高次の横モードを持つレーザ光源の普及が進んでおり、従来のパワーに加えビームプロファイルやパワー密度などの空間パラメータの評価技術が求められている。そこで本研究では CCD 等の二次元格子型光検出器（イメージセンサ）をレーザパワー測定に適用するための応答度評価技術と入射ビーム精密減衰技術の開発に取り組んでいる。本年度は、イメージセンサ応答度評価技術と不確かさ評価およびレーザ減衰技術の開発を行った。応答度

は、国家標準にトレーサブルな mW~W のパワーを持つビームを CCD 表面に照射して得られる CCD 信号から導出し、その不確かさ要因として面感度均一性、温度依存性を評価した。特に前者（均一性）に関しては近赤外波長において CCD の露光時間に依存した性能の劣化が生じその様態はセンサ毎に異なることを見出した。また高耐力レーザ減衰器の実機開発を進め原理の実証と基本特性評価を行って、100 dB 以上の減衰能力が得られる見込みを得た。本研究は、実験装置の稼働時間の都合から研究計画を当初の H25年度から1年延長した。次年度は減衰量の評価と高パワーレーザに対する耐力を評価したのち CCD 素子に組み込みイメージングパワーメータを構築して国家標準との比較により提案技術の妥当性を検証する。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】レーザパワー、パワー密度、CCD、CMOS、イメージセンサ、ビームプロファイル、均一性

【研究題目】新規シス/トランス異性体分離法の開発とそれを利用したトランス脂肪酸の高精度分析

【研究代表者】稲垣 真輔（計測標準研究部門）

【研究担当者】稲垣 真輔（常勤職員1名）

【研究内容】

食品に含まれるトランス脂肪酸の分析には AOCS 法などの公定法が広く用いられるが、これらの方法ではメチルエステル化を含む前処理や GC による測定に時間を要するといった欠点がある。本研究では、メチルエステル化法の改良および同法に替わる誘導体法法の開発、さらには高速 GC を適用することにより、測定的大幅な迅速化を目指した。

得られた成果としては、メチルエステル化法を改良することにより、室温で約10分反応させるのみで GC への直接注入が可能な方法を見出し、迅速で簡便な前処理を実現した。これを高極性イオン液体のカラムを用いた高速 GC と組み合わせることで、迅速なトランス脂肪酸測定法の開発に成功した。高速 GC 法における1検体の測定に要する時間は、前処理の操作を含め30分以内であり、既存の公定法と比較して3分の1以下と大幅に時間を短縮することが可能であった。高速 GC 法により得られたトランス脂肪酸含量について、既存の公定法と比較したところ、同等の値を得ることが可能であり、また、再現性も極めて良好であった。これらの結果から、高速 GC 法は食品中のトランス脂肪酸分析に有効であり、非常に簡便で信頼性が高い分析法であると判断された。実際に、開発した方法を用いて、国内の市場で流通している様々な食用油脂の市販調査を行った。その結果、トランス脂肪酸含量は過去の報告と比較して明確に減少しており、国内で流通している食用油脂中のトランス脂肪酸の低減

化は順調に進行していることが裏付けられた。開発した方法は、今後、油脂製品の品質管理や我々の日常におけるトランス脂肪酸摂取の迅速なスクリーニングなどに利用されることが期待される。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】食品分析、脂肪酸、ガスクロマトグラフ、誘導体化、幾何異性体（シストランス異性体）

【研究題目】治療用高エネルギー電子線の絶対線量計の開発

【研究代表者】田中 隆宏（計測標準研究部門）

【研究担当者】田中 隆宏（常勤職員1名）

【研究内容】

放射線治療の効果は、照射された領域の吸収線量に比例する。そのため、吸収線量の精度が放射線治療の成否を決める重要な因子となる。本研究の目的は、治療用放射線の中でも飛程の短い電子線の吸収線量を絶対測定できる線量計（薄入射面グラフィトカロリメータ）を開発することである。

本グラフィトカロリメータは、検出器と制御測定系に大別され、昨年度（平成24年度）は検出器の設計および組立を行った。設計した検出器の組立過程でいくつか課題が生じたため、本年度（平成25年度）の前半は、検出器の再設計および組立を行った。その結果、部品間のスライドの解消と、薄膜蒸着グラフィトのクランプの強化に成功し、昨年度明らかになった課題を克服することができた。また、検出部の内部構造を X 線撮影により評価し、設計通りの三重の中空構造であることを確認した。

本年度の後半は、制御測定系の開発を行った。交流駆動のブリッジ回路とゼロ検出器としてロックインアンプを利用した精密な温度測定系を構築し、単体では十分な性能であることを確認した。現在、この制御測定系によって検出器を制御できるように結線用回路の作成および制御プログラムの開発を進めており、次年度には検出器と制御測定系を組み合わせて線量計として駆動できるようにする予定である。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】カロリメータ、治療用電子線、水吸収線量

【研究題目】受光素子における応答非直線性とその波長依存性の抑制手法確率に向けた研究

【研究代表者】田辺 稔（計測標準研究部門）

【研究担当者】田辺 稔（常勤職員1名）

【研究内容】

フォトダイオード等の受光素子は、入射光の波長やビーム径によって、応答度が非直線性を示すことがある。本研究は、その様な受光素子の応答非直線性とその各種

依存性（特に波長依存性）の発生機構を実測と理論モデルを用いて明らかにする手法を確立することを目的とする。さらに、得られる研究成果を用いて受光素子の構造の最適化を行い、素子の有感波長領域に対して高い光吸収率や収集効率を有し、かつ応答非直線性が現れない受光素子の開発にむけた設計仕様を提案することを目指し、レーザパワー計測や測光・放射計測などの分野に貢献する。

今年度は、フォトダイオードの応答非直線性の波長依存性を実測するため、可視光から近赤外領域の波長範囲にわたる高安定なレーザ光源の整備を行うとともに、光パワー重ね合わせ方を用いた応答非直線性測定システムを構築した。このような測定システムを用いて、様々シリコンフォトダイオードに対して応答非直線性の波長依存性データを取得したところ、大きな応答非直線性を示すフォトダイオードや応答が直線であるフォトダイオードがあることがわかった。また、大きな応答非直線性を示すフォトダイオードは、近赤外波長で数%から数十%の非直線性を示し、可視光波長でも1%弱の非直線性を示す事が分かっている。これらの結果を理論モデルと比較すると、応答非直線性の関数形が一致する場合と、一致しない場合があることが分かった。得られた成果は国内の学会で2件報告し、2014年に開催される国際会議にて口頭発表に選出された。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】シリコンフォトダイオード、応答非直線性、レーザパワー

【研究題目】極低温温度測定のための音叉型水晶振動子を用いたヘリウム3融解圧温度計の開発

【研究代表者】中川 久司（計測標準研究部門）

【研究担当者】中川 久司（常勤職員1名）

【研究内容】

PLTS-2000はヘリウム3融解圧曲線及びその曲線上の4つの定点により温度範囲900 μK から1 K までを定義する国際温度目盛である。その定義計器である容量歪み圧力計のヘリウム3融解圧温度計は、その製作・操作が簡単ではないため、超低温物理および標準分野での利用に留まっている。また、一般的に希釈冷凍機が生成する極低温の測定に用いられている半導体系抵抗温度計は、扱いやすいものの、20 mK 以下の温度測定は困難である。最近、数 mK まで冷却可能な寒剤不要の希釈冷凍機が市販化されたことで、極低温環境の利用が増加している。そこで、本研究では容量歪み圧力計方式のヘリウム3融解圧温度計に代わり、製作・操作が簡単な音叉型水晶振動子（QTF）を用いたヘリウム3融解圧温度計を開発することを目指している。

平成25年度は、実験準備期間として、まず多種類の

QTF を準備し、それらの加工方法について検討を行った。室温から1 K までの温度が生成可能なインサート型冷却装置と予備実験用サンプルセルの設計・試作を進めた。また QTF の測定系について調査・検討して、それに必要な配線、測定機器を準備した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕ヘリウム3融解圧温度計、国際温度目盛 PLTS-2000、音叉型水晶振動子、極低温度測定、ヘリウム3、粘性、準粒子

〔研究題目〕in-situ 温度測定によるイッテルビウム光格子時計の高精度化

〔研究代表者〕田邊 健彦（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕田邊 健彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

産総研で世界に先駆けて開発に成功したイッテルビウム (Yb) 光格子時計は、次世代の時間・周波数標準の有力な候補の一つである。現在、Yb 光格子時計における主な不確かさの一つが、原子を囲む環境からの輻射による、Yb 原子の時計遷移の上・下準位のシフト（黒体輻射シフト）に起因する不確かさである。本研究では、この Yb 光格子時計の黒体輻射シフトによる不確かさを軽減するため、原子を取り囲む環境温度の in-situ（その場）測定を目的としている。具体的には、Yb 原子の時計遷移の上準位から n （主量子数）の値が15~40の「リュードベリ状態」への遷移周波数を測定し、そこから原子を取り囲む環境温度を精密に決定する。これは他の研究グループにより最近行われた理論研究で提案された、環境温度の測定手法である。

高精度の環境温度の測定に向けて、本年度は Yb 原子の冷却・捕獲に必要な波長399 nm のレーザー光源の開発に成功した。波長798 nm の外部共振器半導体レーザーからの光（基本波）をテーパードアンプにより約1 W まで増幅した後、ボウタイ型光共振器中に置いた PPKTP 結晶に入射し、第二次高調波発生により波長399 nm の光（SHG 光）を得た。その結果、基本波の強度が約300 mW のとき、約50 mW の SHG 光が得られた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕光格子時計、黒体輻射

〔研究題目〕土壌菌核が高濃度に含有するキノンの役割解明

〔研究代表者〕伊藤 信靖（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕伊藤 信靖（常勤職員1名）

〔研究内容〕

世界中の土壌から広く検出されている菌根菌の一種、*Cenococcum geophilum* は高濃度（数%）に4,9-dihydroxyperylene-3,10-quinone (DHPQ) を含有するものの、その役割については未だに良くわかっていない。そこで本研究では、この DHPQ の生体内での役割

を解明する事を目的とした。

DHPQ の合成は既報 (A. Calderbank et al., J. Chem. Soc., 1954: 1285-1289) に従った。本法では1ロット毎に得られる収量が少ないため、合成を複数回行うことにより約3g の粗 DHPQ を得た。既報では最終段階で昇華精製を行っていたが、この操作により著しく DHPQ の収量が減ってしまうこと、および元素分析計による純度評価で80 %以上の純度が確認できたため、昇華精製を行わなかった。得られた DHPQ を用いて、抗菌能の評価を最小発育阻止濃度 (MIC) により行った。菌種には大腸菌 (*Escherichia coli*) と黄色ブドウ球菌 (*Staphylococcus aureus*) を用い、DHPQ と類似構造を持つテトラサイクリン (抗菌剤)、キニザリン、1,4-ジヒドロキシナフトキノンについても行った。その結果、他の類似化合物では抗菌能が認められたものの、DHPQ については有意な抗菌能は認められなかった。また、これらの類似化合物と合わせて DHPQ の水酸基について酸解離定数 (pKa) を評価した結果、DHPQ の pKa が最も高い (10.4) ことが明らかになった。このことから、通常的环境下での pH においては DHPQ の水酸基はほとんど解離していないことが明らかになった。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕キノン、菌核粒子、

Cenococcum geophilum、抗菌性、pKa

〔研究題目〕完全に基礎物理定数に基づく電圧標準体系の確立に向けた量子化ホール抵抗分圧器の開発

〔研究代表者〕堂前 篤志（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕堂前 篤志（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、量子化ホール抵抗 (QHR) 素子を集積化して10:1比の分圧器を製作し、その分圧比を 0.1×10^{-6} オーダーの精度（不確かさ）で評価することを最終目的としている。この最終目的の達成のため、「10:1比 QHR 分圧器の製作」と「分圧比評価システムの構築」の2本立てで研究開発を進めている。

「10:1比 QHR 分圧器の製作」においては、その製作の歩留まり向上が期待できる新たな配線パターンを着想し、その配線パターンの有用性を定量的に評価するため数値計算による検証を進めている。「分圧比評価システムの構築」においては、分圧比評価システムのキーデバイスである基準誘導分圧器の設計および製作を行った。また、この基準誘導分圧器の電気的特性を精密に評価可能な分圧器校正システムを完成させた。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕量子化ホール抵抗、抵抗分圧器

〔研究題目〕精密低周波交流電圧発生器を用いたゼー

ベック係数の絶対測定技術の開発

〔研究代表者〕 天谷 康孝（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 天谷 康孝（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、直流信号と交流信号を組み合わせることで、従来法とは異なり、熱伝導率によらず絶対熱電能を導く新たな測定技術を開発することを目的としている。そのためには、①トムソン係数の評価技術、②超伝導体を参照物質とした比較測定技術の確立が必要とされる。

年度計画に従い1年目はトムソン係数の評価技術を確認することに注力した。まず、交流信号を試料に加えた場合の厳密な熱伝導解析を行い、トムソン係数を導出した。新たに得た導出式には熱伝導率や試料寸法が含まれず、交流電流量からトムソン係数を導出可能な特徴を持つ。次に、測定原理の実証を目的に、室温から200℃まで動作可能な試料セルを製作し、Pt線のトムソン係数を評価した。具体的には、真空中チャンバ内で試料両端を40mm角の銅ブロックで固定し、熱伝導率が低いステンレス製ステージにマウントした。さらに、銅ブロックの両端の温度制御を電力制御方式とすることで、試料中央部の温度変動を約1mK/min以下に改善した。その結果、トムソン効果による100mK以下の温度変化を測定することに成功した。

次年度に予定している超伝導体との比較測定に向け、クライオスタットの試作も開始した。断熱型クライオスタットを念頭に置き、試料セルの設計を行った。また、参照物質、温度計、ヒータ、低温部材等の選定を行った。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 絶対熱電能、トムソン係数、交流信号

〔研究題目〕複合的実験手法による⁷Li(p,n)反応単色中性子スペクトル構造の解明

〔研究代表者〕 増田 明彦（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 増田 明彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

中性子検出器の校正等に用いる数十MeV領域の高エネルギー中性子は、サイクロトロンで加速された陽子ビームをリチウムターゲットに入射する⁷Li(p,n)反応で生成される。生成される中性子は校正で用いたい高エネルギー単色ピーク成分に加えて低エネルギーの連続成分が存在する。これが測定にはバックグラウンドとして影響するため、そのスペクトラルフルエンスの評価に取り組んでいる。

本研究ではまず、最近サイクロトロン施設で利用可能になった1/80程度のビーム間引き技術を利用して、中性子飛行時間法によるスペクトル測定を行った。従来はビームの繰り返し周波数に起因する制約で数MeV程度だった本方法による測定下限を20keVにまで広げることになった。測定エネルギーの幅が広がったので、MeV領域用の有機液体シンチレーターに加えてkeV領

域用のリチウムガラスシンチレーターを使用した。

次に、熱中性子までの全エネルギーを対象とした測定のために放射化検出器を用いた受動型のボナー球スペクトロメーターを製作した。これまで使っていた能動型検出器を用いたボナー球検出器では数十MeVの高エネルギー粒子の存在下で正確な信号をピックアップすることが難しく、またビームに時間構造があるため検出器の不感時間の評価に懸念があったため、金などの放射化を用いた受動型の検出器を採用した。今年度は受動型のボナー球検出器を製作し、モンテカルロ計算や産総研の中性子施設を使用して応答関数などの特性評価を行った。

次年度からは、高エネルギー中性子場において受動型のボナー球スペクトロメーターによる測定を行い、アンフォールディング法によるスペクトラルフルエンスの導出を試みる。アンフォールディング法は、与えられた初期推定スペクトルを元にして数個の異なる応答関数を持つボナー球の測定結果に合うような解スペクトルを導出する方法であり、結果の信頼性は初期スペクトルの信頼性に大きく依存する。本研究では広いエネルギー領域に渡る中性子飛行時間法による測定の結果を初期推定スペクトルとして使えるため、よい結果が期待される。

〔分野名〕 計測・計量標準

〔キーワード〕 中性子、高エネルギー中性子、中性子飛行時間法、アンフォールディング法、中性子計測・計量標準

〔研究題目〕超伝導ナノ構造を用いた量子電流標準の研究

〔研究代表者〕 中村 秀司（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 中村 秀司（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、微細加工技術で作製されたナノスケールの超伝導デバイスを用いて直流電流標準を実現することである。電流値を正確に測定することは、構造の微細化が進み微小な電流を測定することが求められる現在のエレクトロニクスにおいては必須な技術である。これまでの電流標準は、ジョセフソン電圧標準および量子ホール抵抗標準を用いて間接的に実現されてきたが、本研究では、SINIS接合構造を持つ単電子トランジスタ、および位相すべりを発現する超伝導細線を用いることにより直接的に電流の標準を実現し、ナノテクノロジー、バイオセンサーなどにおいて重要性が増している数pA～数nAの電流標準の確立を目指している。

本年度は、SINIS型の単電子ポンプの新規安定化手法を開発し、その物理的起源を数値計算によって明らかにした。また位相すべりを発現する超伝導細線作製に向けて10nm程度の細線の作製に着手した。

今後は、超伝導電極として現在用いているAlを超伝導ギャップのより大きなNbに替え、かつ島電極として微粒子を用いることでSINIS型素子の精度向上を目指

す。また10 nm オーダーの超伝導細線を作製し、そこで発現する位相すべりという現象を用いることで量子力学的に保護された電流の生成を目指す。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕電流標準、単電子トランジスタ、微小超伝導接合

〔研究題目〕走査電子顕微鏡法における二次電子像表面ポテンシャルコントラスト原理の解明

〔研究代表者〕熊谷 和博（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕熊谷 和博（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、半導体基板上に置かれた厚み数 nm の薄膜試料の走査電子顕微鏡法（SEM）二次電子像は、薄膜の形状ではなく、表面ポテンシャルを反映したコントラスト示し、また、二次電子の中でも特に低エネルギー成分がこの像形成に大きく寄与しているという報告がなされている。これに関して、半導体-薄膜接合を考慮したコントラストモデルが提唱されているが、十分な検証はなされていない。そこで、本課題では、SEM による薄膜の二次電子像形成原理の解明を目的とした研究を行った。まず、SEM 装置における二次電子検出特性を参照試料を用いて実験的に推定する手法を提案した。さらに、組成傾斜をもったモデル薄膜試料の作製、X 線光電子分光法によるバンド構造の評価、モデル試料の SEM 観察を実施した。モデル薄膜試料（2 nm 厚）では、表面ポテンシャルよりもバルクとしての性質が強調された二次電子像が得られた。これは当初の予想に反するものであり、像形成モデルの妥当性について疑問が示された。また、電子分光実験から二次電子に加え、低エネルギー損失電子がナノ薄膜の可視化に有効であるとの知見が得られ、低エネルギー損失電子を用いた分光的 SEM 像観察の基礎的データを取得した。この知見は、SEM の可能性をさらに広げるものであり、今後の発展が期待される。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕走査電子顕微鏡、二次電子、コントラスト、薄膜、ナノ材料

〔研究題目〕R32を基本成分とする低 GWP 混合冷媒の新たな熱力学モデル

〔研究代表者〕赤坂 亮（九州産業大学）

〔研究担当者〕粥川 洋平（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

冷凍空調分野においては、地球温暖化への寄与と、可燃性や毒性、化学的な安定性、サイクルに対する熱力学的な適性といった諸条件を満たす代替冷媒の実用化が近年の課題となっている。そこで本研究では炭化水素よりも可燃性が低く、他のハイドロフルオロカーボン（HFC）よりも地球温暖化係数（GWP）が低い R32に

着目し、この冷媒を含む混合冷媒の冷凍空調機器への適性を目的とし、プロパン・イソブタン等の炭化水素、R1234yf・R1234ze（E）等のオレフィン系冷媒等と R32 との2成分系混合冷媒に関する熱力学性質を実験的に求め、ヘルムホルツ自由エネルギーの混合測に用いるパラメータを決定することにより、それぞれの混合系の熱力学性質を計算可能な数値モデルを開発することが目標である。

2年目となる平成25年度は、循環式気液平衡性質測定装置に加え、等容法による露点計測装置を用い、R134a + R600a 系の測定を実施した。測定結果をヘルムホルツ型状態方程式による複数の汎用型混合則の推算結果と比較した結果、冷媒物性推算ソフトウェア REFPROP に標準で搭載される混合則が一定の信頼性を有していることを確認した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕混合冷媒、R32、状態方程式、気液平衡性質

〔研究題目〕先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

〔研究代表者〕稲場 肇（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕稲場 肇、洪 鋒雷、保坂 一元
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

波長3 μm 帯には、吸収強度の大きな NH、CH、OH などの水素化物の吸収があり、この波長域の超高分解能高精度分光研究は分子の基礎科学に大きく貢献している。また、その遷移周波数は分子種毎に異なり、非破壊で遠隔検知が可能であり、分析化学、大気化学、天文学、医療まで様々な科学技術分野に応用されている。波長3 μm 帯の分光計測には通常フーリエ変換赤外分光法（FTIR）が使われ、そのスペクトル分解能は約100 MHz である。一方、レーザを用いるとこれより高い分解能が得られるので、FTIR では重なって観察されていた吸収線が分離され、スペクトルの同定や微弱な分子内相互作用を知ることができる。本研究の目的は、高効率な波長変換デバイスである光導波路型 PPLN、および光周波数の高精度な物差しである光周波数コム（光コム）の2つの光源技術と、光共振器吸収セルによる超高分解能・高感度検出技術を融合させることにより、従来のフーリエ変換赤外分光法をはるかに凌ぐスペクトル分解能10 kHz をもつ波長3 μm 帯の分光計を開発することである。さらに、試作した装置を環境分野におけるアイソトープ分子種存在比の定量計測に応用し、装置開発にフィードバックするとともに、装置の有効性・実用性等について評価、実証する。

本年度は、狭線幅光周波数コムの開発を進め、123 MHz という高い繰り返し周波数を得ると同時に、300 kHz 分解能において50 dB の高い S/N のキャリア・エ

ンベローブ・オフセット信号、そして1秒平均で 10^{-15} 程度の周波数安定度を観察した。一方で、近赤外波長域のデュアルコムシステムを開発し、アセチレン分子などの分光を行った。さらにこれを中赤外波長領域である3.4 μm 帯に拡張するため、光コムが高非線形ファイバにより広帯域化された波長1-2 μm の広帯域光をそのまま光導波路型 PPLN に入射し、その1.0 μm 帯光と1.5 μm 帯光による3.4 μm 帯の差周波光コムの発生を試みた。分光器でスペクトルを観察するとともに、塩化水素の吸収線を確認して、発生した光が間違いなく3.4 μm 帯光であることを確認した。さらに、狭い線幅をもつ波長3.4 μm 帯の連続発振光の発生については、1535 nm の波長掃引用に用いる連続発振レーザの準備を進行中である。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光周波数コム、分子分光、分子分光計、スペクトル分解能、スペクトル線幅、波長3 μm 帯

【研究題目】微細射出機構による高粘度マイクロカプセル生成システムの開発

【研究代表者】青山 尚之（電気通信大学）

【研究担当者】大田 明博（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、同軸の多層ガラスピペット内にさまざまな高粘度液体または微小固体を充填し、それらを極細ロッドで精密に押し出ししながら、直径が100 μm 以下のマイクロカプセルを生成させる方法を提案し、その特性や性能および応用を実験的に検証することを目的としている。

産総研における研究分担は、微細射出機構を構成する極細ガラスピペット位置決め用の直動機構及び極細タングステンロッドの駆動機構の高速駆動時の振動特性の計測と減衰性能の向上である。極細タングステンロッドの押し出し速度やその振動がカプセル生成の再現性に大きく影響することから、今年度は昨年度に引き続きレーザドップラ振動計を用いて、タングステンロッドの微小振動を計測し、その特性評価を行った。その結果、溶媒中に微小液球やカプセルを生成することが確認された。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】マイクロカプセル、高粘度液体、極微小射出、直動機構、振動

【研究題目】海水からサンゴ各部位へのメタロミクスとその環境応答

【研究代表者】伊藤 彰英（麻布大学）

【研究担当者】朱 彦北（計測標準研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

サンゴとその生育環境である海水について多元素プロファイリングアナリシスを行うことにより、生育環境の違いによって、サンゴの各部位の微量元素の摂取・代謝・蓄積に与える影響をメタロミクスの観点から考察し、モデル化する。このため、天然のサンゴを採取し、生育環境を制御した海水槽を用いた飼育実験により海水及びサンゴ各部位（軟組織、褐虫藻、骨格、粘液）における微量元素の含有量と各元素間の関連性の特徴を明らかにする。同時に、微量元素の総量だけでなく、サンゴの石灰化との関与が考えられている Zn 酵素・炭酸脱水酵素、および栄養塩であるリン酸塩の代謝に関与するアルカリフォスファターゼなど生体内の重要な金属酵素に着目し、活性中心元素である Zn を指標として前記の酵素の含有量と活性量の変化を分析し、他の生体必須微量元素の増減とともに検討する。本年度は、担当内容である海水とサンゴの分析手法の確立を中心に行った。海水の分析について、標準添加を併用した誘導結合プラズマ質量分析装置（ICP-MS）による直接分析法、およびキレート樹脂を用いた固相抽出による分離・濃縮後 ICP-MS 分析法を確立した。また、キレート樹脂を用いた固相抽出においては、朱が主導して開発した pH 自動調整装置を活用し分析操作の効率化に有効であることを確認できた。サンゴの分析においては、レーザブレーション（LA）-ICP-MS 法を検証した。空間分解能と分析感度の調和が必要のため、他の手法との併用を含み、次年度に引き続き検討し、分析手法を確立する予定である。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】海水、サンゴ、微量元素、多元素プロファイリングアナリシス

【研究題目】分子間相互作用アニメーション構築支援ソフトウェアの開発

【研究代表者】上野 豊（健康工学研究部門）

【研究担当者】上野 豊（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は科学研究費新学術領域「分子ロボティクス」公募課題に採択された。タンパク質や生体高分子の構造モデルをグラフィカルにわかりやすく表示し、それらの機能する分子メカニズムを例証する分子アニメーション構築支援ソフトウェアを開発する。複数のタンパク質や分子の挙動をスクリプトで記述し、時間軸に沿った表示画面から操作するタイムラインエディタの開発を中心とする。まず既存のソフトウェアを利用する分子アニメーション作成の作業について検証し、新たな開発の要素となる技術を整理した。そしてソフトウェア開発を効率よく進めるため、構築ツールキット Luxinia を採用した。3次元モデルの編集とグラフィックス表示機能が容易に利用可能で、Open Dynamics Engine を用いた物理シミュレーションも可能なインターフェイスが整備され、迅速なプロトタイプ開発に好適であった。目的の

機能を実現するために、平成26年度に開発する予定であった項目として、(c)疎視化した分子モデルによる分子動力学、(e)ユーザインターフェイスのウィジェット機能強化について先行して開発を進めた。アニメーション例題としては、アクチン・ミオシン相互作用についてのサンプル構築を行った。分子内の構造変化が大きい場合は内部座標を利用した線形補間により自然な構造変化を得る座標変換プログラムを実装した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スクリプト言語・タンパク質立体構造・分子間相互作用

【研究題目】メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明

【研究代表者】出口 友則（健康工学研究部門）

【研究担当者】出口 友則、田中 みどり
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

リンパ管は体液の恒常性の維持・脂肪の吸収・免疫に必須であり、病理面では癌や浮腫あるいは様々な炎症性疾患で重要な役割を果たす事が知られる。このことから、リンパ管形成に関する理解は、リンパ管が関与する様々な生命現象の真実に迫るとともに、新たな治療戦略の開発につながることを意味する。しかし、リンパ管内皮細胞が増殖・進展しながら個体内の隅々まで、そのネットワーク構造を形成していく機構については不明なことが多い。血管の形成過程においては、血管内皮細胞は体節由来や神経由来の遺伝子によりガイダンスを受けており、リンパ管でも同様の機構の存在が考えられた。しかし、応募者のこれまでの研究により、神経より先にリンパ管形成が進む可能性を示唆するデータが得られてきたので、本研究ではメダカを用いた *in vivo* イメージングとリンパ管の走行操作、リンパ管成長因子の発現操作により、リンパ管が末梢神経の走行に与える影響とその機構を明らかにする。計画では応募者が開発したリンパ管・神経2重可視化メダカに対し、リンパ管成長因子のノックダウン実験を行いリンパ管の伸長だけを阻害した際に、神経束の走行にどのような影響が出るか明らかにする予定であったが、近年、魚類ではゲノム編集法が確立したので、TALEN を用いたノックアウト実験に切り替え、ノックアウト系統の確立及びその解析を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リンパ管、発生、メダカ、ライブイメージング、ゲノム編集

【研究題目】アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖尿病早期診断への応用

【研究代表者】片岡 正俊（健康工学研究部門）

【研究担当者】片岡 正俊、阿部 佳織、橋本 芳子

（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

我々は既に pl 単位の極微量の液滴を幅300 μ m、深さ100 μ m のマイクロ流路表面の任意部分に吐出・固定が可能な微細化インクジェットを用いて、抗体溶液をマイクロ流路上に一次抗体として固定化することで、マイクロ空間でのサンドイッチ ELISA 系の構築を行い血中の各種バイオマーカーの定量検出系の構築を行っている。

肥満を基盤とした末梢組織でのインスリン抵抗性を示す2型糖尿病患者は、患者とその予備軍（境界型糖尿病）の数は2千万人を超えており、重篤な合併症と高額な医療費から個人の QOL の低下と社会的な経済的負担が問題となっている。そこで境界型糖尿病患者に着目して、インスリン抵抗性を規定する TNF- α など6種類のアディポカインの血中動態を、系時的・網羅的に定量解析することで糖代謝能の頑健性の測定・解析を行い、境界型から糖尿病への移行を診断する糖尿病超早期診断法の確立を目指している。この目的を可能にするため、微細加工技術を用いたマイクロ空間での、迅速・省サンプルで定量性を有する血中アディポカイン測定用マイクロチップの開発を行った。

平成25年度は、この微細化インクジェット法を用いて、TNF- α 、IL-6、アディポネクチンに加えて、高感度 CRP やレプチンのオンチップ検出系を構築しており、複数の血中アディポネクチンを対象に定量的にかつ省サンプル・短時間で検出・解析することが可能になった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】サンドイッチ ELISA 法、マイクロ化学チップ、糖尿病、アディポカイン

【研究題目】酸化亜鉛コーティングプラズモニクチップを用いた高感度イムノセンサーの研究

【研究代表者】田和 圭子（健康工学研究部門）

【研究担当者】田和 圭子、笹川 知里
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

蛍光を増強させることができる酸化亜鉛コーティングプラズモニクチップ（産総研）と抗酸化亜鉛抗体断片をもつ二重特異性抗体（東北大）を利用したイムノセンサーの開発が異分野融合により行われ、一般的なガラス基板上に構築したアッセイと比べて、これまでに300倍の蛍光増強と検出限界の4桁向上（1nM \rightarrow 100fM）を実現してきた。今年度は、プラズモニクチップにおける蛍光強度を計測するための小型計測装置を構築した。ここでは、チップを水平に設置することができ、モデル化合物で10pM までの検出が実現できた。また、マーカータンパク質として、高感度検出が必要な炎症性サイトカインの一つインターロイキン6（IL-6）を選び、これを認識するサンドイッチアッセイを構築した。二重特性抗

体を使わないアッセイでは、70fM までの検出に成功した。今後、酸化亜鉛コーティングプラズモニックチップ上で二重特異性抗体を利用した IL-6 のサンドイッチアッセイの構築を行い、より迅速かつ高感度なマーカー検出を目指す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオセンシング、プラズモン共鳴、周期構造、プラズモニックチップ、サンドイッチアッセイ、高感度検出、酸化亜鉛

【研究題目】 単一銀ナノ粒子と単一色素分子で構成された電磁気学的強結合系の実証

【研究代表者】 伊藤 民武 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 伊藤 民武、山本 裕子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

概要:

表面増強ラマン散乱 (SERS) 技術を用いれば一分子の構造の詳細な測定が可能となるデバイスが開発可能となる。プラズモン共鳴によって銀ナノ粒子近傍の電磁相互作用の強さは向上する。SERS はこの電磁相互作用強度の向上によって引き起こされる。しかし、プラズモン共鳴と分子との電磁相互作用は不明な点が多い。電磁相互作用が弱い場合はパーセル効果で SERS は記述できる。電磁相互作用が強い場合はプラズモン共鳴と分子が強結合系を構成している可能性があり SERS を単にラマン散乱の増強として扱えなくなる。このような弱結合と強結合の検証という観点で SERS の研究を行う。

目標:

SERS 活性を有する単一銀ナノ粒子2量体を用いて強結合効果を検証する。第1の目標は、強結合に伴うプラズモンスペクトル分裂 (ラビ分裂) の実証である。この実証は SERS 失活過程におけるプラズモン共鳴スペクトルの時間変化観察として行う。この分裂量は強結合による分子系とプラズモン系量子力学的混合状態の度合いを示す。第2の目標は、強結合効果を評価する物理モデルの開発である。通常電磁解析法ではこの種の強結合状態の評価はできないためラビ分裂等を扱える無近似的量子電磁力学モデルを開発する。

進捗状況:

目標1について、SERS 活性を有する単一銀ナノ粒子2量体を用いプラズモンと分子エキシトンとの強結合効果の証拠としてプラズモン共鳴スペクトルに現れるラビ分裂の実証に成功した。第2の目標について、結合振動子理論を応用し強結合効果を評価する物理モデルを開発した。もう一つの強結合効果である超高速蛍光についても蛍光のブルーシフト観測によって実証できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 表面増強ラマン散乱 (ラマン散乱が増強され単分子計測が可能となる方法)、銀

ナノ粒子、プラズモン (伝導電子の集団振動)、蛍光増強、蛍光消光増強

【研究題目】 カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化

【研究代表者】 杉野 卓司 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 杉野 卓司、清原 健司、安積 欣志
(常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、カーボンナノチューブ (CNT) とイオン液体および支持高分子からなる電極膜の伸縮現象を利用したアクチュエータの高機能化を目的として研究を進めてきた。今年度は3年間の研究期間の最終年度であった。今年度は、アクチュエータの電極膜中にドナー性有機分子 (テトラシアフルバレン (TTF)) やアクセプター性有機分子 (テトラシアノキノジメタン (TCNQ)) を添加することによる CNT への n-type あるいは p-type ドーピング効果について検討した。その結果、TTF の添加 (n-type ドーピング) は、0.1Hz より速い周波数でのアクチュエータの変形応答を向上させること、また、逆に TCNQ の添加 (p-type ドーピング) は 0.1Hz より遅い周波数域での変形応答を向上させることが明らかになった。昨年度までの研究により、CNT 高分子アクチュエータは電圧を印加すると正極側に屈曲変形するが、時間とともに変位が戻ってしまうという問題があること、本現象は用いるイオン液体のアニオンの移動に起因していることを明らかにしてきた。変位の戻り現象を改善するためには、アニオンの移動による体積変化を少なくするため、より小さなアニオンを使用すること、あるいは、カチオンとアニオンのサイズ差を最大化することすることが有効であるという指針を得た。今年度、ドーパントとして用いた TCNQ の電極膜への添加あるいは TCNQ/TTF の同時添加によっても変位の戻り現象が大きく改善することが明らかになった。本研究を通して、研究対象である CNT を用いた高分子アクチュエータの応答特性を飛躍的に向上 (伸縮率で約3倍、発生力は約10倍向上) させることに成功し、さらに耐久性の改善により、CNT 高分子アクチュエータを実用化可能なレベルにまで高機能化することに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アクチュエータ、ナノチューブ、イオン液体、メカニズム、電荷移動錯体

【研究題目】 好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析

【研究代表者】 河田 悦和 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 河田 悦和、JIN YOUXUN
(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

持続可能型社会実現にはエネルギー・リファイナリーの非食用バイオマス資源化が必要である。我々が発見した *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高 pH 環境で、ほぼコンタミネーションなく生育し、各種の余剰バイオマスを利用し、バイオプラスチック PHA を生産する。将来の工業利用に向けて、本菌と、他のハロモナス菌との代謝物の違いを分析することで、好塩性、好アルカリ性、さらに、バイオプロセス産品である PHA 等の生産との関連を明らかにする。

1. *Halomonas* sp. KM-1の培養条件による菌体内、外の代謝物の分析

基本的な炭素源としてグルコースを基質として、*Halomonas* sp. KM-1を培養した。バイオプラスチック PHA を著量に蓄積する条件と蓄積しない条件それぞれにおいて、培養初期から定常期までのサンプリングをおこない、菌体内外の代謝物を GC-MS で分析し、菌体内で、53種類、菌体外で35種類の代謝物が同定分析した。さらに、主成分分析により、PHA 産生に関連する代謝物を検討した。

2. ハロモナス菌、好塩菌、好アルカリ菌の代謝と *Halomonas* sp. KM-1と比較解析

カルチャーコレクションの14種類のハロモナス菌と *Halomonas* sp. KM-1株を培養し、乾燥菌体重量、PHB の含有量を測定した。培地には、トリプトンを含む Marin Broth と、無機塩だけからなる SOT 培地に、それぞれ3%グリセロールを加えたものを用いた。Marin Broth の場合には、10%以上 PHB を蓄積する株としない株の傾向が見られた。この条件で、菌体の代謝物を GC-MS にてメタボローム解析を行ったところ、PHB 生産株群、非生産株群で、代謝物にあきらかなグルーピングが見られ、検討を継続している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微生物、バイオテクノロジー、分析化学、メタボローム、ハロモナス

【研究題目】 抗マラリア薬スクリーニングを見据えた迅速マラリア原虫検出手法の開発

【研究代表者】 八代 聖基 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 八代 聖基、片岡 正敏、山村 昌平、阿部 香織、橋本 芳子、尾華 絵里子、芝田 いずみ (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

マラリア原虫はヒトの赤血球に寄生を繰り返し、年間感染者数3億人以上うち200万人以上が死亡している人類史上最も重篤な寄生虫感染症である。感染症マラリアの深刻な問題として抗マラリア薬に対する薬剤耐性マラリア原虫の出現や、地球規模の温暖化・交通手段の発達によるグローバル化によって感染者数の増加・感染地域の拡大が上げられる。このような背景のなか WHO などの国際機関ではマラリア撲滅指針の一つに「早期発見お

よび適切な早期治療」を掲げている。近年、予防・治療分野では薬剤を塗布した蚊帳による感染予防は大きな成果を上げ、また生薬をベースとした抗マラリア薬の開発は実を結びつつある。しかし診断法に関しては、イムノクロマト法や PCR 法が開発されてはいるものの、検出感度や検出時間などの面から今だ100年以上前に確立されたギムザ染色による顕微鏡下での観察診断が主流とされている。そのため特に感染初期段階での診断に多大な時間と労力を必要とし、早期発見とその先に続く治療の大きな妨げとなっている。そのため感染症マラリア撲滅にはギムザ染色法に代わる感染初期に感染の有無を見極める事のできる迅速な診断手法の開発が急務と考えられる。そこで申請者は小胞輸送関連タンパク質を標的としたマラリア特異的抗体と、大量の血球細胞を一定数ずつ正確に並べる (整列させる) 事ができる細胞チップと名付けた微細加工プラスチック基盤を用いることで、大量 (数百万個) の血球細胞の中からたった一個のマラリア感染赤血球を見つけ出すことを可能とする簡便かつ迅速なマラリア診断手法を確立しようと考えた。本申請の期間にマラリア原虫の生物学的研究と工学的技術を融合し、マラリア検出用細胞チップを作成し、分離・濃縮・検出をワンステップで行うことが可能 (300万個程度の赤血球からたった一個のマラリア感染背血球の有無を15分程度で検出する新しいマラリア診断法を構築した。今後はこれらの技術を基盤として抗マラリア薬スクリーニング手法へと発展させていきたい。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マラリア原虫、細胞チップ、薬剤スクリーニング

【研究題目】 色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究

【研究代表者】 田村 繁治 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 田村 繁治 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

人間は外部情報の8割を視覚で得ており、日本人の300万人が色覚障害者であることを鑑み、安全・安心な社会生活を営む上で必要な正しい色情報を認識することを可能とするための (健常者と同じ配色パターンを認識・共有) ツールとして色覚バリアフリー照明のスペクトルの開発を行う。

結果:

3種類の LED 照明下で、D 型強度の被験者 (アロマノスコープで検査済) の協力を得て、石原式色覚検査表 (国際版38表) とパネル D-15テストを行った。被験者を必要としない予備実験で照明は (1)、(2)、(3) の順に石原式検査表の正答率が向上した。4名の被験者から得られた結果は、照明 (1)、(2)、(3) の順に石原式検査表の正答率は47.5%、60%、77.5%であり、予備実験と同

じ傾向であり、予備実験のシミュレーション手法が正しいことがわかった。D-15テストではチャートの中心線を横断する回数（大幅な誤認識）が照明(1)、(2)、(3)の順に減少し、本研究で開発中の色覚バリアフリー照明は赤緑式盲（石原式検査表）のみならず、色相が連続して変化するチップの順序の認識（D-15テスト）にも有効であることがわかった。CIE L*a*b*色空間を利用して理論的に考察を行った。その結果、石原式検査表については、文字色と背景色の b* 値が照明光により分離できたことがわかった。D-15テストについては、照明光を照射した後の b* 値に加えて明度の情報 L* を基に色相の違いを障害者が認知していると推測される。石原式検査表については、CIE xy 色度図上における混同色線上における見かけ上の色の変化についても検討し、理論と被験者実験の結果に矛盾が無いことがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

【研究題目】 因果推論が多感覚統合プロセスに及ぼす影響の検討

【研究代表者】 梅村 浩之（健康工学研究部門）

【研究担当者】 梅村 浩之（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では二つの事象の生起における因果関係を推測する過程（因果推論）が外界の知覚に与える影響について、実験的に検討を行い、知覚内容がこのような因果推論によって変容するか、及び知覚システムが複数の事象を関連づける、またはそれぞれを独立とするプロセスがどのような要因によって影響を受けるかを明らかにすることを目的としている。また、これらのプロセスは自己の身体や操作対象の運動において、自分が行動源であるとする自己遂行感に深く関与している。

自己の身体の知覚上の位置と計画上の位置のずれをどの程度人間が検知できるかについて検討した。今回の研究においては、行為の開始における時間上のずれではなく、身体位置の空間的なずれについて検討を目的とした。過去の研究はこの時間ずれを手がかりにしたものが多いが、人間の行動や遠隔操作などの応用を考えたとき、休止のない連続行動についての検討が必要であると考えられる。実験ではターンテーブルの上に手をのせ回転をもらい、その回転中の自己の現在の運動と時間を遅らせた運動画像を観察してもらい、これをもとにこの能力について検討をした。

結果を分析したところ、空間位置のずれだけでも、動かしやすい速度（一周1秒）であれば、時間軸上で開始時間のずれとおなじぐらいの精度でずれを検出できることが示唆された。しかし、運動速度が速い、もしくは遅い条件では検出の感度は悪くなった。

また、一つの仮説として、身体を動かそうと計画して

いる方向とすでに過ぎた方向については感度が異なるのではないかという説について検討を行った。映像の時間をずらすだけでは先の方向への提示は当然不可能であるが、今回の実験は円運動を繰り返すために約一周前の動きを提示することができ、これをもとにこの仮説について検討を行った。その結果は進行方向にかかわらず、位置のずれの大きさのみで判断を行っていることを示唆するものであった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 認知科学、バーチャルリアリティ、脳科学

【研究題目】 神経活動履歴に伴う受容体輸送制御における Rab エフェクター分子の役割

【研究代表者】 清末 和之（健康工学研究部門）

【研究担当者】 清末 和之（常勤職員1名）

【研究内容】

ストレスの多い社会環境が脳・神経機能へ与える影響は多大なものであると推定されているが、その分子基盤の多くは謎である。

脳における情報処理や記憶などの高度な機能は、シナプスによって担われ、その特性は神経伝達受容体の種類・数量によって、決定されるが、その分子機構は明らかではない。特に慢性的な神経活動によって生じる調整機構は、慢性的なストレスによって生じる神経機能への影響を考える上で重要な課題である。

我々は、これまでの研究で、神経活動履歴に依存した膜輸送関連蛋白質の変化を見いだしている。本研究では、神経活動に依存して変化する膜輸送関連蛋白質である Rab エフェクター分子のシナプス伝達、可塑性における役割を検討している。

昨年度は恒常性シナプス可塑性における関与を明らかにしたが、本年は、記憶の分子モデルである長期増強における役割を検討した。薬理的に長期増強を誘導するとシナプスで受容体分子集積がみられ、シナプス強度が強化されるが、この Rab エフェクター分子をノックダウンすると、その変化は抑制されることを明らかにした。この事実は、恒常的可塑性への関与を考え合わせ、神経の活動履歴に応じた記憶形成機構が、この Rab エフェクター分子を介していることを示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳神経、経験に依存した神経機能修飾、シナプス、受容体

【研究題目】 血中循環がん細胞の検出を目指した細胞チップデバイスの開発

【研究代表者】 山村 昌平（健康工学研究部門）

【研究担当者】 山村 昌平、阿部 佳織、八代 聖基、芝田 いずみ、片岡 正俊（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

目標：

血液中の循環がん細胞（Circulating Tumor Cell, CTC）の解析は、新たながん検査として期待されているが、CTC が存在する割合は、血液10ml（白血球：約5千万個）中に数個から数百個程度といわれており、既存の FACS 等では極めて検出は難しい。本研究では、独自の集積型の細胞マイクロアレイチップを作製し、血中循環がん細胞（CTC）の検出系の構築を目指す。本細胞チップ上で、多数の白血球を均一に配置し、そこに混在する極少数のがん細胞を高感度に検出し、単一がん細胞の解析まで行えるがん診断システムの開発を目標とする。

研究計画：

昨年度、多数の白血球を単一層に配置可能な細胞チップを構築した。本年度は、作製した細胞チップ上で、白血球中に混在する極少数のがん細胞のみを正確に検出することを目指す。複数の蛍光標識抗体等を用いて、抗体や色素の種類や濃度などの細胞染色の条件検討を行う。以上の条件を踏まえて、マイクロアレイスキャナーで高感度に標的がん細胞を検出する条件を調べる。

年度進捗状況：

今年度は、昨年度開発した細胞チップ上で、白血球中のがん細胞の検出系の構築を行った。まず、培養系白血球細胞中に細胞濃度の異なる肺がん細胞を添加し、検出した結果、0.0001-0.01%のがん細胞を定量検出することができた。同様に、ヒト全血中になんがん細胞を添加した際も、濃度に依存して標的がん細胞を定量検出することに成功した。また、蛍光標識抗体や色素の種類や濃度の条件を最適化し、細胞チップ上で抗体多重染色することも可能であった。よって、特定の抗体に依存することなくがん種の同定ができることが示されたことから、正確な CTC 解析が可能なシステムを構築できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞チップ、マイクロアレイ、血中循環がん細胞（CTC）、転移性がん、がん診断、単一細胞解析、ハイスループットスクリーニング

【研究題目】 多孔質電極の熱力学

【研究代表者】 清原 健司（健康工学研究部門）

【研究担当者】 清原 健司（常勤職員1名）

【研究内容】

多孔質電極は、その細孔径が電解質イオンの径と同程度まで小さくなると、蓄電量や発生圧力などの熱力学的物理量が古典的な電気二重層の理論では説明できないような振る舞いを示すことが、近年明らかになってきた。この小さい細孔を持つ多孔質電極に特異的な性質は、電池や電気化学キャパシタの特性を大きく改良すると期待されるのみならず、全く新しいデバイスの発明へとつな

がる可能性もある。我々は、モンテカルロ・シミュレーションを用いてこの小さい細孔を持つ多孔質電極の熱力学的振る舞いを分子間相互作用のレベルで解析し、多孔質電極の熱力学を構築して、その産業利用のための理論的枠組みを与えることを目指している。

本年度は、電解質イオンのモデルとしてはプリミティブモデルにファンデアワールス相互作用を加えた、より現実的なものを用いた。これにより、十分に大きな細孔については、電圧が印加されなくても電極表面へのイオンの吸着が可能であり、特に印加電圧が小さい場合には細孔内における分子構造がプリミティブモデルの場合とは大きく異なることがわかった。また、イオンの吸着量の細孔径依存性については、多孔質材料によるガス吸着において知られている毛細管凝縮と同様の現象も観測された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気化学、分子シミュレーション、熱力学、多孔質電極、イオン

【研究題目】 空中駆動可能なナノカーボン・高分子アクチュエータの開発と応答メカニズム解明

【研究代表者】 寺澤 直弘（健康工学研究部門）

【研究担当者】 寺澤 直弘（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究課題では、単層カーボンナノチューブアクチュエータ素子をはるかに凌ぐ、優れたアクチュエータ素子を開発する。価格・汎用性の面で有利な、多層カーボンナノチューブ（MWCNT）あるいはカーボンブラック（CB）と、イオン液体（IL）／ベースポリマー（BP）ゲルから成るアクチュエータの高機能化に向けて、電池の技術・知見を活かした開発を行う。

具体的には、IL、BP、キャパシターとしての機能や応答性能を向上させる、ルテニウム（Ru）等の金属酸化物の添加、さらにナノカーボンの酸化処理等の手法を想定する。同時に、電気化学的手法等を用いて、素子の応答メカニズムを解明し、タッチパネルや人工筋肉材料等に適用可能な、これまでの常識を覆す、画期的なアクチュエータの設計指針を示す。平成25年度においては、次の a) b) c) を達成した。a) MMWCNT or CB/IL/BP ゲルアクチュエータの高機能化のために、キャパシター機能や応答性能を向上させる手法（メソポーラス）に注目し、大きな曲げや発生力を示す等の、優れた素子を開発した。b) アルカリ金属イオン（Li）含有させることにより、大きいキャパシタンスを示し、大きな曲げや発生力を示す等の、優れた素子を開発した。c) これまでの結果で得られた、BP-IL ゲル、アクチュエータ素子電気化学的データを中心として、IL の導電率や粘度、融点等の基礎物性、IL のサイズや解離度及び我々のグループで開発した等価回路解析を用いて、応

答メカニズムについて考察して、アクチュエータ素子の高機能化の方針を示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 高分子アクチュエータ、ナノカーボン、アルカリ金属イオン、電気化学シュミレーション、人工筋肉

【研究題目】 光トラップ場の時空間構造の動的制御による3次元マイクロ操作の研究

【研究代表者】 田中 芳夫（健康工学研究部門）

【研究担当者】 田中 芳夫（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、光ピンセットを拡張した概念である光トラップ場の制御による非接触3次元マイクロ操作技術の確立のために、光トラップ場の時空間構造をパソコンで精密に実時間制御できる光学系を開発し、高度自動化技術と統合・融合化することで、多様な物質を3次元マイクロ操作できる基盤技術を開発することを目的としている。本年度得られた主な成果は以下のとおりである。

(1) ハイブリッド光ピンセット系の最適化：

昨年度試作したハイブリッド光ピンセット系の内、3次元走査側を高精度な3次元時分割走査（3D-T3S）ができるように、本年度 *Journal of Optics* 誌により *Highlights of 2013* に選定された論文の設計指針に基づき、レンズ配置等を最適化した。これにより、2軸ミラーによる XY 走査と焦点可変レンズによる Z 軸走査を同期して時分割走査することが可能となり、4～8個の孤立点型トラップ点を3次元座標を指定して生成・制御できるようになった。

(2) 微粒子の動的配置に適した時空間構造の探索：

画像処理を用いて光学顕微鏡下にばらまかれたマイクロビーズをすべて検出し、各々の検出位置に2次元高輝度円状パターンを投影することで、画面内（28個）のビーズをすべて同時に捕捉・制御・配列できることを示した。その後、GPC 光学系で動的に固定されているビーズの位置に、3D-T3S 光学系で孤立点型のトラップ点を複数生成し、それらの3次元座標を制御することで、2次元的に配列された任意のビーズを取り出せることなどを示し、提案する方法の有効性を実証した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 光学顕微鏡、マイクロ・ナノデバイス、マイクロマニピュレーション、細胞操作、微粒子アレイ

【研究題目】 共存微生物由来物質の摂取による海藻代謝変動の解明とその水圏環境浄化への利用の研究

【研究代表者】 垣田 浩孝（健康工学研究部門）

【研究担当者】 垣田 浩孝（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

生物の栄養塩吸収機能等を活用した水圏環境浄化（水圏健康リスク因子削減）技術の確立を目指し、海藻バイオフィルターへの導入海藻の供給技術開発として本研究を実施する。海藻付着共存微生物由来物質等が海藻の成長速度や栄養塩吸収機能に及ぼす影響を検討する。

研究計画：

H25年度は海藻バイオフィルターへ導入可能な海藻の単藻培養株の作成、非成熟株の継続培養、天然海藻、短期培養海藻及び長期培養海藻の付着共存微生物の数と菌相の調査等を実施する。

研究進捗状況：

環境海水、天然オゴノリ科海藻と天然海藻を滅菌海水中で室内培養した海藻（短期培養海藻及び長期培養海藻）について付着共存微生物群集を分離・同定し、実験結果を比較した。環境海水中の優勢な微生物は *Moraxella* sp.であった。このことから海藻生育海域の有機物濃度が高いことが推測された。天然海藻の付着共存微生物群集は *Vibrio* sp.及び *Moraxella* sp.が優勢であった。一方、室内培養後の付着共存微生物群集は *Vibrio* sp.の割合が極端に減少するとともに、*Flavobacterium* / *Cytophaga* sp.優勢に変化することを形態・生理学的分類により解明した。この結果は短期培養海藻及び長期培養海藻とも同様の結果であり、当該海藻特有の付着共存微生物が *Flavobacterium* / *Cytophaga* sp.であることを強く支持した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 健康リスク削減、水圏、海藻

【研究題目】 表面吸着因子の解析による生分解性材料の生分解性制御に関する研究

【研究代表者】 山野 尚子（健康工学研究部門）

【研究担当者】 山野 尚子、川崎 典起、中山 敦好、大嶋 真紀（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

生分解性ポリマーの生分解性は利点である反面、用途を制限する短所にもなり、生分解性を制御可能な材料が求められている。我々が見出した長鎖脂肪酸末端付加による生分解性制御技術を基に、種々のポリマーの生分解速度を任意に制御する技術を確立することを目的としている。

材料および生分解に関与する酵素・微生物の両面から解析することにより、生分解性制御の機構を解明するため、1) 親水疎水性を制御したポリマーの合成、2) ポリマーの分析および生分解性の測定、3) ポリマーとタンパク質の吸着実験を行った。生分解性ポリマーとしてはポリアミド4（PA4）、ポリカプロラクトン（PCL）を用いた。

親水疎水性を制御したポリマーとして、PA4に関して

は炭素数の異なる脂肪酸、フェニル基、ポリエチレングリコール (PEG) を末端または中央に持つ構造のポリマーを合成した。末端にステアロイル基 (C18) を持つポリマーは生分解を抑制されたが、長鎖脂肪酸鎖がポリマーの中央部分に位置する場合は生分解を受けた。フェニル基や PEG を付加したポリアミド4では生分解性を抑制する効果は見られなかった。これらの生分解抑制効果は、それぞれのポリマーの接触角から求めた疎水度と相関を持っていた。XPS によるポリマー表面の観察を行ったところ、C18を末端に持つ PA4ではアセチル基 (C2) と比べて、ポリマー表面にメチレン鎖由来の炭素が多く存在する一方、アミド結合由来の窒素の存在比が低くなっており、ポリマー表面に存在する C18が疎水度および生分解抑制に関与していることが示された。

PCL に関しては、C18の導入率の異なるポリマーを合成し、リパーゼによる酵素分解、接触角を測定した。その結果、導入率が上がるに連れて疎水度は上がり酵素分解を受けにくくなった。また、熱分解温度も C18導入率が上がると上昇し、長鎖脂肪酸付加が熱安定性に寄与することを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生分解性ポリマー、ポリアミド、生分解性制御

【研究題目】 生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した低分子化合物の光イメージング法の開発

【研究代表者】 呉 純 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 呉 純 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

従来、細胞や組織をすり潰して生体分子を定量する分析手法は、生体分子の機能を十分に知ることができなかったが、近年蛍光タンパク質やルシフェラーゼが登場によって生きた細胞や個体においてタンパク質を中心に生体分子の可視化が可能となった。一方、ルシフェラーゼや蛍光タンパク質を用いた分子量500以下いわゆる低分子代謝産物の光プローブの開発が遅れている。本研究では、ファージディスプレイなどの技術を利用した低分子代謝産物 S-アデノシル-L-ホモシステインの *in vitro* のアッセイ法を開発するとともに、生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した細胞用の光イメージングプローブの創製を目指す。

研究計画：

細胞内重要な低分子代謝産物である S-アデノシル-L-ホモシステイン (SAH) はメチル基供与体である S-アデノシルメチオニン (SAM) を補因子とする DNA、RNA、タンパク質や低分子化合物のメチル化反応の副産物である。本研究では、まずファージディスプレイ法による SAH に結合するペプチド分子を選抜する。つ

ぎに、得られるペプチド配列を基にルシフェラーゼや蛍光タンパク質との融合タンパク質を調製する。さらに、生物発光共鳴エネルギー移動機構を利用した SAH の光イメージングプローブの開発を行う。

年度進捗状況：

化合物 SAH はホモシステインとアデノシン基からなる化合物である。本年度研究では、アデノシン基やホモシステインをそれぞれ固相相化し、ファージディスプレイ技術を用いてそれらに結合するペプチドの探索を行った。これまで、芳香環を有するアデノシン基に結合するペプチドが得られたが、ホモシステインに結合するペプチドの探索については、その最適化を行っている。また、*in vitro* の ELISA 法による SAH の測定の評価を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ルシフェラーゼ、蛍光タンパク質、ペプチド、ファージライブラリー

【研究題目】 “光励起”と“化学励起”を併用した生細胞蛍光観察技術の構築と実証

【研究代表者】 星野 英人 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 星野 英人 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、「自己励起蛍光蛋白質・BAF」を用いた生細胞の真の連続観察を可能とする手法を確立することを目標としている。本研究計画の初年度の平成25年は、長期観察に耐えうる恒温培養系構築の取り組みから着手し、蛍光顕微鏡での長時間連続観察に当たり、ペリスタポンプを用いた灌流培養観察系の構築を進め、幾つかの問題点を抽出した。その最たるものが、長時間の培地灌流に伴い、培地輸送ライン中に培地成分に由来すると考えられる気泡発生の問題である。輸液ラインで生じた気泡は培地とともに、観察細胞が存在する細胞培養チャンパー内部に蓄積して、連続観察における致命的な障害を与える。この気泡発生自体を抑える工夫と、生成した気泡を輸液ラインから効率的かつ自動的に除去するデバイスの創出という2点から当該問題解決に取り組み、特に輸液ラインからの気泡除去装置に関しては試行錯誤を繰り返しながら実証試験を進めている。また、観察対象としては、細胞核内の DNA 傷害時に傷害修復に関与するヒストンバリエーションであるヒストン H2AX の挙動を想定しており、同時並行で変異型 H2AX-eBAF-Y 安定発現細胞株を用いて、DNA 傷害を誘発する条件下での感受性について、小核の形成を指標に経時的に定点観察を実施し、観察タイミングの条件検討を行った。OFP 型 BAF、或いは、RFP 型 BAF の融合発現ベクターと派生物も新たに構築した。尚、当該研究遂行過程で得られた知見に関して、特許出願を検討している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛍光、化学発光、細胞

〔研究題目〕 バイオマス資源利用を目指した耐熱性キチン分解酵素の反応メカニズム解明

〔研究代表者〕 峯 昇平（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 峯 昇平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、バイオマス資源の一つである「キチン」を医薬・健康食品として有用な「グルコサミン」に効率よく分解する産業用酵素反応系の構築を目指し、該当する酵素群の反応メカニズムを解明することを目標とする。本年度はまず、多糖であるキチンを2糖にまで分解する耐熱性キチナーゼの活性を促進するキチン結合ドメインの機能解析を行った。具体的には原子レベルでの構造解析によりキチン結合に必要なアミノ酸残基の特定を行った。次にこのキチナーゼにより2糖にまで分解された反応生成物を部分的に分解する脱アセチル化酵素の機能解析を行った。その結果、本酵素は6つの分子が集合した形で機能することが明らかとなり、さらにはその活性発現に必要なアミノ酸残基が6量体形成により適切な部位に配置されることが明らかとなった。このような構造的特徴は他の類似機能を有する酵素では見られないことから学術的にも重要な知見となった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 キチン、グルコサミン、耐熱性

〔研究題目〕 外来遺伝子の安定発現を可能にするニワトリ遺伝子組み換え技術の開発

〔研究代表者〕 大石 勲（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 大石 勲、吉井 京子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

ニワトリ遺伝子組換えは基礎生物学から産業応用まで幅広い需要がある。しかしながら、ニワトリ遺伝子組換え技術は黎明期であり、特に外来遺伝子の安定発現に課題がある。哺乳動物では同じ問題が人工染色体の使用により解決可能なため、本研究では人工染色体技術のニワトリへの適用を目指した。

雄ホワイトレグホン3日胚の血液より樹立された始原生殖細胞株を用いて、微小核融合法によるマウス人工染色体の安定導入を試みた。始原生殖細胞への微小核導入は前例が無いため、初めに導入法の検討を行った。A9細胞よりマウス人工染色体を含む微小核を抽出し、始原生殖細胞へ融合する方法としてポリエチレングリコールを用いた従来法に加え、センダイウイルスエンベロープを用いた方法を検討した。いずれの方法でもマウス人工染色体を安定的に保持する始原生殖細胞株が樹立可能であったが、センダイウイルスエンベロープを用いた融合法の方が従来法に比べて効率が10倍程度高く、 $5 \times 10^5 \sim 1 \times 10^6$ 細胞に1クローンの導入を認めた。人工染色体を導入した始原生殖細胞株は親株と同様の形態を保持し、BRL (buffalo rat liver) フィーダー細胞の存在下で安

定的に増殖した。また、始原生殖細胞マーカーであるCVH (chicken vasa homolog) も親株と同程度発現することを免疫蛍光染色により確認した。今後、人工染色体のニワトリ始原生殖細胞から個体への適用技術を開発することにより、宿主染色体の影響を受けない遺伝子発現技術が得られると考えられる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ニワトリ、遺伝子組換え、人工染色体、始原生殖細胞

〔研究題目〕 ダウン症モデル Ts65Dn マウス中枢神経障害発症機序に関わる酸化修飾蛋白質の探索

〔研究代表者〕 七里 元督（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 七里 元督（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究ではダウン症モデルマウスを用いて、ダウン症やアルツハイマー病の脳内で蓄積される酸化修飾蛋白を探索することを目的としている。平成25年度は平成24年度に採取した10週令マウス（ダウン症モデルマウス Ts65Dn マウスとコントロール B6EiC3マウス）の脳サンプルのイメージングマススペクトル解析および一般組織染色（HE 染色）を行った。結果として、Ts65Dn マウスの脳内でコントロールマウスの脳内と比較して発現が増加している数種類の高分子を見出すことができた。また、これらの高分子の脳組織内分布を特に本マウスで脂質酸化物が蓄積されていることを報告した海馬（歯状回）に着目して観察した。さらに、コントロールマウスにおいてミエリン塩基性蛋白の局在をイメージングマススペクトル解析装置で画像化し、HE 染色との対比を行い、その局在分布を確認した。この手法を応用し、Ts65Dn マウスで有意に変動している分子の局在分布の解析を行う準備が整った。

また、上述実験で得られた高分子が抗酸化物質ビタミン E の投与によって変化をうけるのかを検討することを目的として、受精時から出生後も通してサンプリング時まで継続してビタミン E を慢性的に投与したマウスを作成し、経時的なサンプリングを行った。また、これらのマウスの行動評価を高架式十字迷路を用いて行った。高架式十字迷路試験で Ts65Dn マウスではコントロールマウスに比較して開放脚に滞在する割合が増加していることを以前に報告しているが、今回の実験でも再現性を確認することができた。本マウスの中枢神経障害を反映するデータを取得できた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ダウン症、酸化修飾蛋白質、酸化ストレス

〔研究題目〕 表面プラズモン増強効果を利用した細胞内分子マニピュレーション手法の開発

〔研究代表者〕 細川 千絵（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 細川 千絵（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、表面プラズモン増強効果を利用した新規光マニピュレーションにより、細胞表面の分子のみを局所的に操作するマニピュレーション技術を開発する。蛍光解析と組み合わせることにより、細胞内の特定分子の拡散過程や反応過程を明らかにし、細胞内に局在する機能性タンパク質分子の高次操作技術への応用が期待される。本年度は、波長1064nmの光ピンセット用近赤外レーザーとプラズモニックチップとを組み合わせた蛍光解析システムを構築し、蛍光色素含有ポリスチレンナノ粒子を用いてプラズモニックチップの有効性について検証した。蛍光性ポリスチレンナノ粒子水分散液をカバーガラスに滴下し、スぺーサーを介してカバーガラス、もしくはプラズモニックチップにより封入する実験系を構築した。カバーガラス表面に光ピンセット用レーザーを集光すると、レーザー集光領域において粒子からの二光子励起蛍光が検出され、蛍光相関分光測定により単一ナノ粒子の拡散運動の計測が可能であることを確認した。ナノ粒子水分散液を封入したプラズモニックチップ表面にレーザーを集光すると、カバーガラスでの結果と比較して、レーザー集光領域における粒子運動が遅くなり、より強く束縛されることを見出した。以上の結果から、表面プラズモン共鳴効果に基づいて光捕捉力が増大した可能性が示唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 光ピンセット、表面プラズモン、神経細胞

〔研究題目〕 脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究

〔研究代表者〕 添田 喜治（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 添田 喜治、金 容熙
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、音環境評価の基本となる音の質的要素の時間変化とヒトの脳磁界反応の関係を調べ、動的音環境評価メカニズムを明らかにすることを目的とする。本年度は、音の質的要素の変化が心理的不快感に及ぼす影響の調査、脳磁界計測を用いた最適サイン音設計手法の検討を行った。

住居やオフィスにおけるエアコン等の空調音は、あまり大きい騒音レベルではないが、夏や冬は常時その音を聞いており、住居内やオフィスにおける快適性や生産性に影響を及ぼすことが考えられる。本研究では、空調音の質的要素が心理的不快感に及ぼす影響を明らかにするため、空調音に対する心理的不快感が相関関数解析によりえられる指標により予測できないか検証した。その結果、不快感は、騒音のピッチ、スペクトル重心により高

精度で予測できることを明らかにした。

駅の改札口や階段の場所を音で案内する「サイン音」は、視覚障害者にとって危険物からの逃避や目的場所への移動のために重要である。しかし、実際には視覚障害者の4割強がサイン音を利用しにくいと報告している。本研究では、脳活動からわかりやすいサイン音の推定を目指し、残響時間と両耳間時間差が変化する環境下で、4種類のサイン音（鳥の鳴き声）聴取時の脳磁界活動を解析した。N1m活動強度と音刺激のエンベロープと脳磁界活動の相関を解析した結果、カッコーとコノハズクが利用しやすいサイン音の有力候補であることが分かった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 脳磁界計測、音質、相関、不快感、サイン音

〔研究題目〕 集光レーザー摂動による神経細胞ネットワークダイナミクスの解明

〔研究代表者〕 細川 千絵（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 細川 千絵（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、集光レーザービームの光摂動技術を神経細胞内分子動態の能動操作に応用し、摂動に伴い変化する神経細胞ネットワークの時空間ダイナミクスを明らかにすることを目的としている。レーザー光摂動を用いて神経細胞のシナプス結合部位に局在する機能分子集合体を操作し、神経細胞の脱分極過程を操作する技術を開発することにより、レーザー摂動による神経細胞ネットワークの時空間制御を実証する。本年度は、現有装置に蛍光イメージング用 CMOS カメラ、および顕微鏡用 XY 軸自動ステージを導入し、レーザー光源を組み込んだ顕微鏡蛍光解析システムを構築した。開発したシステムを用いて、光ピンセットによる細胞内分子集合操作、および集光フェムト秒レーザーを用いた単一神経細胞の光刺激手法の評価を進めた。ラット海馬培養神経細胞の細胞表面に局在する神経細胞接着分子を量子ドットにより可視化し、細胞表面に光ピンセット用近赤外レーザーを集光したところ、レーザー集光領域において量子ドット標識神経細胞接着分子が光捕捉され、集合する過程を蛍光解析により明らかにした。さらに、フェムト秒レーザー光刺激に伴い変化する、神経細胞ネットワークの蛍光カルシウムイメージング測定手法を改良し、 $240\mu\text{m} \times 240\mu\text{m}$ 領域の蛍光像を10ms 毎に取得し、広範囲、長時間分解イメージング計測が可能であることを実証した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経細胞、光ピンセット、フェムト秒レーザー、ナノバイオ、蛍光解析

〔研究題目〕 マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経栄養因子 BDNF の機

能解析

【研究代表者】北島 真子（健康工学研究部門）

【研究担当者】北島 真子（常勤職員1名）

【研究内容】

iPS 細胞技術の開発によって、遺伝病の患者の神経分化にどのような異常があるかを観察したり、特定の薬剤の効果や副作用を安全に検証したりできる可能性が現実のものとなりつつある。これらの目的を達成するために iPS 細胞からの各種細胞への分化誘導は現在大いに研究が進められている分野である。ただ iPS 細胞の分化は大変不安定なため神経細胞への分化誘導効率は現在一般的に行われている方法では30%程度と振るわず、効率的な分化誘導方法が模索されている。分化の指標としては神経細胞単体としてのシグナル伝達機能のみならず神経回路としてもしっかりと機能するかどうかをみる評価系を用いる。本研究ではこの評価系をマウス iPS 細胞から分化誘導した神経細胞に用いて *in vitro* で構築された iPS 細胞由来の神経回路に応用し、これらの細胞が確かに神経回路として機能していることを確かめることを目標としている。神経細胞はどこからも入力がなくても単独で自発的に発火して活動電位を生ずるが、神経回路が形成され多点電極上のすべての電極においてこの自発的発火が同期して行われていることが観察された。また神経栄養因子 BDNF 遺伝子を発現させる事により神経への分化が促進される事を示唆する結果が得られた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】神経細胞、BDNF、分化

【研究題目】脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価

【研究代表者】赤澤 陽子（健康工学研究部門）

【研究担当者】赤澤 陽子、吉田 康一、梅野 彩
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

肥満は高血圧や糖尿病の生活習慣をはじめとして、多くの疾患のリスクファクターとなる。肥満により肥大した脂肪細胞では種々の刺激により炎症や酸化ストレスを誘発し、動脈硬化などの炎症性疾患の引き金となりうる。H25年度は「脂質酸化代謝物」特に、リノール酸の酸化物であるヒドロキシリノール酸（HODE）に焦点を絞り、細胞応答を解析した。

糖尿病による急激な血糖値の上昇は、酸化ストレスを誘導することが知られているが、なかでも一重項酸素の発生と疾患の関与が示唆されている。そこで、一重項酸素特異的に生成するリノール酸酸化物の細胞応答について検討した。HODE は酸化機構により6種類の異性体が存在する。中でも一重項酸素による非ラジカルの酸化では9-EZ, 10-EZ, 12-ZE, 13-ZE-HODE の4種類が生成する。これらの HODE 異性体による細胞応答につい

て検討を行った。細胞保護作用は、HODE 添加後に過酸化水素で酸化ストレスを負荷し、その後の生細胞数を計測した。細胞応答は、DNA アレイ解析や RT-PCR 法やウェスタンブロット法により抗酸化物質の解析を行った。過酸化水素により誘導される細胞死に対して、HODE の前処理により細胞保護効果が認められ、その効果は異性体種によって異なった。また、細胞保護作用が認められた HODE 異性体では、NF-E2 related factor 2 (Nrf2)の核内移行を介した GSH 含量の増加と HO-1の発現上昇が認められ、抗酸化機能の活性化が明らかとなった。以上の結果から HODE は異性体種によって異なる細胞応答を誘導し、その細胞保護作用には抗酸化能の上昇が寄与していることを明らかとした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】脂質酸化、酸化ストレス

【研究題目】新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析

【研究代表者】安部 博子（健康工学研究部門）

【研究担当者】安部 博子（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

本研究は糖鎖異常を補填することによって増殖能を回復した酵母株のその補填機能の解明から、糖鎖が持つ増殖制御機構を明らかにすることを目的とする。

これまで糖鎖改変出芽酵母に複製エラーを利用した育種技術である不均衡変異導入法を適用することによって、糖鎖改変によって低下した増殖能を回復させた株を得ることに成功している。著しい増殖能の低下を示す、PMT2遺伝子 (protein-O-mannosyltransferase) および PMT4遺伝子の2重遺伝子破壊株およびその増殖回復株のキチナーゼとマンノタンパク質の O-結合型糖鎖量を調べた。その結果、pmt2Δ pmt4Δ 二重破壊株では野性型株に比べてキチナーゼの O-結合型糖鎖量が減少していることが分かった。一方、増殖回復株のキチナーゼに付加される O-結合型糖鎖は、野性型株由来のものよりも減少しているが、pmt2Δ pmt4Δ 二重破壊株よりも少し増加していることが分かった。一方、マンノタンパク質の O-結合型糖鎖は、pmt2Δ pmt4Δ 二重破壊株では野性型株に比べ約40%程度にまで減少していたが、増殖回復株ではむしろ、野性型株よりも増加していた。また、O-結合型糖鎖抑制株の増殖回復株では細胞膜センサータンパク質の分解が抑制されていた。このことから、増殖回復には O-結合型糖鎖を増やすシステム、すなわち、他の PMT タンパク質が過剰に機能していることが予想された。これまでの遺伝子発現解析等の結果から、N-結合型糖鎖および O-結合型糖鎖改変酵母 (YFY21)の増殖回復株 (YFY22) では解糖系で機能する遺伝子が過剰発現していることが明らかになった。このことから、糖鎖改変による増殖能の低下を回復するた

めには、糖代謝を上げてより効率的にエネルギーの生産を行う必要があると考えられる。糖鎖はエネルギー代謝に何らかの機能を示すことが唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖機能、酵母、遺伝子発現解析

〔研究題目〕 抗癌剤の薬効評価のための癌微小環境を模倣した擬似癌組織の構築

〔研究代表者〕 山添 泰宗 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 山添 泰宗、市川 貴士、中西 久嗣、根木 順子 (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

個々の癌患者に適した抗癌剤を高い精度で判別できる新規の薬剤評価法の開発を目指し、癌微小環境を模倣した擬似癌組織を構築すること、ならびに、癌細胞の周囲に存在する間質細胞が抗癌剤の薬効に及ぼす影響を検証することを目的に研究を行った。コラーゲンゲルで包埋した癌細胞の上部に癌間質線維芽細胞を、また、下部に単核細胞を配置することで擬似癌組織を構築した。同擬似組織を用いた検討により、線維芽細胞によって、抗癌剤シスプラチンの殺細胞効果が抑制されること、及び、単核細胞によって、癌細胞内の特定の酵素が活性化され、抗癌剤のプロドラッグであるドキシフルリジンの殺細胞効果が増強されることを明らかにした。さらに、単核細胞による影響がどの程度離れた癌細胞にまで作用して抗癌剤の薬効を変化させるかを検証するため、固定化単核細胞と癌細胞から成る共培養系を構築した。浮遊細胞である単核細胞の基板上への固定化は、細胞膜に親和性を有する試薬と我々が独自に開発したタンパク質の吸着特性を制御できるアルブミンフィルムを組み合わせる手法を用いた。同共培養系の癌細胞を抗癌剤に暴露後、死滅した癌細胞を可視化することで、単核細胞の近傍に位置する癌細胞のみが単核細胞による抗癌剤の薬効増強作用を受けて死滅することを明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 アルブミン、擬似組織、癌、細胞膜修飾、パターンニング、薬剤評価、テーラーメイド医療

〔研究題目〕 行動生理計測に基づく抑うつ状態評価改善技術の開発

〔研究代表者〕 吉野 公三 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 吉野 公三、二谷 博美 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

平成25年度は2家族(被験対象計4名)が各々3ヶ月間、産総研関西センターの実験住宅に被験者として滞在した。実験参加前に全被験者からインフォームドコンセントを得た。実験は産総研人間工学実験倫理委員会の承認のもとに行った。精神科医による診察の結果、被験者はいず

れも鬱病を発症していないことを確認した。被験者は身体加速度計を装着して生活し、睡眠時には携帯型心拍変動計を装着した。その計測データを用いて、生活活動度の変動パターンと睡眠時の自律神経系活動バランスを数量化した。さらに、被験者は心理状態評価質問紙に回答し、そのデータを用いて心理状態の変動を記録した。精神科医の定期的な診察の結果、実験期間中に鬱病を発症した者はいなかったが、1名(以降、被験者A)は3ヶ月間のうち後半より徐々にSDSスコアが上昇し、別の1名(以降、被験者B)は3ヶ月目に急にSDSのスコアが低下し、POMSの活気スコアが上昇した。残る2名は休日効果を除けば、心理状態は安定していた。被験者Aの後半の睡眠時心拍数は前半のそれに比べて高い値を示した。被験者Bの3ヶ月目の睡眠時心拍数はそれまでのそれに比べて低い値を示した。さらに、先行研究の中村亨らが考案した1週間の休息期間の継続時間の累積密度分布のべき指数(以降、中村指数)を計測した身体加速度データより算出した。その結果、被験者Aの後半の中村指数は前半のそれに比べて低い値を示した。被験者Bの3ヶ月目の中村指数はそれまでのそれに比べて高い傾向を示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 行動、心拍、自律神経、抑うつ、住宅、気分、人間、日常生活

〔研究題目〕 オンサイト遺伝子迅速検知用集積化マイクロチップの開発

〔研究代表者〕 瀧脇 雄介 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 瀧脇 雄介 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、特定の遺伝子をフィールドで迅速かつ自動的に検知するための装置開発を目指している。今年度は、前年度に開発したマイクロチャンバー機構をもとに、(1)独自の高速PCR法の再現性・安定性の確保と、(2)遺伝子を含む試料液とPCR反応試薬の自動混合機構の新規構築を行った。これまでも連続蛇行するマイクロ流体デバイス内を流れているPCR試料プラグ液前後の蒸気圧差を利用することで、温度制御を高速化していたが、今年度は新たに、固液界面に生じる粘性の力を効果的に活用する事で、本高速PCR法の再現性・安定性が大きく向上することを見いだした。

これらは、流路入り口からの圧入と出口からの吸引のどちらの駆動方式にも対応でき、蒸気圧と粘性力を活用したシンプルな高速PCR装置の実現につながる成果である。多量の試料液の増幅への対応、サイクル毎分単位で同じ距離を維持することによる複数試料プラグ液への対応が可能なのも見いだした。これら駆動機構の開発・改良に加え、液体の界面張力と慣性力を利用して試料とPCR用反応試薬を混合する機構を開発した。

一般的に、こうした技術を集積化させて遺伝子を迅速、

自動検知するためのフィールドでのオンチップの研究開発は、複雑な外部制御や煩雑な表面処理などを組み合わせて行われている事例が殆どであり、装置が大型で高価なものが多い。これに対し本研究では、ポンプの吐出だけでこれらの機構が全て終了することができており、概ね順調に進んでいる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 PCR、遺伝子、オンチップ

【研究題目】 二量化、クラスタ構成、および膜受容体細胞内輸送に関する単一分子蛍光の研究

【研究代表者】 Biju Vasudevan Pillai
(健康工学研究部門)

【研究担当者】 Biju Vasudevan Pillai (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、蛍光顕微鏡検査法と蛍光共鳴エネルギー移動 (FRET) を用いて、生体細胞内での上皮増殖因子受容体 (EGFR) 形成速度と細胞内輸送を評価することである。

最初に、Cy5dye を用いた CdSe/ZnS 量子ドット (QDs) と抗 EGFR 抗体を使用し、EGF のラベリングおよびビオチン化を実施した。次に EGFR を過剰発現させたヒト肺上皮腫瘍細胞株 (H1650) を70%コンフルエンスまで培養した。そして、Cy5抗体コンジュゲートを用いて精製とラベル化を行った。精製による非結合抗体色素コンジュゲートの除去後、量子ドットラベル化した EGF を用いて細胞内 EGFRs を活性化した。その細胞を細胞培地を使用し精製補充した後、すぐに蛍光顕微鏡と蛍光寿命装置を用いて観察を行った。二量体様に投入した単一 QDs の蛍光強度の時間変化を記録することでクラスタ形成速度を算出し、クラスタ様 EGF-EGFR 複合体を記録観察した。さらに濃度の異なる QD-EGF コンジュゲートを用いて、異なる時間間隔で単一およびクラスタ化した EGFR の蛍光イメージの記録分析を行った。観察を行った単一 QDs の一様分布は最初小さなクラスタ (2から4分子) に変化し、後に10分子以上に大きくなった。

最後に、添加30分後核周囲の蛍光を観察した結果、クラスタが内部に移行し細胞質内に輸送されたことを確認した。これらの実験より、EGFR のクラスタサイズおよび細胞内輸送の時間変化を分類することで、EGFR の過剰発現、シグナル増幅と受容体再循環との相関が解明できることが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 上皮増殖因子受容体 (EGFR)、受容体の二量化、受容体のクラスタ形成、量子ドット (QD)、細胞内輸送 (FRET)

【研究題目】 ナノチップによる巨大環状 DNA1分子の実時間ダイナミクス解析

【研究代表者】 平野 研 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 平野 研 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、環状 DNA1分子をリアルタイムに直接イメージングを行うためにナノ流体チップ (以下、ナノチップ) を用いることで、核酸結合酵素の反応や周囲環境、熱力学的要因によって、環状 DNA1分子の構造・形態変化のダイナミクスを新規に明らかにし、また酵素機能とその関わりを解析するもので、酵素1分子と環状 DNA1分子の可視化による環状 DNA-酵素の相互作用のリアルタイム解析、環状ポリマーである環状 DNA1分子の高分子物理学的性質が生命現象に与える作用、環状 DNA1分子を用いた放射線等による DNA 損傷の高感度検出技術への応用展開等を目的としている。

本年度は、環状 DNA1分子をリアルタイムでのダイナミクスを解析するための2次元観察法を新規に構築するために、ナノメートルの厚みを持つナノチップの構造効果による2次元観察の有用性について実験的な確認を行った。流路の厚みを400nm としたナノチップを作製し、検討した結果、環状 DNA1分子を輪の状態でのリアルタイムに1分子観察が可能であることを示すことに成功した。溶液の厚さをナノメートル単位まで小さくすることで、巨大環状 DNA1分子を輪の状態でのリアルタイムでイメージングする手段として有効であることが実証できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 1分子 DNA、1分子計測、ダイナミクス、ナノチップ、環状 DNA、環状高分子鎖

【研究題目】 光の点滅が疲労に及ぼす影響の心理的・生理的評価

【研究代表者】 岡本 洋輔 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 岡本 洋輔 (他1名)

【研究内容】

本研究では点滅光の時間変化パターンおよび波長 (色) の各特性が眼疲労に及ぼす影響を主観および生理反応の測定によって明らかにすることを目的としている。眼疲労の生理的評価に瞳孔反応が利用できる可能性について検討するため、光暴露下での視作業時に主観的眼疲労度および瞳孔径の測定を行い、両者の比較を行った。

暴露光刺激として、中波長と長波長成分の強度が同等な光 (刺激1) と中波長と比較して長波長成分が強い光 (刺激2) の2種類を用いた。被験者には、机上面におかれた白色用紙上のある文字を選択するという視作業を各光条件下で30分間行ってもらった。視作業の前と途中および後に、5段階評価による主観的眼疲労度の測定を行うとともに、液晶ディスプレイ上に明 (150cd/m²) と暗 (10cd/m²) 刺激を10秒ずつ交互に計2分間呈示し、その間の瞳孔径を連続的に測定した。

主観的眼疲労測定の結果、光刺激2条件では視作業前

と比較して視作業途中と視作業後で主観評価値が有意に上昇した。また、光刺激2条件では、瞳孔径測定時に呈示された暗刺激に対する瞳孔径が、視作業前、途中、後の順に大きくなる傾向が見られた。暗刺激に対する瞳孔径と主観的疲労度が高い相関がみられたことから、暗刺激に対する瞳孔径の大きさは眼疲労の生理的評価に利用することが可能であると考えられる。今度は暴露光刺激に点滅を加え、眼疲労に及ぼす影響を主観および瞳孔径の測定によって明らかにする。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 点滅光、眼疲労、瞳孔、LED

【研究題目】 時計遺伝子発現変動と糖尿病性血管障害との相互関係の解明

【研究代表者】 室富 和俊 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 室富 和俊 (常勤職員1名)

【研究内容】

体内時計を制御する時計遺伝子は糖尿病の発症および悪化に関与する。そのため、時計遺伝子の発現変化は高血糖時の血管障害にも影響を及ぼすと予想されるが、糖尿病性血管障害における時計遺伝子の役割は不明である。そこで、時計遺伝子発現変化と糖尿病時の血管障害との相互関係を本研究で明らかにする。

本研究では、動物個体で糖尿病発症とそれに伴う血管障害および時計遺伝子発現や行動パターンの異常を確認する必要がある。本年度は、自然発症型2型糖尿病モデルである TSOD マウスを利用し、糖尿病発症週齢および行動パターン異常の有無を検証した。対照マウスと比較した結果、TSOD マウスでは、6週齢以降に高血糖、8週齢以降に耐糖能異常およびインスリン抵抗性が観察されたことから、TSOD マウスはおおよそ8週齢で糖尿病様フェノタイプを呈することが明らかとなった。マウスは約24時間周期の行動リズムをもち、明期にはほとんど活動しないが、時計遺伝子変異マウスでは活動リズムの減り張りがなくなる。活動リズムと相関する飲水パターンを指標に、TSOD マウスの活動リズムを測定した結果、3および6ヶ月齢の TSOD マウスの暗期直前 (ZT 9-12 h) に飲水する割合は対照マウスの約2.5倍となり、TSOD マウスは糖尿病に罹らない対照マウスと異なる行動パターンを示すことを見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖尿病、血管障害、時計遺伝子

【研究題目】 細胞チップを用いた血中循環がん幹細胞の検出法の開発

【研究代表者】 阿部 佳織 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 阿部 佳織、片岡 正俊

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

がんの再発・転移の原因として化学療法や放射線療法

に抵抗性を示すがん幹細胞の存在が注目されている。近年、がん幹細胞は腫瘍組織中だけでなく、血中にも循環していることが報告されている。しかし、血中に存在する割合は非常に少ないため、高感度な検出が必要であり、これまでに簡易に正確に検出できるシステムは報告されていない。

我々はスライドガラスサイズのプラスチック基板 (チップ) に直径100 μm の穴を2万個配置し、1穴に100個の白血球を一層に並べることにより、1枚のチップで200万個の白血球を解析できる細胞チップを開発してきた。そこで本研究では、細胞チップを用いることにより、高感度に、簡易に、正確に血中を循環するがん幹細胞を検出できるシステムの開発を試みた。

まず、がん幹細胞のマーカーの1つである CD133が発現している KATO-III細胞 (胃がん細胞) を用いて細胞染色の条件の検討を行った。市販の CD133抗体のクローンを3種類用いて比較検討を行った結果、特異性が高いクローンを見出すことができた。また、幹細胞マーカーである CD133、血中循環がん細胞のマーカーであるサイトケラチン (CK)、白血球のマーカーである CD45、核マーカーである DAPI との4重染色の条件を検討した結果、最適な界面活性剤の種類と濃度、および染色時間を確立することができた。

さらに、細胞チップの穴から細胞を回収するシステムの構築を進め、直径50 μm のガラスキャピラリーを用いることで蛍光顕微鏡下で細胞を回収することが可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血中循環がん細胞、マイクロチップ、がん幹細胞

【研究題目】 細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製

【研究代表者】 Biju Vasudevan Pillai

(健康工学研究部門)

【研究担当者】 Biju Vasudevan Pillai、

Edakkattuparambil Shibu

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、単一分子検出と生体イメージングのための高発光性かつ無毒性のナノ粒子を開発することである。当研究における重要な成果は、NIR 領域内で高輝度を示す無毒性金 (Au) 量子クラスター (QCs) 合成の最適化および集合体と単一分子レベルでの性質評価である。

最初に金 QCs の合成最適化を行った。具体的には、37 $^{\circ}\text{C}$ で6時間以上 pH10以下のアルカリ性ウシ血清アルブミン (BSA) 条件下で、塩化金酸 (HAuCl₄) から金イオン Au³⁺を低減させることにより最適化を行った。

次に、過剰イオンを透析によってサンプルから除去し、

凍結乾燥と水で再懸濁することにより濃縮した。続いてビオチン NHS 化合物反応を用いて金 QCs にバイオコンジュゲートの官能性を導入した。ビオチン NHS 化合物はセファデックス G-25カラムの精製後、ビオチン化した金 QCs を抱合準備状態にするものである。

さらに、ビオチンユニットをストレプトアビジンで阻害した後、ビオチン化した表皮成長因子 (EGF) の抱合を行った。それと並行して金 QCs の長時間強励起レーザーを用いて光安定性を評価し、光安定性を有機蛍光色素と量子ドット (QDs) で比較した。その結果、金 QCs の光安定性は、標準的な有機蛍光色素より格段に高いことが確認された。金 QCs の光安定性は単一分子レベルでの検出に有益であり、金 QC-酸素エネルギー変換と PL 明滅の識別に役立つことが分かった。

最後に、優れた細胞内輸送と蛍光発光をもたらすヒト肺上皮腫瘍細胞株 (H1650) を用いて、EGF 抱合された金 QCs を培養することにより、金 QCs の潜在能力を確認した。また、H1650細胞を用いた MTT 細胞毒性試験により EGF-QC 抱合体の無毒性を確認した。これらの実験と結果より、貴金属の金 QCs が有機蛍光色素および生体イメージングに使われる QDs の代用になる可能性が示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 量子クラスター、ナノ粒子、蛍光ラベル、単分子検出、細胞毒性、生体イメージング

【研究題目】 細菌膜蛋白質複合体の分子配列メカニズムに関する光学・電子顕微鏡複合解析

【研究代表者】 川崎 一則 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 川崎 一則 (常勤職員1名)

【研究内容】

大腸菌の走化性レセプター (MCPs) は内膜上の膜蛋白質であり、膜貫通領域 (TMD) 2本をもつ単量体が2量体となり、数百~数千コピーの規模で巨大な集合体を形成する。その集合体では蛋白質の特異な配列による膜の組織化がなされると考えられている。この膜組織化の検証のために、急速凍結レプリカ法による大腸菌内膜の電顕観察を行っている。凍結切断の方法を用いると生体膜の疎水性界面 (P 面と E 面) が観察され、膜蛋白質が膜内粒子として確認されるが、大腸菌内膜の場合も切断 P、E 面の両方に膜内粒子が表れ、特に P 面ではより高密度に観察される。これらを指標に、疎水性部分からみた内膜の構造を検討した。

本研究では、全 MCPs 欠損大腸菌株 (HCB436) に Tar あるいは Tar-TC (テトラシステイン配列融合体) を導入、発現させ、内膜の微細形態を観察した。コントロールの細胞では、P 面上に膜内粒子の存在しない円形状の領域が多数形成され、直径は25nm 程度であった。Tar を発現した細胞でも同様の無粒子領域が形成された

が、40nm 程度に拡大した一群が生じていた。さらに、Tar-TC 発現細胞では直径100nm 程度と顕著に大きな無粒子領域が見いだされた。無粒子領域が観察されることは、TMD 数の多い膜蛋白質分子が排除されており、脂質分子と TMD 数の少ない膜蛋白質分子のみが存在すると解釈される。以上の結果から、走化性レセプター Tar の発現は、内膜における蛋白質の組織化状態を変化させることが示された。この結果を応用し、膜の分子構築上における対象蛋白質の局在場所を特定する可視化技術を目指す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜蛋白質、細菌、電子顕微鏡

【研究題目】 西欧教会ならびにオペラ劇場の動学的音場解析とその比較

【研究代表者】 伊東 乾 (東京大学)

【研究担当者】 添田 喜治、伊東 乾、金 容熙 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本研究は、従来我々の日常生活と密接に結びついていて、かつその空間内で音が重要な役割を果たしている、教会・寺院の音響を評価することを目的とする。

教会・寺院内において司教・住職は、儀式に応じて、その位置、向き、発声方法を変えている。それにより、教会・寺院内の人々に儀式毎に異なる音響効果をもたらしている。しかし、その音響効果は調査されていなかったことから、司教・住職位置・向きと聴者の位置を想定し、教会・寺院内でのインパルス応答と寺院内の読経音の測定・解析を行った。

インパルス応答解析に関しては、教会の背面式・寺院の通常儀式位置では、両耳間相関度が低く (音場の広がりを感じられる)、音声明瞭度が低い、寺院の御文章発声位置では、両耳間相関度が低く、音声明瞭度が高いことを明らかにした。寺院と教会を比較すると、寺院における内陣は、教会の祭壇に相当するものであるが、その容積が大きいことが、寺院と教会の音場の違いに与える影響が大きいことを明らかにした。

読経解析については、位置・向きの効果は両耳間相互相関度、両耳間時間差、発声方法の変化は、ピッチ、ピッチ明瞭度、スペクトル重心に反映されることを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 音質、相関、インパルス応答

【研究題目】 仮想触感提示技術によるヒト—モノ間のインタフェースを対象とした多型性表現モデル

【研究代表者】 中川 誠司 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中川 誠司、大塚 明香 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

視覚障害者のための新しい情報提示機器の開発を目指して、空気噴流を使用した触覚インターフェース装置の開発に取り組んでいる。2013年度は空気噴流刺激が掌に呈示された際の知覚特性や神経生理メカニズムの解明を目的として、心理物理計測や脳磁界計測に取り組んだ。

まず、被験者7名を対象として、空気噴流刺激を掌上の各部（17点）に呈示したときの刺激に対する知覚量をマグニチュード推定法により求めた。その結果、掌の外側部（小指側）の感度が高く、中央部の感度が低いことがわかった。掌各部における感度と皮膚硬度について正の強い相関が得られた。これらの結果は、正中神経よりも尺骨神経支配領域の知覚感度が高いこと、感度は皮膚の硬度の影響を受けることを示唆する。

次に、脳磁界計測を用いて、空気噴流刺激を掌に呈示したときの大脳皮質活動を計測した。得られた誘発反応の活動源を呈示した。その結果、掌上の内側（親指側）および遠位において、有意に大きな第二成分の活動強度が得られることがわかった。

脳磁界計測の結果は、先行研究で報告されている掌上の機械受容器（FA-I）の分布密度に合致する一報、当方で実施した心理計測の結果とは乖離している。末梢受容器での情報処理と大脳皮質活動の異同についての再検討が必要と思われる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 インターフェース、触覚、空気噴流、脳磁界計測

【研究題目】 大規模・異種の時空間データ統合で生じる矛盾を許容するサイエンスクラウド基盤

【研究代表者】 小島 功（情報技術研究部門）

【研究担当者】 小島 功、中村 章人、的野 晃整、岩田 健司、油井 誠、Steven Lynden（常勤職員6名）

【研究内容】

本研究は複数の衛星情報アーカイブなどのペタバイト級の異種時空間データの統合を支援することで、科学研究を促進するクラウド基盤（サイエンスクラウド）を開発するものである。産総研を代表として筑波大、静岡大と共同で実施している。

本研究の特徴は、アーカイブされたデータの全量同士の結合・突き合わせなど大規模・高度なデータ統合の過程において多々発生する同一であるはずのデータ間の相違といったある種の「矛盾」に着目した点にある。矛盾したデータの存在下で統合を可能にする「許容」を行うことで矛盾の解決を図り、精度の高い時空間的知見の獲得を可能とする。

平成25年度は3年計画の2年目として、矛盾を扱うための1)～3)の各要素技術の研究開発と、それらの統合4)を

並行して進めた。1) 統合のモデル化とアーキテクチャ：実世界データと SNS のデータ統合を試み、疑似相関関係を指定することで矛盾の原因発見がある程度可能なことを確認した。また曖昧性や不確実性を有するデータ集合に対する外れ値手法を拡張し、トップ K（外れ度上位 K 件）の外れ値を効率的に検出する方法を考案した。2) 時空間データの解析とワークフロー、可視化：機械学習による画像解析はサブクラス化（特定のクラスをさらにいくつかに分割する）により改良し、これまでの衛星画像処理よりも高精度の判別を実現した。SNS 上の地理情報に着目し、ユーザが付与した位置情報を基に知見獲得を行う方法を研究し、海岸が写った写真から海岸線を検出する等注目するポイントの自動判定等を実現した。ワークフローと可視化は開発したワークフローエンジン Lavatube の応用を進め、動画像や衛星画像等の処理の実行状況がクライアントで可視化、中断、逐次実行できる対話性を実現した。3) 検索と解析のための並列処理基盤：LOD に対する分散処理は、時間制限内でベストエフォートの答えを戻す手法を提案し、デモシステムを構築した。タンパク質のアミノ酸配列のような配列データに対するウィンドウ（ストリーム処理で一度に扱えるデータの幅）に基づいた集約処理に対し、差分計算の概念を導入して高速化、計算量の効率化を実証した。不確実データを対象とした確率頻出アイテム集合の計算を並列分散化すると共に、GPU に基づくクラスタリング手法を開発した。4) 統合：上記技術を統合する応用システムを構築し検証を行った。特に LOD の検索と可視化を放射線モニタリングシステムに適用した。また、2)の機械学習で発生する特定の誤検出パターンについて、同じく SNS 上の地理情報を併用すると改善できることが解明できた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 データベース、データ統合、時空間データ、クラウド

【研究題目】 ディザスタリカバリを可能にする高速退避型遠隔ライブマイグレーションの研究

【研究代表者】 広瀬 崇宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】 広瀬 崇宏（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、遠隔拠点間のライブマイグレーション時間を大幅に短縮し、地震発生直後の猶予時間を利用したサーバ待避技術の実現を目指すものである。従来のライブマイグレーション技術では仮想計算機の実行状態を一度に全て転送する実装となっている。一方、本研究が提案するライブマイグレーション手法では、平時から実行状態を待避先にできるかぎり転送し、災害時には未転送の実行状態のみを転送することで、いざという時のサーバ待避時間を短縮する。提案手法のプロトタイプ実装を開発し、各種評価実験を通してその有効性を検証する。

3年計画の1年目となる平成25年度は以下の研究を行った。第一に、仮想計算機の主要な実行状態の一つであるストレージに関して、平時のデータ同期機構の開発を進めた。我々が開発するストレージサーバプログラムを拡張して、ディスクブロックをあらかじめ待避先と同期する機構について開発を進めた。データベース等のワークロードを用いて評価実験を行った結果、ディスクの更新速度が速いワークロードであっても仮想計算機の移動時間を大幅に短縮できることを確認した。

第二に、ライブマイグレーション機構において、メモリとストレージデータ間の重複を排除する研究を行った。仮想計算機を移動する際に、メモリ中に含まれるストレージキャッシュのデータ転送を省略できれば、移動時間を短縮できる。我々が過去に開発した手法では、仮想計算機を移動する前に重複排除を完了する必要があるため、時間短縮効果が限定的であった。そこで今回は仮想計算機の移動作業と並行して重複排除を行う機構を新たに開発した。評価実験の結果、新たな提案手法は大きな時間短縮効果を有することを確認した。

以上の研究成果を内外の学会で発表し、論文誌等にまとめた。今後はシミュレーション技術を用いて様々な状況下における提案手法の有効性を検証する予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】災害対策、データセンタ、仮想化

【研究題目】Linked Data 検索のための結合効率化に基づくメタデータクラウドの研究開発

【研究代表者】的野 晃整（情報技術研究部門）

【研究担当者】的野 晃整（常勤職員1名）

【研究内容】

誰でも制限なしに自由に利用できるオープンデータの流通は、G8サミットでのオープンデータ憲章採択や世界最先端 IT 国家創造宣言の閣議決定など政府レベルでも、また自治体での積極的な導入や各種コンテストの開催などコミュニティレベルでも推進され、世界的な潮流となっている。このオープンデータの要として期待されているのが Linked Data である。Linked Data はデータ間の関係を記述してデータを網目状にリンクするものであり、統一した形式で記述することによって、あらゆる分野の多様な情報を同じ枠組みで利用できる。Linked Data は近年爆発的に増加しているが、巨大で複雑な Linked Data を扱う方法は確立できていない。我々はこの問題を解決するために Linked Data を効率的に検索するための研究を進めている。本研究の目的は、Linked Data に対し、A) 中間データの再利用による演算省略や B) ダイジェストデータを用いた代理演算による結合演算の効率化などの手法を提案し、複雑な検索でも高速に処理できるプラットフォームを実現することである。

3年計画の2年目である平成25年度は、大規模データ処

理フレームワークである MapReduce 上での並列結合アルゴリズムについて、初年度考案した手法の大規模実験による性能評価を行ったが、期待する性能が得られなかった。その点を踏まえて、より汎用的な新手法を考案して、その基礎的な評価実験を行った。その結果、従来法に比べて低結合選択率（結合時の入力に比べ出力が小さい）時に効率的になることを期待できることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】データベース、Linked Data、メタデータ、クラウド

【研究題目】性能可搬性を提供する仮想計算機マイグレーション技術の研究

【研究代表者】高野 了成（情報技術研究部門）

【研究担当者】高野 了成（常勤職員1名）

【研究内容】

高性能計算など様々な用途でクラウドの利用が拡大しているが、クラウドで広く用いられる仮想化された計算機環境は、従来の物理クラスタと同等の性能を得ることが難しいという課題を抱えている。本研究は、Ethernet や InfiniBand といった異なる通信インターフェースをもつクラスタ計算機を接続し、その上でクラスタ計算機を跨ぐ仮想計算機マイグレーションを実現し、アプリケーションプログラムからすべてのクラスタ計算機が透過的に扱えるようにし、かつ計算機環境の変化に適応して最大の通信性能を達成する性能可搬性を実現することを目的とする。

3年計画の2年目となる平成25年度は、昨年度開発した仮想計算機マイグレーション技術を発展させ、異なる通信インターフェースをもつクラスタ計算機を跨ぐマイグレーション機構 Ninja migration を新たに設計・開発した。本技術により、昨年度実現した仮想クラスタ環境における高性能 I/O に加えて、アプリケーションの実行を止めることなく、要求性能やコストを基準に、実行環境を選択、移行する自由度が高まった。これはクラウド環境における柔軟な運用やディザスタリカバリに資する機能である。本成果について、2013年5月に米国ボストン市で開催された国際会議 IEEE IPDPS 2013併設の High-Performance Grid and Cloud Workshop、国際論文誌 IEICE Transactions on Information and Systems にて発表した。

さらに本機構の普及、展開の一環として、クラウドミドルウェアとして普及が進む Apache CloudStack へ、仮想マシンのゲスト OS から物理マシンの PCI デバイスに直接アクセスする PCI バススルー機能およびハードウェア仮想化規格 SR-IOV (Single-Root I/O Virtualization) を対応させ I/O 性能の改善を図った。今後は、産総研内のプライベートクラウドへの適用の準備を進めている。本成果について、2014年2月にタイ国

ブーケット市で開催された国際会議 ICOIN 2014、および同年3月にタイ国バンコク市で開催された ICT-ISPC 2014で発表した。なお後者の論文は最優秀論文賞を受賞した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】HPC クラウド、仮想計算機、VM マイグレーション

【研究題目】ストリーム処理とデータ分析処理を統合した戦略的データ活用基盤の開発

【研究代表者】油井 誠（情報技術研究部門）

【研究担当者】油井 誠（常勤職員1名）

【研究内容】

大規模な機械学習を実現するための代表的なアプローチとして、関係データベース内で高度なデータ解析処理を行う In-Database Analytics と、MapReduce を用いた機械学習の並列処理の2つがある。テラバイト～ペタバイト級の大規模なデータ解析を行うにあたっては、システム間のデータ移動に非常に時間を要することが課題であり、In-Database Analytics はビジネスデータが存在するデータベース内でデータ解析を行うという点でデータ移動のコストを省けるため有効である。一方で、関係データベースは、時間を要する解析処理をバッチ処理する上で重要な耐障害性や性能劣化ノードの扱いに課題を残している。

そこで本研究では、バッチ学習を MapReduce/Hadoop を用いて行い、インクリメンタルな学習を関係データベース上で行う、ハイブリッドな機械学習手法を開発した。

3年計画の2年度目にあたる平成25年度は、前年度に作成したハイブリッドな機械学習手法を論文としてまとめ、ビッグデータ分野の主要な会の一つである IEEE 2nd International Congress on Big Data で発表を行った。

また、開発成果をオープンソースソフトウェアの Hivemall として公開した。公開したソフトウェアに関する発表は、機械学習分野の最難関会議である NIPS のワークショップ（NIPS 2013 Workshop on Machine Learning Open Source Software）や採択率2割をきる産業界からの注目度の高いエンジニアリングカンファレンスの Hadoop Summit 2014 に採択された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】機械学習、データベース管理システム、MapReduce、Hadoop、Hive

【研究題目】画像認識技術を用いた大腸内視鏡画像の客観的評価手法の研究

【研究代表者】野里 博和（情報技術研究部門）

【研究担当者】野里 博和（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、難病指定されている潰瘍性大腸炎の大腸内

視鏡検査において、大腸粘膜の炎症の重症度を画像認識技術により客観的に評価する手法の確立を目的としている。潰瘍性大腸炎は、特定疾患として30年間以上厚生労働省研究班による調査研究が行われているが、その病変の様態の複雑性から、詳細な診断基準ははまだ確定しておらず、医師の知識や経験の差によりその診断精度にばらつきが生じている。そこで本研究では、大腸内視鏡画像から大腸粘膜の特徴を抽出し、その特徴から統計的な手法により評価値を算出する評価手法を提案し、医師の診断を支援する客観的な評価指標の提供を目指す。

3年計画の2年目となる平成25年度は、潰瘍性大腸炎の炎症度を分類するために、昨年度に開発した大腸内壁表面の違いを色空間変換により強調する手法をさらに発展させ、色空間変換を含む画像処理条件と特徴抽出条件を同時に最適化する手法の研究を行った。具体的には、大腸粘膜の血管網パターンと表面の凹凸の違いを強調する画像処理条件と、幾何学的な特徴量である高次局所自己相関（HLAC）特徴の抽出条件を、遺伝的アルゴリズムをベースとして最適化する手法を提案した。本手法では、医師が複数の観点から内視鏡画像を診断するのと同様に、画像処理と特徴抽出の条件を適切かつ複数組み合わせることにより、1つの画像処理条件では強調不可能な大腸粘膜の異なる表面性状を同時に特徴量として抽出することができ、複雑な表面状態の重症度を分類することが可能となった。

協力機関である東邦大学医療センター佐倉病院から提供された、実際の大腸内視鏡画像データを用いた検証実験の結果から、提案した手法による潰瘍性大腸炎の炎症度を分類可能な画像処理条件と特徴抽出条件の最適化を確認し、その有効性を検証することができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】画像認識、大腸内視鏡、診断支援技術

【研究題目】合成開口レーダ画像および海洋観測に基づく海上風シミュレーションの精度向上

【研究代表者】竹山 優子（情報技術研究部門）

【研究担当者】竹山 優子（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、沿岸海域における洋上風力エネルギー資源調査の有効な手段として、数値気象モデルによる海上風シミュレーションや、衛星に搭載した合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar, SAR）観測データを使った海上風推定手法が注目されている。風力エネルギー密度は風速の3乗に比例するため、その資源調査には高精度な風速の推定が必要とされる。しかし、研究が進むにつれて日本沿岸域での数値気象モデルおよび SAR 海上風推定にはいくつかの問題があることが分かってきた。そこで本研究では、沿岸海上風シミュレーション精度の向上を目的として、SAR 海上風推定精度の向上と、その成果と気象モデルの組み合わせによる高精度海上風推

定手法の開発を行う。

3年計画の2年目である平成25年度では、24年度の成果である最新のモデル関数 CMOD5.N と大気安定度補正を用いた手法を欧州の地球観測衛星 ENVISAT の高性能合成開口レーダ (ASAR) 画像に適用し、これに数値気象モデル WRF から得られた風向情報を入力値として、和歌山県白浜沖の海域における風況マップの作成を実施した。具体的には、年平均風速およびエネルギー密度の精度を保証する為に必要な100シーンを越える ASAR 画像のそれぞれのシーンについて2次元の風速分布図を作成し、その後、各ピクセルに対してワイブル分布を用いた統計処理を行い、500m 空間解像度の10m 高度2次元風速分布図を作成した。この結果に対して、和歌山県白浜気象観測鉄塔と南西沖ブイの2か所で計測されている実測風速を用いて精度検証を行った。次に、風速分布図から10m 高度エネルギー密度分布図を作成し、沿岸域の風況を把握する基礎的な図の作成に成功した。さらに、洋上風力発電の適地選定に利用できる情報として、10m 高度の風速およびエネルギー密度分布図から、WRF によって算出した風速の10m/80m 比を用いて、風車の平均的なハブ高度である80m 高度の風速分布図とエネルギー密度分布図を作成した。平成26年度はより高精度な風速推定を実現すべく、沿岸の海岸地形が SAR 風速の推定精度に与える影響について引き続き研究を進める。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】洋上風力発電、合成開口レーダ (SAR)、数値気象モデル、海上風推定

【研究題目】ポストペタスケール計算機環境に向けた高可用分散協調スケジューリングの研究

【研究代表者】竹房 あつ子 (情報技術研究部門)

【研究担当者】竹房 あつ子 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、2020年までに完成すると言われているポストペタスケール計算機環境でアプリケーションの実効性能を維持しつつプログラムの継続実行を支援する高可用分散協調スケジューラを実証することを目的としている。ポストペタスケール計算機環境では、各タスクが並列処理を行う階層型タスク並列が計算効率を高めるための有望なプログラミングモデルの1つと考えられているが、アプリケーションプログラムに障害が発生しても継続実行できる耐障害性が求められ、プログラム作成の障壁となりうる。よって、階層型タスク並列アプリケーションプログラムの耐障害性を支援する高可用分散協調スケジューラのプロトタイプシステムを開発し、ポストペタスケール計算機環境における性能特性を調査する。

開発する高可用分散協調スケジューラは、計算に必要なとなるデータを障害から保全するデータストア機構と、計算ノードの健全性を監視しつつ適切に計算を実行する資源管理機構からなる。これらを、ポストペタスケール

計算機環境においてスケーラブルでかつ、それら自身が耐障害性を持つように設計・実装する必要がある。2年計画の1年目となる平成25年度は、高可用分散協調スケジューラのプロトタイプを設計し、分散協調処理ライブラリ Apache ZooKeeper と分散キーバリューストア (KVS) Apache Cassandra を用いて Java 言語で開発した。資源管理機構にはタスクの管理、計算ノードの死活監視、障害発生時のタスク再実行/削除機能を実装し、データストア機構には結果整合性を保証する KVS を用いた。本スケジューラを用いた予備実験では、処理中に計算ノードが落ちてしまった場合も自動的にタスクが再実行され、アプリケーションプログラムが継続実行できることが確認できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ポスタペタ、スケジューリング、並列分散計算、耐障害性

【研究題目】非平衡プラズマによる高圧可燃予混合気の着火機構に関する研究

【研究代表者】高橋 栄一

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】高橋 栄一 (常勤職員1名)

【研究内容】

内燃機関の高効率化、低エミッション化のために希薄燃焼、あるいは排気ガス再循環 (EGR) といった方法が有効と考えられているが、それらにおいて確実な着火技術の開発が課題となっている。そこで、本研究では従来のスパークプラグ等の熱平衡プラズマに対して、非平衡プラズマを用いた可燃性予混合気の着火技術の研究開発を行っている。本年度は予混合気に非平衡プラズマを照射することによって、圧縮着火が著しく促進されることを明らかにした。さらにプラズマの照射をパルス状にすることによって、照射予混合気の体積を限定することで、着火時の圧力上昇率を制御する方法も開発した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ストリーマ放電、誘電体バリア放電、希薄燃焼、EGR

【研究題目】格子・電荷・光結合系の設計と制御によるフォトニクス機能の進化

【研究代表者】徐 超男 (生産計測技術研究センター)

【研究担当者】徐 超男、上野 直広、寺崎 正、

藤尾 侑輝、寺澤 佑仁、藤原 理賀、

川崎 悦子、久保 正義、古澤 フクミ、

津山 美紀、有本 里美、上村 直

(常勤職員4名、他9名)

【研究内容】

応力発光 (力学刺激による発光) は構造物の健全性診断など安全安心な社会を支える基幹技術への利用が強く期待されている。本研究は、発現機構や増強法を多角的

な視点から究明し、得られた知見をもとに画期的な応力発光材料を新たに創出することを目的とする。具体的には、応力発光に及ぼす結晶構造、電荷移動、欠陥の影響とその機構を究明し、これらをもとに増感効果の発現機構を明らかにし、それをもとに応力発光強度を10倍以上の新材料の設計開発を目指す。

ここまでは、第一原理計算、分子動力学計算からの理論解析も着手し、応力発光体のバンド構造、状態密度及び化学結合状態について検討した。新材料の設計開発については、様々な力学刺激に応答可能な応力発光体 SAO、SSO、および CaZnOS 系新規材料を設計し、赤色応力発光体 CaZnOS:Mn をはじめ、超残光機能、クロミズム機能、強い近赤外領域の応力発光機能を示す積層化構造を有する発光体の開発に成功し、発光機構の解明を進展した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光、近赤外発光、非破壊検査技術

【研究題目】 マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術

【研究代表者】 宮崎 真佐也

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 宮崎 真佐也 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本研究では、我々が独自に開発してきたマイクロ化学デバイスを用いる多段階の酵素反応技術を発展させ、より効率的な生理活性分子合成技術として酵素反応を用いるための技術開発を最終目標としている。本提案では、生体に近い効率での多段階酵素反応を行うために、生体内とほぼ同等の空間配置構築のために、ナノメートルオーダーで2次元に酵素分子を規則配置する新規の分子固定化技術を開発する。これを用いてマイクロ流路内に酵素分子を規則固定化したマイクロリアクタを作製して多段階の酵素反応に供与し、効率的な生理活性分子合成デバイスの開発を目指す。本提案では①マイクロ流路内での長鎖 DNA の配置による楕円構造体の構築技術の確立、②楕円構造体への分子の配置・固定化技術の開発、ならびに③楕円構造体上に配置した酵素による多段階反応挙動の解析を目的として研究を行う。最終年度は、これまでの成果を踏まえ、楕円構造体形成技術のさらなる最適化と作製した楕円構造体上への分子の固定化条件を確立した。これまでに開発した DNA の楕円構造形成技術を応用し、楕円構造体上に分子の固定化を行う方法を確立した。電極構造を最適化し、多段の楕円構造形成を可能とした。次に、これらの楕円に固定化した遺伝子上の特定部位を標識する足場とするために、DNA と特異的に結合する分子として、特異的な遺伝子配列に相補的なペプチド核酸を用い、それに各々タグとなるペプチド配列を導入した。これを遺伝子に結合させた後、タグに特異的な抗体とそれに対応する二次抗体を蛍光波長の異なる

量子ドットで標識したものをを用いて3種類の量子ドットを楕円構造に固定化することに成功した。また、固定化に用いる二次抗体に酵素を標識したのも作製し、その結合も解析した。上記の量子ドットと同じようにタグ付きペプチド核酸を固定化し、それを足場として酵素を固定化することに成功した。固定化した酵素を用いて、多段階の酵素反応を試みた。その結果、特定の流速範囲内では多段階反応が可能である事を確認した。しかしながら、高流量域では反応が進まず、分子の衝突頻度が重要である事が確認された。この点は、流路の幅・深さを小さくすることにより改善された。

以上の結果から、DNA の楕円構造形成に基づいた分子の2次元配列技術の確立と、それを用いた反応技術の開発に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリアクタ、固定化、分子配列

【研究題目】 独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定

【研究代表者】 福田 修 (生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 福田 修 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、肥育牛から計測した超音波エコー画像に基づいて、非侵襲かつ高精度に肉質(脂肪交雑(いわゆる霜降り度)を12段階でランク付けした値)を推定する技術を確立することである。そのため、独立成分分析を利用した推定アルゴリズムの研究開発を行い、その有効性を様々な角度から検証する。

本年度は、専門技術者による判読結果と本手法による結果について、比較実験を行った。103頭の供試牛から得られた超音波画像に対して推定を試みた結果、推定値と実測値の間に両手法ともに $R=0.7$ の相関が確認され、互いの精度に大きな差異がないことが確認された。また両者の推定誤差の傾向において、僅かながら有意な相関があることを確認できた。さらに、ニューラルネットを導入する効果について検証するために、重回帰モデルとの比較を実施したところ、重回帰モデルでは、 $R=0.62$ の相関しか得ることができず、本手法の有効性を確認することができた。なお、超音波画像と同時に蓄積した、生体電気インピーダンス値についても、BMS との相関を確認することができた。超音波画像と生体電気インピーダンスによる推定を組み合わせることで、より高精度な結果が得られる可能性を示すことができた。

【分野名】 計測・計量標準

【キーワード】 超音波画像、畜産、テクスチャ

【研究題目】 コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製

【研究代表者】 上原 雅人 (生産計測技術研究センタ

一)

【研究担当者】上原 雅人（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、ナノ粒子を原料とする薄膜製造の高度化技術の開発である。ナノ粒子を用いたウェットプロセスでも単結晶化や結晶方位制御が可能な技術の開発を目標とする。ナノ粒子やナノロッド等の生成で報告されている結晶配向合体現象（Oriented Attachment、OA）を利用して、コアシェルナノ粒子を合体成長させ、新型太陽電池等に期待される量子ドット超格子構造体を作製することを目的とする。透過電顕での電子線トモグラフィなど、種々の構造解析を基に、ナノ粒子の構造に着目しながら OA 現象を明らかにする。

本年度は、原子分解能 STEM 観察を基にした結晶の極性判定や高分解能 EELS による誘電関数およびバンドギャップの測定を試みた。これまでに、アミン系の表面配位子を用いることで、OA 現象を伴った、ナノロッドや球状ナノ粒子を合成できる技術を開発している。その中でもナノロッドについて、高温で加熱すると特異形状粒子が生成する。この粒子は上側の径は細く、下側の径は太くなるような傾向にある。このナノ粒子について、原子分解能 STEM 観察を行い、極性に着目して構造評価を行った。いくつかの粒子について評価した結果、評価したすべての粒子において、Zn 極は径が細く、S 極では径が太くなっていた。これは、結晶の極性が粒子成長に関与していることを示唆しており、今後、配位子の吸着特性に着目しながら考察を進める。また、高分解能 EELS 測定を駆使することで、個々のナノ粒子のバンドギャップや誘電関数を取得することに成功した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造、計測・計量標準

【キーワード】ナノ粒子、極性、粒子成長、電子顕微鏡、EELS、電子線トモグラフィ、

【研究題目】高空間分解能静電気分布モニタリング計測システムの開発

【研究代表者】菊永 和也（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】菊永 和也（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では静電気分布を高空間分解能・高速で計測するために、振動誘起法を基盤とした低周波電界の多点計測の技術的基盤を確立することが重要である。そこで平成25年度では多点で低周波の電界を計測するセンサについて、その構造、電界の特性、計測感度の関連を調べた。また、その知見を基に低周波電界が高感度で計測可能な小型の指向性センサを開発し、そのセンサのアレイ化による電界分布計測を試みた。

まず、振動誘起法による低周波電界に関して、電波暗箱内において、小型振動発生装置、レーザー変位計、ロックインアンプ、電界センサ、自動ステージを組み合わ

せた自動計測システムを開発した。それを用いてサンプルの電荷振動により誘起される電界強度と表面電位の関係を調べたところ、それらが直線比例の関係であり、電界強度を測定することで静電気の定量的評価が可能であることを明らかにした。さらに、電界センサにおいて、モノポール型アンテナ構造のアンテナ長を0mm にしたところ、横方向からの電界の影響を受けにくい指向性の高い小型センサを開発することに成功し、φ10mm の狭い領域を計測可能な技術を確立した。

続いて、この開発した小型電界センサをアレイ化（5個×5個）したものをを用いて、それぞれのセンサ位置の電界強度を同時に信号処理するシステムを開発した。標準サンプルを用いて、振動により誘起された低周波電界において、この開発したシステムを用いることで25mm×25mm の領域の電界分布を計測することに成功した。これにより、低周波電界の多点計測の技術基盤を確立することができ、静電気の二次元分布を計測するためのシステム開発の目途をつけることができた。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】静電気、可視化、振動、低周波電界、アレイセンサ

【研究題目】有機応力発光センサの創出

【研究代表者】寺崎 正（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】寺崎 正（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の狙いは、世界初の有機応力発光センサを創出することである。応力発光体とは、当研究室が開発した【弾性変形程度の力学刺激に応じて繰り返し発光するセラミック無機粒子】であり、日本発・世界初の実用的な機能性材料である。これまで蓄積した学術知識より応力発光現象の本質を抽出し、有機分子に転写することで、誰も成し得ていない有機 ML センサ創出に挑戦する。

実現の方法として、高輝度無機応力発光体の発光原理を抽出し、有機材料に転写する。即ち、“準安定状態にトラップされたキャリアの力学刺激による解放と再結合による発光”、“圧電性を介して発生する局所電場による電界発光”である。実現に向けて、有機分子を使った構成する機能要素・コンポーネント・空間の設計（課題

【1】、【2】）、繰り返し性・視認性・定量性（ひずみー発光強度・色）の観点からの応力発光評価（課題

【3】）が基本計画である。平成25年度では、その計画に従い下記の成果を挙げ、本来の計画を達成した。

【1】金属有機フレームワーク（MOF）構造による ML 空間の創出

基本構造と考えている母体（DMBDC）の MOF 作製を行った。更に発光中心（Eu³⁺）の添加を試み、発光中心由来の発光を得たことから、成功した事を確認した。

【2】分子圧電場での電界発光による応力発光の創出

基本構造と考えている PVDF（ポリフッ化ビニリデ

ン) と粘土ナノシートのスクリーニングを行った。結果、疎水性のナノシートを用い、加熱状態で混合・成型する事で、過酷条件(高圧力・高展伸)でなくとも圧電場の発現に欠かせない β 体配向の発現に成功した。更に、発光中心として高輝度 EL 性発光色素 (Ir(ppy)₃) の賦活を試みた、結果、 β 体の分子配向 (XRD 計測)、圧電性 (d33計測等) を保持している他、賦活した色素由来の発光を確認し (各種発光計測)、圧電場と発光中心という基本構造の構築に成功した。

[分野名] 計測・計量標準

[キーワード] 有機応力発光センサ、金属有機フレームワーク、圧電性高分子、発光中心

[研究題目] 超音波テクスチャを用いた筋疲労の評価

[研究代表者] 福田 修 (生産計測技術研究センター)

[研究担当者] 福田 修 (常勤職員1名)

[研究内容]

筋を超音波エコーによって撮影すると、その筋の画像には模様や濃淡がみられ、すなわち画像テクスチャが得られる。本研究ではその画像テクスチャに筋の状態を反映する情報が含まれていると考え、筋疲労を起こすような筋収縮活動を行わせた場合、筋の超音波画像テクスチャにどのような変化がみられるかを検討した。

被験者は成人男性10名で等尺性筋収縮条件および等張性筋収縮条件の2つの実験に参加した。いずれの条件も、座位姿勢をとり前腕をアームレスト上にのせ、DIP関節に錘を吊るした。前腕内部の筋を撮影するため、筋収縮に影響を与えない範囲で、手首と肘部をベルト等で固定した。等尺性収縮条件の場合は関節を動かさず、錘を下げないように維持させた。等張性収縮条件の場合は一定のリズムで錘を挙上させた。その負荷(錘の質量)は、3分程度で筋が疲労困憊し、課題を遂行できなくなるように調整した。両条件とも、負荷を一切与えない安静状態を測定し、その後筋収縮課題(約3分)を行った。その後、回復期間(15分)を設けた。筋収縮課題前後および回復後に示指伸筋の筋横断面画像を撮影し、形状および中心部の画像テクスチャの計測・解析を行った。画像テクスチャの解析においては濃度ヒストグラム法、濃度差分レベル法、空間濃度レベル依存法を用いた。

その結果、筋厚は両条件とも有意な増加を示した。画像テクスチャの特徴量においては、運動開始後でなく、10分以降に有意な変化が認められた。また、筋収縮様式によって異なる変化を示した特徴量も認められた。これらの結果より、画像テクスチャ特徴量が筋疲労の指標になり得る可能性が示唆された。

[分野名] 計測・計量標準

[キーワード] 超音波画像、筋疲労、テクスチャ

[研究題目] 共生細菌による宿主昆虫の体色変化：

隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明

[研究代表者] 深津 武馬 (生物プロセス研究部門)

[研究担当者] 深津 武馬、棚橋 薫彦、牧野 純子、菊地 わかな (常勤職員1名、他3名)

[研究内容]

アブラムシ体色を変化させる共生細菌のゲノム解析、アブラムシ体色を構成する色素の解析、共生細菌の感染にともなう宿主アブラムシの遺伝子発現解析、関連候補遺伝子の機能解析、共生細菌感染及び体色変化がアブラムシの生理や生態に与える影響の解析などを通じて、共生細菌による体色変化という生物現象を徹底的に解明し、理解することをめざす。今年度は以下のような成果を挙げた：

- ・体色を変化させる共生細菌の解析：アブラムシ体色を変化させる共生細菌 *Rickettsiella* の全ゲノム塩基配列1576143 bpを決定した (Nikoh et al. in prep.)。また、その詳細な微生物学的解析をおこない、“*Candidatus Rickettsiella viridis*”の暫定学名を提唱した (Tsuchida et al. 2014)。
- ・体色変化に関わる宿主遺伝子の解析：RNA-seq 法により *Rickettsiella* 感染で変動する多数の宿主アブラムシ遺伝子を検出し、うち2つのポリケチド/脂肪酸合成酵素遺伝子を色素関連候補と同定した。
- ・その他の共生細菌のゲノムおよび機能の解析：大豆等の害虫のホソヘリカメムシの適応度上昇や殺虫剤耐性に関与する腸内共生細菌 *Burkholderia* sp. strain RPE64の6.96 Mbのゲノム配列を決定した (Shibata et al. 2013)。農業害虫コナカイガラムシ類の共生細菌のゲノム解析および宿主の発現遺伝子解析をおこない、キュウコンコナカイガラムシの細胞内共生細菌 *Tremblaya phenacola* の170,756 bpの極小ゲノム配列を決定し、多様な共生細菌由来の水平転移遺伝子がコナカイガラムシ類の共生代謝系の構築に関わることを解明した (Husnik et al. 2013)。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

[研究題目] 共生成立の分子基盤を解く：昆虫-細菌共生系における大規模 RNAi スクリーニング

[研究代表者] 菊池 義智 (生物プロセス研究部門)

[研究担当者] 菊池 義智、二橋 亮 (常勤職員2名)

[研究内容]

多くの生物がその体内に共生微生物を持つことが知られているが、それら内部共生の分子基盤については未だ不明な点が多い。本研究ではホソヘリカメムシ *Burkholderia* モデル共生系を対象に、共生器官の大規模トランスクリプトーム解析および RNAi スクリーニングを行い、共生成立に関わる宿主昆虫側の遺伝子基盤

を網羅的に同定することを目的としている。研究2年目にあたる本年度は、(1) 共生細菌の GFP 発現変異株を用いた感染過程の詳細なステージング、(2) 共生細菌の感染にともなって発現変化する遺伝子の RNAseq による網羅的解明、(3) *in situ* hybridization によるシステインリッチタンパク質の発現部位の特定、(4) システインリッチタンパク質の RNAi を行った。(1) については *Burkholderia* 共生細菌の GFP 発現変異株を作成し、2齢若虫に経口摂取してその感染過程を詳細に観察した。その結果、共生細菌が共生器官（の原基）に感染した直後から共生器官の形態変化が起き、2齢期間中（約3日間）のうちに共生器官の成熟が完了することが明らかとなった。(2) においては RNAseq で得られた約46,000 遺伝子について解析を行い、共生器官の形態変化過程で発現亢進する遺伝子を探索した。その結果、多数のシステインリッチタンパク質やホメオボックスタイプの転写調節因子を同定することに成功した。(3) においては、特に発現量が高かったシステインリッチタンパク質を対象に *in situ* hybridization を行い、その発現が共生器官のみに限られることを明らかにした。(4) においては発現量の高いシステインリッチタンパク質について RNAi を行ったが、共生細菌の定着や維持に関して有意な影響を見出すことはできなかった。その理由としては、システインリッチタンパク質が100種類以上検出されていることから、1種類をノックダウンしただけでは効果が相殺されてしまう可能性が考えられる。複数の遺伝子について同時に RNAi を行うなど、今後さらなる検討が必要といえる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 応用動物、昆虫、微生物、共生微生物、RNAi

【研究題目】 翻訳システム改変による人工細胞創成

【研究代表者】 宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

大腸菌リボソームを様々に改変することで、翻訳特性の改変された大腸菌宿主ライブラリーを創成する。本方法を様々な用途に応じた宿主の創成に活用する。

研究計画：

大腸菌リボソームの中核因子の一つを変異させることで様々な翻訳特性を有する大腸菌を創成する。とくにリボソーム RNA (rRNA) に着目し、多様な rRNA を環境 DNA からクローニングし、大腸菌に組み込む方法をとる。

研究進捗状況：

ユニバーサルプライマーを用いて環境 DNA より16S rRNA を PCR 増幅し、大腸菌の *rrn* オペロン完全欠失株に組み込んだ。ハイブリッドリボソームを含む変異大

腸菌は、生育速度や溶媒耐性などにおいて多様な性質を示した。とくに野生株よりも溶媒耐性に優れた株や温度耐性に優れた株について、細胞表層構造の変化や代謝変化について生化学的な手法により野生株と変異株の差異を見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リボソーム、大腸菌、宿主

【研究題目】 生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充

【研究代表者】 北川 航（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 北川 航、安武 義晃
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

1. 宿主の選択と育種：これまでに遺伝子（プラスミド）保持安定性の高い D32株を選抜した。しかし本株は他の宿主候補であった R09株と比較し、培養時に細胞凝集性が高く、生育速度がやや遅いと言う欠点もあった。この性質が改善された変異株を得るため、プロトプラストリジェネレーションを繰り返し、コロニーがスムーズ型に変異したクローンの取得に成功した。本変異株は液体培養時に細胞凝集性が無く、生育速度も親株と比較し非常に高くなっていったことから、D32Aと命名し新たな宿主としてさらなる改変へ用いる事とした。
2. 発現ベクターの開発：ロドコッカス用の発現ベクターはこれまでに2種のレプリコン、2種の選択薬剤と耐性遺伝子、4種の発現プロモーターの組み合わせによる各バリエーションを開発していた。これらに加え、新規のプロモーターとして2種の構成的発現プロモーターとベンゾエート誘導型プロモーターを開発した。構成型プロモーターは既存の強い発現強度の物と比較し、約1/2、1/4と弱めた物を準備した。ベンゾエート誘導型は既存のチオストレプトン誘導型とは異なり、誘導剤が細胞に与える負担が低く、耐性遺伝子を持たせる必要が無い利点がある。また誘導剤にかかるコストも数十分の1に抑える事が出来る。
3. 生合成遺伝子クラスターの発現：aurachin RE は *R. erythropolis* JCM 6824が生産するキノロン環抗生物質で、その生合成遺伝子・経路について我々のグループで解析を進めている。本テーマではこの aurachin RE の生合成遺伝子をモデルとし、ロドコッカス属による抗生物質の異宿主生産を試みた。いくつかのロドコッカス宿主に導入し、aurachin RE の生合成を試みたところ、上述の D32で最も良い生産性を得る事が出来た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ロドコッカス、微生物生産、生合成マシナリー

〔研究題目〕 昆虫—大腸菌人工共生系による共生進化および分子機構の解明

〔研究代表者〕 深津 武馬（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 深津 武馬、古賀 隆一、細川 貴弘、
谷藤 直子、上野 翔子
（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

生物界において微生物との共生関係は普遍的であり、しばしば重要な生物機能を担っている。高度な共生関係が具体的にどのように始まり、成立したのかは進化生物学における重要な問題である。最近私たちは、チャバネアオカメムシという昆虫において、生存に必須な腸内共生細菌が自然集団で顕著な多型を示すことを発見した。さらに、もとの共生細菌と大腸菌の置換により、正常な感染局在を示し、垂直伝達され、継代維持が可能であり、さまざまな操作実験や分子遺伝学の適用が可能な人工共生系の創出に成功した。本研究課題では、この画期的なモデル共生系について、実験進化的アプローチ、ゲノム科学的アプローチおよび分子遺伝学的アプローチを駆使し、共生進化の過程および機構の本質に関する理解を従来なし得なかったレベルにまで深めることをめざしている。本研究ではカメムシと本来の共生細菌でない大腸菌とを強制的に長期間共生させたり、本来の共生細菌のゲノムの一部を組み込んだ組換え大腸菌を感染させるなど、外環境からの望まない細菌の混入を防ぎカメムシの体内の細菌の種類を厳密に制御すること、さらに多様な条件かつ大量のカメムシを健全かつ効率よく飼育管理する必要がある。そのため本年度は、使用するカメムシの系統の選定、飼育環境や条件の検討と標準作業手順の策定、使用する大腸菌株の作成、カメムシの性質を測定・評価する方法の検討、雑菌混入の効率の良い検出方法の開発、進化実験に適した大腸菌の単離法と再感染法の検討といった研究基盤の確立を行った。また、本来の共生細菌のゲノムを決定するとともに、この細菌のゲノム断片を組み込んだ大腸菌を数百株作成した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

〔研究題目〕 高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究

〔研究代表者〕 亀山 昭彦（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 亀山 昭彦、松野 裕樹、高木 裕美子、
飯竹 信子（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

膵液・胆汁中のムチンを調べることにより、膵胆管腫瘍の早期診断、悪性度判断の糸口が見出されると期待されているが、ムチンは分析が困難なためバイオマーカーとしてのムチン研究は手つかずの状態にある。分子マトリクス電気泳動法（SMME）は、ポリビニリデンジフ

ルオリド膜を用いる新しい膜電気泳動法であり、ムチンを分析するために研究代表者が最近開発したものである。本研究では新手法である SMME をバイオマーカー探索に活用できるように、分離能と感度に重点をおいた高度化研究を進めている。平成25年度は、分離能の高度化を目的として等電点 SMME およびレクチン親和 SMME の検討を実施した。

セルロースアセテート膜による等電点電気泳動の例を参考に、両性担体濃度を30%とし、試料添加前に予備通電を行った。予備通電を500V、2時間とすることにより膜全体に直線的な pH 勾配が形成されることを明らかにした。また、等電点電気泳動でムチンを分離した膜を、通常の SMME 膜に重ねて泳動したところ、ムチン試料は一元目の膜から2次元目の膜に移動することが確認された。一方、糖鎖の違いに着目した分離能の改良としてレクチン親和 SMME 法を検討した。SMME の基材である PVDF 膜は通常、ウェスタンブロットに利用される膜であり、タンパク質を疎水結合で吸着する性質がある。GalNAc 認識レクチンである WFA をあらかじめ PVDF 膜に吸着させ、その後、親水性ポリマーをコーティングしてレクチン親和 SMME 膜を作成し、唾液ムチンを泳動した。その結果、レクチンを吸着させた膜では移動度が著しく低下したスポットが現れた。分析の結果、当該スポットはシアル酸含有量が低く、そのため WFA に強く結合したと推定された。以上のことから、レクチン親和 SMME によってムチンの分離を向上させることができる可能性が明らかとなり、また、今後、さまざまなレクチンを用いて同様の親和電気泳動を行うことにより、糖鎖に着目したムチン分離の可能性が広がると期待される。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 電気泳動、糖鎖、質量分析

〔研究題目〕 超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と応用技術に関する研究

〔研究代表者〕 津田 栄（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 津田 栄、西宮 佳志、坂下 真実、
近藤 英昌、（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

北海道沿岸などの寒冷海域に生息する魚類が発現する不凍タンパク質の中には非常に強い細胞保護機能を有する種類があり、それらは細胞保護ペプチド（Cell-Preservation Peptide, CPP）と呼ばれている。CPP は3つのタイプ（CPP1～3）に分類される。CPP1を従来の細胞保存液に加えると、低温保存下にある細胞の寿命が長くなることが明らかになっている。本研究では CPP1 の性能評価および細胞との相互作用解析によってその細胞保護機能の作用機序の解明を行う。これらの結果を基に、従来には無い特殊な保護剤と既存の保護剤、保存液を組み合わせた新たな細胞保存液及び保存技術の

開発を目指す。この技術は血小板や細胞シートなど凍結法を適用しにくい生体物質を保存する技術の基盤となる。

CPP1の天然物をカレイ類の魚体から抽出する方法を開発した。さらに、CPP1の遺伝子組換え体が大腸菌発現系により作製する方法を開発した。市販の細胞保存液に対してCPP1天然物を10mg/mlになるように溶かした液を作製し、同液にマウス膵島細胞を浸漬して4℃下で生存率の経時変化を調べたところ120時間（5日間）保存後で約60%という高い数値が得られた。120時間保存後の同細胞のインスリン分泌量も保存前の60%であり、殆どの生細胞がインスリン分泌能力を保持することが判明した。また、CPP1の蛍光ラベル体を作製することでCPP1がマウス膵島細胞の膜表面付近に存在することを示す共焦点レーザー顕微鏡の画像を取得した。さらにCPP1の遺伝子組換え体の多次元核磁気共鳴スペクトルの観測を行いCPPの細胞膜相互作用部位に関する情報を得た。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質、大量生産、細胞、膜保護、構造解析、NMR、X線

【研究題目】メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発

【研究代表者】宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

メタゲノムは環境中に存在するゲノムの総称であり、様々な生物種由来のゲノムを含んでいる。メタゲノムから有用遺伝子を機能スクリーニングする際には、大腸菌等を宿主としたメタゲノムライブラリーを作成し、組換え大腸菌ライブラリーをスクリーニングすることになるが、起源生物の異なる多様な遺伝子を単一の宿主で均等に発現することは現行技術では著しく困難である。そこで本研究では、メタゲノム由来の様々な遺伝子を均等発現可能な大腸菌宿主を創成することを目的に研究を行った。

蛋白質をコードする遺伝子は、アミノ酸コドンが縮退しているために、どのコドンを選択するかで様々な配列がありうる。コドン使用頻度は生物種ごとに大きく異なり、この違いが異宿主発現に大きく影響を及ぼす。そこで平成25年度は、とくに大腸菌内で低発現となるレポーター遺伝子を用いて発現向上を促す変異株の取得を目指した。

大腸菌の遺伝子発現特性を改変する手段としては、リボソームの成分を改変する手法をとった。改変型リボソームを含む大腸菌変異株に塩基配列の異なる緑色蛍光タンパク質発現ベクターを導入し、レポーター遺伝子の発現解析を行った結果、野生株に比べて発現亢進する株が存在することが明らかとなった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現、コドン使用頻度

【研究題目】細胞情報伝達に関わる蛋白質活性を可視化する発光プローブ分子の開発

【研究代表者】森田 直樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】森田 直樹（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では「ルシフェラーゼ再構成系」技術を用い、細胞機能の制御に関わるキナーゼであるAktタンパク質の活性化をイメージングする分子プローブ及び小胞体ストレスをイメージングする分子プローブ（CHOP/PERK機能プローブ）の構築を目標としている。

Akt活性化をイメージングするプローブについては、刺激が入る（Aktが活性化される）と発光するプローブ分子の構築を目指している。また、小胞体ストレスを感知したPERKタンパク質は二量体化することに着目し、ルシフェラーゼ再構成系技術を用いて、この二量体化をイメージングする発光プローブ分子の構築を目指している。

今年度は、小胞体ストレスをイメージングするプローブとして構築したPERK機能プローブタンパク質遺伝子をpEBMultiベクターに導入することを試みた。PERK機能プローブは、ルシフェラーゼ再構成系技術を用いて作成したが、細胞へのプローブ遺伝子導入の際のトランスフェクション自体が細胞にとってストレスとなるようで、バックグラウンドの値が高くなってしまふことが観察されていた。そこで、pEBMultiベクターを用いて安定発現株の構築をすることで、バックグラウンドの値が下がり、s/n比が改善されることが期待される。ホタルルシフェラーゼのN末端ポリペプチドとC末端ポリペプチドを融合したPERKタンパク質遺伝子をIRES（internal ribosome entry sites）で繋ぎ、その遺伝子のpEBMultiへの導入を試みているが、未だ同コンストラクトは完成していない。

Akt及び小胞体ストレスモニター用の発光プローブ遺伝子を導入した各種癌細胞株の安定発現株の樹立には至っていない。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】生体イメージング、発光プローブ、ルシフェラーゼ再構成系、可視化、Akt、小胞体ストレス

【研究題目】持続型アンチmiRNA創薬の開発と心疾患治療薬への展開

【研究代表者】小松 康雄（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】小松 康雄、平野 悠（常勤職員2名）

【研究内容】

miRNAは細胞内の遺伝子発現の調節において重要な役割を担っている。一方、miRNAの過剰発現によって

疾病につながることも報告されていることから、miRNA に結合することによってその効果を抑制する新しいアンチ miRNA オリゴヌクレオチド (AMO) の開発を本研究において進めている。

2013年度は、生体内において持続的な抑制効果を示す安定な AMO を作製することを目的に、RNA を核酸分解酵素に対して耐性を示す構造に変換する技術開発に取り組んだ。核酸分解酵素には RNA の末端または内部から分解するタイプが有るため、2本鎖 RNA の末端および内部において2本鎖 RNA 間を有機化学的に連結する開発を進めた。その結果、2本鎖の末端および内部のいずれにおいても2価のアミノオキシ基を有する架橋化試薬によって2本鎖間を連結する技術を開発した。また、架橋化された2本鎖 RNA は、核酸分解酵素に耐性を示すことも確認した。

AMO の miRNA に対する効果を細胞内で評価するには、ルシフェラーゼの発光系が必要になる。そこで H25年度はこの評価系に必要なベクター作製と、それを用いた細胞評価系の開発も進めた。市販の AMO を用いることで、構築した評価系が正しく作動することを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸化学、DNA、核酸医薬、miRNA、RNA

【研究題目】 C型肝炎ウイルス糖ペプチドを用いた中和抗体作製と、新規診断技術への応用

【研究代表者】 清水 弘樹 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 清水 弘樹、奥田 徹哉
(常勤職員2名)

【研究内容】

C型肝炎ウイルス (HCV) の表層糖タンパク E2のアミノ酸配列は HCV 株間で保存性が小さく多様性に富んでいるため、汎用的な E2検出抗体は確立されていない。しかし表層抗原のため抗体検出が容易であること、更には HCV 中和抗体の主要なエピトープを含むことから、目的抗体が開発できれば株間に依存しない HCV 迅速検出系の開発や有用な HCV 中和抗体の創出が期待できる。本研究では E2の中でもアミノ酸配列の保存性が高い糖鎖付加領域に着目し、当該領域の糖ペプチド抗原をデザインすることで目的を満たす特異性の高いモノクローナル抗体の開発を目指し、さらに HCV 診断法の確立を指向した基盤研究展開を計る。

今年度はまず、免疫に必要な糖ペプチドの合成に着手した。抗原の作製は、1) 単糖含有糖ペプチド合成、2) 糖鎖の伸長、3) 抗原キャリアの導入の3段階で完成するが、今年度は1) と3) についての基本知見を得た。現在、2) については糖転移酵素による糖鎖構造の確立を目指しており、糖供与体の検討と酵素の反応性について検討中である。さらに、1) 2) 3) をどの順に進めると望む

糖ペプチド抗原が得られるのか、モデル実験を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 C型肝炎、糖ペプチド、抗体、糖鎖合成

【研究題目】 インジゴ還元槽中の微生物槽の機能解明

【研究代表者】 湯本 勳 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 湯本 勳 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標、および研究計画：

インジゴ還元槽中の機能性微生物の分離と機能解析を行い、微生物叢形成原理を明らかにする。

年度進捗状況：

本研究の目的はインジゴ還元槽が雑菌汚染の可能性のある状況で運用しているながら、数ヶ月以上の長期間にわたってインジゴ還元の状態を維持出来る要因を菌叢ベースで突き止めることである。そのためにはインジゴ還元槽の安定期に、どのようなインジゴ還元菌が存在するかを知ることが重要である。発酵液に生菌として含まれるインジゴ還元菌を網羅的に分離するために、培地の固化剤、基質、培養条件を検討するとともに、インジゴ還元の指示薬を培地に入れることによって、インジゴ還元菌を分離培地のコロニーベースで判別できる選択培地を考案した。本培地を用いて藍発酵液からインジゴ還元菌の分離を試みたところ、これまで知られていた *Amphibacillus* 属や *Alkalibacterium* 属のインジゴ還元菌の分離が可能なのに加えて、新たに多種類のインジゴ還元能を持った *Bacillus* 属細菌の検出および分離が可能になった。また、過去に分離および同定の報告のある *Oceanobacillus oncorhynchi* はインジゴ還元能を持つことは知られていなかったが、当該種と近縁な菌株においてインジゴ還元能を示すことが新たに解った。今後本選択培地を用いることによって、様々な場所、原料、発酵ステージの藍の発酵液からの試料を供試し、発酵液中のインジゴ還元菌を鑑別することによって発酵液の評価に資することが可能になるものと考えられた。長期間にわたってインジゴ還元の状態を維持出来ている発酵液の解析に本培地を適用することにより、発酵液の長期安定化の要因の解明に資するものと考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子解析、微生物叢、インジゴ還元

【研究題目】 GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム

【研究代表者】 横尾 岳彦 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 横尾 岳彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

特定の GPI アンカー型タンパク質 (GPI-AP) が細胞膜にとどまるか細胞壁に移行するかについては、タンパク質の種類を見分けて振り分けるメカニズムが細胞表面にあると考えられてきたが、研究担当者らの研究結果に

よると、GPI-AP の最終目的地の振り分けメカニズムが、小胞体で働いている可能性が出てきた。この可能性を検証するとともに、GPI-AP の最終目的地がどのようなメカニズムで決定されているのかを解明する。

GPI の脂質をジアシルグリセロール型からセラミド型へ変換する過程には Cwh43p が関与しているが、GPI の脂質リモデリングにおいて、セラミドへの変換の生理的役割は不明のままである。Gas1p および Cwp2p の細胞壁/細胞膜の存在比を調べたところ、cwh43破壊株においては両者の細胞壁における存在比が増加していることを見いだした。このことは、Cwh43p による GPI 脂質のセラミド型への変換は、GPI-AP の細胞膜から細胞壁への移行を抑制することを示唆する。GPI-AP の細胞壁への移行に GPI のホスホエタノールアミンの有無が関係するかを調べるため、ホスホエタノールアミンの除去に関与すると考えられる TED1 遺伝子の破壊株において、Gas1p および Cwp2p の細胞壁/細胞膜の存在比を調べたところ、Cwp2p の細胞膜の存在比が減少していることを見いだした。この存在比の減少は、ted1 cwh43 二重破壊株において緩和された。このことは、TED1 の欠損が GPI の脂質リモデリングに影響を与えることを示唆する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 GPI アンカー、細胞膜、細胞壁、酵母、マイクロドメイン、脂質ラフト、糖鎖生物学

【研究題目】 宿主昆虫-共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発

【研究代表者】 安佛 尚志 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 安佛 尚志 (常勤職員1名)

【研究内容】

共生細菌スピロプラズマ *Spiroplasma* は、ショウジョウバエに感染して、雄だけを胚発生途中で殺す「雄殺し」という現象を引き起こす。本研究では、3系統のスピロプラズマ (*Drosophila nebulosa* 由来の雄殺しスピロプラズマ NSRO 系統、NSRO 系統の突然変異体で雄を殺さない NSRO-A 系統、キイロショウジョウバエ由来の雄殺しスピロプラズマ MSRO 系統) のファージについて、動態解析と遺伝子発現解析をおこなった。まず、ファージゲノム上に推定された遺伝子のうち9つについて、宿主成虫の加齢に伴う遺伝子コピー数の変動を調べた。雄殺しスピロプラズマ2系統のファージについては、どの遺伝子についてもコピー数の変動パターンはファージ内で共通していたが、ファージ間では異なっていた。一方、非雄殺しスピロプラズマのファージについては、遺伝子コピー数の変動パターンが2つに分かれた。次に、同じ9つのファージ遺伝子について、羽化後7日齢のスピロプラズマ感染ショウジョウバエ雌成虫体内における発現量を調べた。この中で、P58遺伝子の発現量は、雄殺

しスピロプラズマに感染したハエにおいて、非雄殺しスピロプラズマに感染したハエの約10倍高かった。P58は他種のスピロプラズマにおいて宿主昆虫との相互作用に関わっているとされる細胞接着性因子であることから、共生や雄殺しとの関連が推察される。上記に加え、スピロプラズマ感染胚においてスピロプラズマがほとんど増殖せず、雌雄間でも違いがないことも明らかにし、胚におけるスピロプラズマの増殖が雄殺しに関係ないことを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫内部共生、共生細菌、雄殺し、ファージ、ゲノム

【研究題目】 植物細胞壁の酵素分解におけるキシログルカン分解酵素の作用機構の解明と利用

【研究代表者】 矢追 克郎 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 矢追 克郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

キシログルカンは β 1,4グルカンを主鎖として、キシロース側鎖を高頻度に持つ構造を有している。そのため、キシログルカンを分解する酵素は、主鎖を分解する酵素と側鎖を分解する酵素に大別される。両者についてそれぞれ大腸菌による組換え酵素を獲得と解析を行った。

主鎖を分解する酵素であるキシログルカナナーゼについては、分解様式がエキソ型、エンド型、エンドプロセス型など多様なメカニズムが存在する。今年度は、*Paenibacillus* 由来の GH74 キシログルカナナーゼ (XEG74) について作用機序の異なる様々な変異導入酵素を作成し、詳細な機能解析を行った。そして、作用機序に重要なアミノ酸残基の特定に成功し、さらに多様な変異酵素の作成に成功した。

キシログルカンの側鎖構造は、グルコース主鎖にキシロースが α 1,6結合し、そのキシロースに更にガラクトースなどが結合している構造を基本としている。現在、キシログルカンのキシロース側鎖を効率的に切断する酵素である α キシロシダーゼの獲得を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 キシログルカン、ヘミセルロース、ヘミセルラーゼ、植物細胞壁、バイオマス

【研究題目】 電気化学顕微鏡を用いた心筋細胞解析技術の開発

【研究代表者】 平野 悠 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 平野 悠 (常勤職員1名)

【研究内容】

薬剤の心臓への副作用は重篤な場合死に至る。そのため、創薬において心臓へ与える影響の評価は必須となっており、心筋細胞を対象として拍動パターンを解析するアッセイ系が利用されている。しかしながら、測定対象

となる生体から取り出した細胞は目的以外の細胞含んでいることから定量性に課題があり、また、測定可能な細胞動態も限定されていた。本研究では、細胞を対象に、非接触かつ多機能な観察が可能である走査型電気化学顕微鏡 (SECM) を利用して、心筋細胞の動き、代謝活性を一細胞レベルで解析可能なシステムの開発を目指している。今年度は、心筋細胞の動きと酸素消費を同一細胞で測定する細胞評価系を開発した。具体的には、細胞と同程度のサイズ (10 μ m) の Pt ディスク電極を作製し、細胞接着面と垂直方向に電極を走査しながら電流を記録するアプローチカーブ測定を利用して、細胞直上1-10 μ m の位置に電極先端を配置するシステムを開発した。この電極で観察される微小電流を高速サンプリングすることで、細胞の収縮、弛緩に伴う拍動パターンを電流応答として測定した。また、電極を走査しながら細胞近傍の酸素濃度を測定することで、拍動する心筋細胞の酸素消費を評価した。これらの一連の測定を連続して行うことで、同一細胞を対象として拍動に伴う細胞の動きと酸素消費の評価が可能となった。開発したシステムを用いて、実際に使われている薬剤を添加した時の細胞動態を測定し、強心剤の薬理作用評価への応用が可能であることを示した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気化学、走査型電気化学顕微鏡、心筋細胞、一細胞分析

【研究題目】 次世代シーケンシング技術を利用したアブラムシ社会の分子基盤および進化に関する研究

【研究代表者】 沓掛 磨也子 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 沓掛 磨也子 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題では、階級分化、社会行動、齢差分業といった興味深い現象を示すさまざまな社会性アブラムシを対象に、次世代シーケンサーを用いた RNAseq 解析をおこない、アブラムシ類における社会機構の至近メカニズムを網羅的かつ包括的に探るとともに、進化起源や表現型が異なる兵隊間でのトランスクリプトームの比較から、兵隊がいくつもの系統で独立に複数回進化してきたアブラムシ類における社会性の進化を遺伝子レベルで説明することを目的とする。

今年度は、ハクウンボクハナフシアブラムシ、ササコナフキツノアブラムシ、ウラジロエゴノキアブラムシ、ジャムリツエゴアブラムシ、ヨシノミヤアブラムシのゴール世代と、ササコナフキツノアブラムシの二次寄主世代を野外から採集し、さまざまな齢期および階級別に cNDA ライブラリーを作成し、Illumina HiSeq2000によるシーケンスをおこなった。得られた配列を用いて、de novo アセンブリ、相同性検索、マッピング、遺伝子発現解析、クラスター解析などをおこなった。また、一

部の種を除き、反復実験をおこない、サンプル間で遺伝子発現量に有意な差があるかどうかを検定した。ここでは、兵隊と普通幼虫の間で遺伝子発現を比較し、兵隊において発現が有意に亢進している遺伝子を抽出した。その結果、どの種の兵隊にも共通して発現が上昇している遺伝子や、特定の兵隊においてのみ発現が上昇している遺伝子など、多数の興味深い遺伝子が得られた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 社会性昆虫、兵隊アブラムシ、RNAseq

【研究題目】 高効率・高感度な薬物代謝マルチアッセイシステムの開発

【研究代表者】 三重 安弘 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 三重 安弘 (常勤職員1名)

【研究内容】

目的:

シトクロム P450 (CYP) 等の薬物代謝酵素を含有するミクロソームを用いて、薬物の代謝率を計測することは、医薬品開発や薬物投与設計において極めて重要である。しかしながら、現在のアッセイ法は低感度かつ高コストで時間を要するといった問題を有している。本研究では、高感度かつ低コストで迅速な計測が可能な電気化学法を利用する新しいアッセイ法の開発を目指す。申請者は、最近 CYP 発現ミクロソームの薬物代謝反応が電極上で安定に進行する現象を見出した。本研究では、この現象の詳細な解明と同手法を活用した薬物代謝マルチアッセイシステムを開発する。これにより薬物研究の推進に大きく寄与できると考えられる。

研究計画:

これまでに見出している電極上での薬物代謝反応の安定化現象の詳細な解明を行い、得られる知見を基により好ましい系の探索を行い、電気化学薬物代謝アッセイに最適な電極系を見出す。更にその電極系を流路システムに展開することで、高効率・高感度な薬物代謝アッセイ法を開発する。

年度進捗状況:

本年度 (初年度) は、様々な分子を電極界面のコーティング (修飾) 剤として用い、それぞれを修飾した電極の界面特性や酵素固定化特性等と電気化学特性とを比較しながら、CYP 活性の安定化現象の解明を試みた。種々の修飾電極界面を検討したところ、いずれの界面にも十分量のミクロソーム試料が固定されることがわかった。また、電気化学薬物代謝反応が確認された複数のミクロソーム固定化電極の電気化学応答から、親水性の比較的高い界面において、より安定に電気化学酵素反応が進行することが示唆された。種々の調査の結果、親水性の低い電極界面上では、電圧印加により活性酸素が安定に生じることが示された。以上の結果から、活性酸素の制御が本電気化学酵素反応の安定化に重要であることが明らかとなった。

〔分野名〕 ライフサイエンス
 〔キーワード〕 ミクロソーム、薬物代謝、高感度アッセイ、電気化学酵素反応

〔研究題目〕 斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究

〔研究代表者〕 清水 弘樹 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 清水 弘樹 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

beta1-4Gal の環状糖鎖化合物 (Gal-CD) は理論的には存在可能で、分子モデリングに依れば分子表面の疎水性が強くなり、通常シクロデキストリンと反対の性質を示すユニークなものになると予想されている。しかし実際には合成が非常に困難で、未だその合成は達成されていない。この合成にマイクロ波利用技術を駆使して挑戦し、合成後基本的な化合物の性質を検証、さらに反応系への2次利用展開研究を計画した。

昨年度までに、糖ユニットの反応点を近づけつつ分子内反応となることで反応性の飛躍的な向上が期待できる「コア化合物補助環化反応」の活用を検討、モデリングによるコア化合物とガラクトース誘導体をリンクさせるリンカー長の検討などを進め、実際に beta1-4Gal の環状糖鎖化合物 (Gal-CD) 合成に挑戦したが、残念ながら現在のところ実際の化合物を得るに至らなかった。今年度は、コア化合物の選定、リンカー結合官能基の検討、当初予定した6糖環状糖鎖化合物でなく7糖環状糖鎖化合物を合成ターゲットとすることなどにより、目的とするガラクトシクロデキストリンの合成を目指した。現在のところ、単糖ユニット導入反応が低収率で、かつ副産物が類似化合物であることから分離精製が困難を見ており、残念ながら目的化合物はまだ得られていない。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、シクロデキストリン、有機合成、マイクロ波

〔研究題目〕 rRNA の置換変異によるリボソーム可塑性の研究

〔研究代表者〕 宮崎 健太郎 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 宮崎 健太郎 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標:

大腸菌リボソームの構成成分である16S rRNA を異種生物由来の遺伝子を置換することで、リボソームの機能可塑性を探索する。

研究計画:

様々な環境 DNA (メタゲノム) を鋳型に16S rRNA や23S rRNA を PCR 増幅し、発現ベクターに組み込む。さらに変異16S rRNA (あるいは23S rRNA) を含む大腸菌株を創成し、生育相補性により16S rRNA (23S

rRNA) の機能を調べる。

研究進捗状況:

まず、様々な環境試料 (土壌、活性汚泥、河川堆積物等) より環境 DNA を調製した。次いでユニバーサルプライマーを用いてより16S rRNA (あるいは23S rRNA) を PCR 増幅し、大腸菌の rrn オペロン発現ベクターに組み込んだ。本発現ベクターを大腸菌の rrn オペロン完全欠損株に導入し、薬剤選択、ショ糖を用いたカウンターセクションにより、生育を相補する変異株をスクリーニングした。その結果、 γ -プロテオバクテリア、 β -プロテオバクテリア、さらには別門に帰属される16S rRNA で生育を相補する遺伝子を多数取得した。23S rRNA についても γ -プロテオバクテリア、 β -プロテオバクテリアに帰属される rRNA を多数取得した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現

〔研究題目〕 海洋性油糧微生物由来のドコサペンタエン酸合成系を導入した出芽酵母の創製

〔研究代表者〕 森田 直樹 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 森田 直樹、佐原 健彦
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究は、ドコサペンタエン酸 (DPA) 生産海洋性ラビリンチュラ微生物の DPA 合成機構の解明を目標とし、1) DPA 合成に関与する遺伝子 (群) の単離と発現、及び2) 出芽酵母における DPA 合成酵素遺伝子群のポリシストロニックな発現を実現することを目指している。

当初は、既知のポリケチド合成酵素 (PKS) 様高度不飽和脂肪酸 (PUFA) 合成酵素遺伝子の情報を基に縮合プライマーをデザインし、RT-PCR 法及び RACE 法により目的の遺伝子の増幅を試みる予定であった。しかし、DPA 合成に関与する遺伝子 (群) の単離について、まず DPA 生産海洋性ラビリンチュラ微生物 L59株よりゲノム DNA を抽出し、次世代シーケンサーを用いてドラフトゲノム DNA が配列を決定し、その配列を解析することによって、DPA 合成酵素遺伝子群を構成すると予想される各構成酵素をコードする遺伝子領域を確認することとした。

L59株は細菌 (特にサイクロバクター属 LB004株) との混合培養によって増殖が活性化されるが、その状態で抽出されたゲノム DNA は、L59株と LB004株の混合物である。そこで、昨年度サイクロバクター属 LB004株の増殖特性を調べ、L59株への影響がなるべく低くなる培養条件を引き続き検討した。しかし、検討した条件でも L59株の生長は遅く、L59株菌体を充分に得ることは難しく、L59株の純粋培養できる可能性は現時点では低いことが解った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ドコサペンタエン酸、ラビリンチュラ微生物、ポリシストロニック発現、出芽酵母、高度不飽和脂肪酸

〔研究題目〕 DNA による効率的な酵素反応場の構築と一細胞測定用電極への展開

〔研究代表者〕 小松 康雄（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 小松 康雄（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

物質を電気化学的に計測する方法の一つに、目的物質を基質とする酵素を電極上に固定化し、その触媒反応に共役して生じる電流値を電極上で検出する方法がある。しかしながら、細胞の代謝産物を解析するには電極は微小でなければならず、そうした微小電極表面に酵素を配置することは極めて困難である。さらに、高感度で物質量を定量するには、複数種の酵素を連動させて電流値を増幅する必要があり、その場合は連動する酵素間の空間的な配置が感度に大きく影響することが想定される。本研究では、グルコースの細胞による消費量を電気化学的に測定することを目的に、グルコースを分解するグルコースオキシダーゼ（GOx）とそれと共役する西洋わさび由来ペルオキシダーゼ（HRP）を鎖長と構造の異なる種々の DNA 上に固定化し、グルコース分解に伴う電流値と、酵素の固定化に用いた DNA の構造活性相関を調べた。その結果、通常の2本鎖 DNA を酵素反応の足場に用いた場合には、2本鎖から1本鎖への解離によって足場が崩壊して電流値が低下したが、2本鎖間を架橋化して安定化させた DNA では高い電流値が得られることを明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 核酸化学、DNA、酵素、電気化学、グルコースセンサー

〔研究題目〕 高機能型新規バイオミネラル結合タンパク質の開発に関する研究

〔研究代表者〕 近藤 英昌（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 英昌（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、生体中に存在する結晶性物質であるバイオミネラルに特異的に結合するタンパク質を高機能化し、利用技術を開発することを目的とする。そのために、バイオミネラルとタンパク質間の相互作用を解析し結合メカニズムを明らかにするとともに、相互作用部位の改変によって結合能が向上したバイオミネラル結合タンパク質の創出を目指す。

本年度は研究対象として、膵臓結石の主成分である炭酸カルシウム結晶に結合するリソスタシンを用いた。リソスタシンは炭酸カルシウム結晶の成長を阻害し形状を変化させることが知られているが、そのメカニズムの詳

細は明らかではない。本研究では、リソスタシンの炭酸カルシウム結晶に対する結合の強さを簡便に評価する方法を開発した。また、リソスタシン存在下で成長させた炭酸カルシウム結晶の形状を電子顕微鏡等によって観察することで、リソスタシンが特定の結晶面に結合していることがわかった。これらの方法を変異体リソスタシンに対しても適用し野生型と比較することによって、リソスタシンの炭酸カルシウム結晶に結合する部位を同定した。この知見に基づいて、リソスタシンと炭酸カルシウム結晶の結合状態のモデルを構築した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 バイオミネラルライゼーション、機能性タンパク質

〔研究題目〕 放線菌における系統分類と生産物質のデータベース化と新規生産株の簡易検出法の開発

〔研究代表者〕 北川 航（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 北川 航（常勤職員1名）

〔研究内容〕

今年度は自身の保有する菌株の生産する抗生物質および系統分類に使用できる遺伝子の調査を主として行い、その他の菌株について、あるいは種内多様性の他の同様の現象・状況については論文調査を主として行った。その結果、ロドコッカスではこれまでに1株で複数の抗菌活性物質を生産する例は無いことがわかった。これは系統分類と相関させるためには好都合である。しかし既に多くの報告がされているとおり、ストレプトマイセス属では1株で多数の抗菌活性物質を生産している事が示されている。このことが系統分類においてさらに解像度の高い結果をもたらすのか、または混乱を来すのかについては今のところ分かっていない。これまでに放線菌で報告のある抗生物質生産菌とその物質の調査にはかなり時間がかかるが、一つ一つ詳細を調べ、データベース化して行く予定。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ロドコッカス、抗生物質、系統分類

〔研究題目〕 植物発現組換えタンパク質の安定的蓄積に関する研究

〔研究代表者〕 松尾 幸毅（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 松尾 幸毅（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、植物を利用した組換えタンパク質の生産において、植物細胞内での組換えタンパク質の分解を防ぐことによって、その生産量を向上させるための技術開発を行うことを目的とする。具体的には、各種生物由来のプロテアーゼインヒビターを、遺伝子組換え技術により植物体内で一過性もしくは恒常的に発現させることで、植物細胞内におけるタンパク質分解酵素の機能を不全も

しくは弱め、植物体内での組換えタンパク質の分解を抑制する技術の確立を目的とする。このことにより、植物体内における組換えタンパク質の安定性が向上し、その蓄積量を大幅に増加させることが可能であると考えられる。また、植物細胞内における不安定さから生産困難であると考えられる組換えタンパク質の生産が可能になることも期待される。

2013年度は様々な生物種よりプロテアーゼインヒビター遺伝子を単離し、植物遺伝子組換え用バイナリーベクターへ導入した。構築したベクターを用いて、植物遺伝子組換えに用いるアグロバクテリウムを作成した。作成したアグロバクテリウムにより、タバコの一種である *Nicotiana benthamiana* の形質転換を実施した。得られた再分化個体について、RT-PCR 解析によりプロテアーゼインヒビター遺伝子由来 mRNA 発現解析、ウエスタンブロットによりプロテアーゼインヒビターの発現状況を解析した。これらの解析で良好な結果が得られた再分化個体について、更に導入された遺伝子のコピー数解析を行い、シングルコピーである植物体の選抜を実施中である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】物質生産、遺伝子組換え植物

【研究題目】人工キメラリプレッサーによる汎用的な新規植物ジーンサイレンシング技術の開発

【研究代表者】光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】光田 展隆、加藤 義雄、大島 良美 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究は、昨今急速に普及しつつある人工転写因子 (TALE) 技術を利用し、遺伝子の (プロモーター領域ではなく) コード領域等を標的とした人工転写因子をデザインし、それに転写抑制ドメイン SRDX を付加した TALE-SRDX キメラリプレッサーによって標的遺伝子の発現を抑制するシステムを構築しようとするものである。植物の転写抑制メカニズムがヒストンの脱アセチル化によるものであれば、TALE-SRDX が標的遺伝子の (プロモーター領域ではなく) コード領域に結合したとしても転写抑制を引き起こす可能性があり、そうであるならば、コード領域はより保存されているので、複数の相同遺伝子を同時に抑制しやすいと考えられ、より汎用的な遺伝子サイレンシングシステムを構築できると考えられる。本年度は標的遺伝子のどの部位にキメラリプレッサーが結合すればもっとも効果的に転写抑制を引き起こせるかを検証するため、ルシフェラーゼ遺伝子をレポーター遺伝子として用い、コード領域の途中に読み枠がずれないように配慮しつつ酵母転写因子である GAL4 の結合領域を挿入したレポーターコンストラクトを作成し、GAL4-SRDX と同時にシロイヌナズナプロトプラスト

に導入してレポーターアッセイを行った。しかし、GAL4結合領域をルシフェラーゼ遺伝子の途中に挿入すると、実験系自体の成立が困難な程にルシフェラーゼの活性が大幅に低下することがわかった。そこで、さらに最新のトレンドを鑑み、TALE ではなく CRISPER-Cas9 システムを利用し、Cas9-SRDX を発現させつつ、標的ルシフェラーゼレポーター遺伝子のコード領域をターゲットとするガイド RNA を発現させて同様の実験を行うことも企画し、現在コンストラクトの開発を行っている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】植物、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、ゲノム編集

【研究題目】多様な温室効果ガスの大気圏からの消費に植物圏微生物が果たす新規生態系機能の発見

【研究代表者】菅野 学 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】菅野 学、玉木 秀幸、鎌形 洋一 (常勤職員3名)

【研究内容】

植物体内や植物表面には膨大な量の微生物が存在するにも関わらず、これら微生物が供する生態系機能の知見は限られている。本研究は、水素や一酸化炭素、メタンといった大気中に極めて希薄に存在する直接的・間接的な温室効果ガスの大気圏からの取り込みに植物圏微生物が果たす役割を明らかとすることを目的とする。

モデルケースとして水素の消費にまず着目した。植物体内は通気組織が発達しており、水素酸化細菌の生育場所と推察できる。そこで、シロイヌナズナおよびイネの体内から高親和性水素酸化酵素をコードする *hhyL* 遺伝子を有する微生物を探索し、7株の *Streptomyces* 属細菌の獲得に成功した。水素を高感度に検出する微量還元ガス検出器 RGD を用いて測定を行った結果、7株のうち4株が人工培地上で高親和性の水素酸化活性を示した。無菌土耕栽培したシロイヌナズナおよびイネに分離株を接種したところ、約1か月後に植物体内の局在が観察された。さらに、接種した分離株は、植物体内においても、細胞あたりで土壌中と同等の水素消費能を示した。野生植物6種を対象に分子生態解析を行った結果、供試した全ての植物種から多様な *hhyL* 遺伝子が得られた。これは高親和性の水素酸化細菌が環境中の植物体内に広く存在することを示唆する。このように、本研究を通じて、これまでに未解明の生態系機能が着実に明らかとされており、これら知見は、温室効果ガスの地球化学的循環の実体解明に向けた有力な手がかりを提供するとともに、植生地の環境アセスメントや地球温暖化に関する政治的判断を行う際の基盤情報として重要である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】微生物、植物共生細菌、放線菌、水素、

生物地球化学、物質循環、地球温暖化

【研究題目】合掌造り家屋床下の硝石生産遺構に生息する新規微生物が有する未知硝化経路の解明

【研究代表者】成廣 隆（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】成廣 隆（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、世界遺産に登録されている白川郷合掌造り家屋の床下でかつて営まれていた硝石生産の現場となった土壌遺構に生息する微生物群に着目し、硝石生産に欠かせない硝化反応を担う微生物群の多様性を分子生態学的解析により解明することを目標とする。昨年度までに実施した16S rRNA 遺伝子を標的とした分子生態解析の結果から、微生物群全体に占める硝化微生物の存在量は極めて低いことが明らかとなった。そこで今年度は、アンモニア酸化反応を触媒する酵素遺伝子（ammonia monooxygenase subunit A, *amoA*）を標的としてさらに詳細な分子生態解析を実施した。その結果、各試料から約4600-14000個のバクテリア由来 *amoA* 遺伝子リード、約7700-28000個のアーキア由来 *amoA* 遺伝子リードを獲得した。これらの塩基配列を公共遺伝子データベースに登録されている既知の *amoA* 遺伝子と照合したところ、16S rRNA 遺伝子解析でもその存在が見出されていた *Nitrosospira* 属や *Nitrosomonas* 属、16S rRNA 遺伝子解析では検出されなかった *Nitrososphaera* 属に近縁のアンモニア酸化微生物が検出された。微生物群集構造プロファイルと土壌試料の各種物理化学的パラメータとの関連性を主座標分析等により統計的に解析したところ、土壌 pH や有機炭素濃度がアンモニア酸化微生物の多様性に影響を及ぼしていることが示された。なお本研究では、米国イリノイ州立大学の研究グループにて習得した分子生態解析技術を適用した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 硝化、16S rRNA 遺伝子、アンモニア酸化酵素遺伝子、高速シーケンサー、未知微生物

【研究題目】 トンボの体色変化・体色多型の分子基盤の解明

【研究代表者】 二橋 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 二橋 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

トンボは主に視覚でお互いを認識するため、翅色や体色に著しい多様性が見られる。トンボの成虫における色彩変化や色彩多型については、生態学的、行動学的な視点から多くの研究が行われてきたが、具体的な色素や体色に関わる分子機構については、全く不明であった。平成25年度は、RNAseq 解析により、3種類のアカトンボ（アキアカネ、ナツアカネ、ショウジョウトンボ）の未

成熟および成熟オス、メスの腹部皮膚で発現する遺伝子を網羅的に比較した。その結果、ショウジョウトンボにおいて、色素の還元酵素および結合蛋白質の候補遺伝子を得ることに成功した。興味深いことに、アキアカネ・ナツアカネでは、ショウジョウトンボとは別の遺伝子が還元反応に関わっている可能性が示唆された。また、麦わら色から水色へと体色変化するシオカラトンボに関しても、体色変化する際の遺伝子発現を RNAseq 解析した結果、体色変化に関わる候補遺伝子を複数得ることに成功した。以上のように、従来ほとんど解明されていなかったトンボの体色変化の分子基盤の解明の糸口をつかむことができた。これらの発見は、抗酸化物質や紫外線反射に関わる新たな生物素材としての応用面への展開も期待できる結果と考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫、トンボ、進化、遺伝子探索、体色変化

【研究題目】 特異な環構造と強力な殺虫活性を有するインドールジテルペン類の全合成と構造活性相関

【研究代表者】 榎本 賢（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 榎本 賢（常勤職員1名）

【研究内容】

インドールジテルペン類はインドール核とジテルペンが融合した特異な構造を有する化合物群である。殺虫活性、抗 MRSA 活性の他、ほ乳類に対する痙攣作用を持つものが多く、薬理的にも注目されている。本研究ではインドールジテルペン類の効率的な合成経路の開発と、構造活性相関研究に基づく中間体、誘導体を利用した新規薬剤リード化合物の創成を目的とする。これまでにインドールジテルペン類の一種である痙攣作用物質パスパリニンの全合成を既知の方法と6工程短縮し、収率も向上した合成経路の開発に成功した。この際に開発したインドールジテルペン骨格新規合成法を利用して、黄体ホルモン作用活性物質レカニンドール D の世界初の全合成に成功した。これまでインドールジテルペン類の全合成例は米国ペンシルベニア大学のスミスのグループにより報告されているのみであったが、本研究によりインドールジテルペン類の従来より簡便な合成が可能になった。現在、パスパリニンの左右両部分構造を持つ化合物、および活性発現に関与すると推測されるヒドロキシ基を欠いた化合物、また、昆虫成長阻害インドールジテルペン、チエルシニン B の部分構造を利用して研究協力者のもとで活性試験中である。これによりインドールジテルペン類の活性発現機構解明に貢献できると考えている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 天然物、構造活性相関研究、インドールジテルペン、痙攣作用、昆虫成長阻害

〔研究題目〕糖尿病の改善効果を評価するための新規指標物質の開発

〔研究代表者〕奥田 徹哉（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕奥田 徹哉、福井 麻美、森田 直樹
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

糖尿病発症に関わる N-アセチルグルコサミン付加（O-GlcNA 化）と高血糖が惹起する耐糖能低下や代謝異常などの慢性的な組織病変とが、どのように相関するのかを明らかにするため、食餌により血糖値を持続的に高低にコントロールしたモデルマウスを用いて、体内における O-GlcNAc 化タンパク質の発現動態の解析を進めた。確立したモデルマウスの肝臓では、血糖値の変化に応じて発現量が変動する O-GlcNAc 化タンパク質が幾つか見つかると、そのうち一つがインスリンシグナル伝達に関わる Akt キナーゼタンパク質であることを見いだした。O-GlcNAc 化 Akt は慢性的な高血糖下の肝臓で検出されるが、食餌により高血糖を持続的に改善したマウス肝臓ではほとんど検出されなかった。Akt の O-GlcNAc 化は、Akt 内部の Thr308部位のリン酸化修飾の阻害因子であることが細胞レベルでの研究にて示唆されており、このリン酸化は Akt の活性化のために必要である。そこで、Akt のリン酸化修飾状態について詳細に解析したところ、O-GlcNAc 化された Akt では Thr308部位のリン酸化が特異的に阻害されていた。これらの結果は、O-GlcNAc 化 Akt と肝臓のインスリン抵抗性を示す分子病態とが相関して出現することを示しており、肝臓に検出される O-GlcNAc 化 Akt は目標とする糖尿病関連病態を評価するための指標候補といえる。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕糖タンパク質、高血糖、糖尿病、バイオマーカー、栄養指標、糖質制限食、O-GlcNAc

〔研究題目〕真菌類における二次代謝産物を多く産生するプレート培養条件の設計

〔研究代表者〕梅村 舞子（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕梅村 舞子（常勤職員1名）

〔研究目的〕

大規模遺伝子発現情報解析から、真菌類二次代謝物質の産生に適した培地デザイン系を構築する。

〔研究内容〕

前年度は、真菌類である糸状菌 *Aspergillus oryzae* の190種類の培養条件下で取得された遺伝子発現情報を元に、74の代謝経路に分類された1285個の遺伝子について、経路毎にまとめて発現パターンの相関を計算しクラスター分析を行った。本年度は、培地条件のデザインに特化させるために、温度を変えた条件等も含まれていた190種類から、C 源、N 源、およびその他栄養条件を変化させた103に絞って同じ解析を行った。二次代謝経路

の種類に応じた遺伝子発現パターンが存在する結果は変わらず、大きく A.炭化水素系と B.アミノ酸系、および C.一次代謝に近い系に分かれた。それぞれについて、連動して動く一次代謝経路のグループも見られ、遺伝子発現情報から、産生される二次代謝物質の種類を推定できる結果となった。さらに各二次代謝グループを誘導する栄養条件をクラスター分析から抽出してデザインした。すなわち、A.は C 源（グルコース）が豊富な培地、B.は生存しにくいと考えられる、C 源が少なくかつグリセロール等が含まれる培地、C.は固体培地に近い野菜ジュース培地である。それぞれの培地条件下で *A. oryzae* と系統的に非常に近い *Aspergillus flavus* について遺伝子発現情報を取得したところ、元の74の代謝経路分類に含まれていないが上記二次代謝経路グループに分類される遺伝子が誘導され、かつ対応する二次代謝物質が特異的に産生されることが確認できた。以上より、大規模遺伝子発現情報を用いて、二次代謝物質に応じた産生適正培地のデザイン系を構築できることが示唆された。本結果を公共データベース等のより大規模なデータベースに適應することで、より最適な培地デザイン系の構築につながると考えている。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕二次代謝経路、大規模遺伝子情報、真菌類、代謝パターン、培養条件

〔研究題目〕モデル微生物共生系を用いた酢酸分解メタン生成機構の解明

〔研究代表者〕加藤 創一郎（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕加藤 創一郎（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

酢酸は微生物メタン生成における重要な中間代謝産物であり、その分解活性の多寡はメタン生成反応全体に大きく影響する。酢酸分解メタン生成には単独型・共生型の2種類の経路が存在する。それぞれの経路は各種環境要因によって異なる影響を受けるが、その詳細な機構はほとんどわかっていない。本研究では、嫌気性廃水処理メタン発酵・地下微生物圏のそれぞれにおける主要な環境要因（高濃度アンモニア・高圧）をターゲットとして、その酢酸分解メタン生成に及ぼす影響の定量的評価、および機構解明を目的とした。

高濃度アンモニアによるメタン生成阻害の研究では、各微生物の培養実験の結果、単独型のメタン生成が顕著にアンモニア阻害に弱いことを見出した。さらに単独型のメタン生成菌に対し詳細な培養実験、および遺伝子発現解析を行うことで、(1) 細胞内 pH ホメオスタシスの崩壊、(2) メタン生成酵素群の直接的な阻害、(3) 細胞内酸化ストレスの上昇、といった様々な要因が高濃度アンモニアにより引き起こされることが明らかとなった。高圧がメタン生成に及ぼす影響の研究に関しては、各微生物種を高い静水圧力下（15MPa、150気圧相当）で培

養を行えるシステムの構築に成功し、メタン生成が高圧力下でも進行しうることを確認した。高圧条件下でのメタン生成菌の培養実験、および特異的に発現する遺伝子の網羅的解析をおこなった結果、高圧条件下でのメタン生成には細胞膜・壁成分の改変、変性タンパクの修復が重要であることが明らかになった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 微生物、メタン生成、酢酸分解、共培養、アンモニア阻害、高圧

〔研究題目〕 微生物－昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの全容解明

〔研究代表者〕 石井 佳子 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 石井 佳子 (他1名)

〔研究内容〕

ファイトプラズマは昆虫媒介性の植物病原細菌であり、植物と昆虫という異なる界に属する生物に寄生するユニークな微生物である。ファイトプラズマは、植物に対して病気を引き起こす一方で、昆虫に対しては産卵数の増加や寿命の延長などの『適応度の上昇』を引き起こすことで、相利共生の関係を営んでいる。また、ファイトプラズマの昆虫宿主であるヨコバイは、共生細菌が宿主に不足する栄養素を補っている可能性が高い。したがって、昆虫体内においては「共生細菌」と「ファイトプラズマ」がフローラ（細菌叢）を形成し、これが昆虫宿主の生命活動をサポートしていると考えられ、複雑系の例として非常に興味深い。以上をふまえて本研究では、『ファイトプラズマ・昆虫・共生細菌』の3者間のクロストークを明らかにし、ファイトプラズマが昆虫宿主の適応度を上昇させる分子機構の全容解明を目指す。

本年度は、ファイトプラズマの昆虫宿主と考えられているツマグロオオヨコバイの共生細菌の特定、局在解析および系統解析を行った。日本各県で採集したヨコバイを解剖したところ、共生細菌が局在するであろう黄色を呈する紐状および白色を呈する楕円形の菌細胞が前胸部に1対存在することを確認した。黄色を呈する紐状の菌細胞からは Bacteroidetes に属する細菌 *Sulcia muelleri* が、白色を呈する楕円形の菌細胞からは Yeast Like Symbiont (YLS) が検出された。今後、ファイトプラズマの局在も特定し、これら共生微生物との相互作用について解析していく予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 植物病原性細菌ファイトプラズマ、昆虫共生細菌、適応度上昇機構

〔研究題目〕 作物全般に利用可能な分岐・矮性化・分化能を制御する転写因子の単離とその利用

〔研究代表者〕 樋口 (池田) 美穂

(生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 樋口 (池田) 美穂 (他1名)

〔研究内容〕

矮性化形質の誘導については昨年までに明らかにしていた矮性化誘導遺伝子 IBH1の研究を進展させ、IBH1, PRE1, ACE1の3因子によって構成される三重拮抗阻害システムが細胞伸長を制御することで、植物の背丈を変えていることを解明したことから、これらを進展させ、植物バイオマスの増大など、植物の諸形質の改善に役立つ有用因子を用いて作物の形質を一律に改善する技術確立することを目指している。研究対象としている具体的な形質は、矮性化、および、枝・葉数の増減である。実際の野外環境における植物バイオマス生産性の調節に、もっと役立つ因子を探索する目的で研究を進展させる必要があることから、日陰で植物の草丈が伸びる反応（避陰反応）に関与する転写活性化因子として ACE4を単離した。日陰と類似した波長の光の下で ACE4の遺伝子発現がどのように調節されているか、および、ACE4がどのように細胞の伸長を制御しているかについて明らかにすることができ、これらの成果を論文にまとめた（投稿準備中）。さらに、以前に単離していた枝・葉数を増加させる機能を持つ遺伝子 HR1049遺伝子と機能重複する遺伝子を同定、これらの遺伝子の機能を欠損した植物を作成して解析を行った結果、HR1049は植物の花器官形成などに関連する遺伝子の発現をポジティブに制御すること、既知のものとは異なるシステムによって分裂組織の活性を制御していることが明らかになった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 植物の形質改善、遺伝子改変、矮性化、多枝・多葉

〔研究題目〕 昆虫共生細菌による宿主性比操作メカニズムの解明

〔研究代表者〕 春本 敏之 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 春本 敏之 (他1名)

〔研究内容〕

キイロシヨウジョウバエ *Drosophila melanogaster* のメスに共生細菌スピロプラズマ *Spiroplasma* が感染すると、次世代のオスだけが胚発生の時期に殺される。本研究は、この「雄殺し」という生殖操作の分子メカニズムを解明することを目的としている。これまでの研究より、感染オス胚では異常なアポトーシスに加え、神経発生異常が起きることが示されている。これらの異常な表現型の原因を網羅的に調べるため、RNA-seq による遺伝子発現解析を行った。その結果、感染オス胚特異的に発現上昇がみられる181の遺伝子群を同定した。これらの遺伝子について GO 解析を行ったところ、細胞死及び DNA 二本鎖切断修復に関与する遺伝子が有意に多く含まれていることが明らかになった。細胞内で二本鎖切断などの DNA 損傷が起きると、転写因子 p53が活性

化し損傷の修復やアポトーシスを引き起こす。p53変異体を解析した結果、変異体オス胚では異常なアポトーシスが顕著に抑えられていることが明らかになった。また、p53活性のレポーター系統を観察したところ、感染オスでのみレポーター発現が見られた。以上の結果は、感染オス胚における異常なアポトーシスが DNA 損傷により p53 依存的に引き起こされていることを示しており、RNA-seq の結果を支持するものである。現在、なぜオス胚にだけ DNA 二本鎖切断が引き起こされるのかについて詳細を解析中である。今後、並行して進めているスピロプラズマ側の RNA-seq により得られるデータと組み合わせ、オス殺しの分子機構を明らかにしたい。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】昆虫内部共生、共生細菌、オス殺し、DNA 損傷、RNA-seq

【研究題目】植物におけるアルミニウムおよび酸性ストレス感受性を制御する因子の同定

【研究代表者】鈴木 馨（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鈴木 馨、Chuan-Ming Yeh
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

酸性土壌で溶出した土壌中のアルミニウムイオンは、植物の生育に必要なリンと結合し、難溶性の塩を形成するとによって、結果として施肥効率が低下を引き起こし、また、空気中のチッソを肥料分としてとり入れる土壌微生物の活性を著しく抑制するなど穀物などの生産量に大きな影響を与えることが知られている。世界では約30%の耕地が酸性土壌であり、これら酸性土壌条件下においても問題なく生育出来る植物の開発が求められている。特に酸性条件下で土壌に溶出するアルミニウムイオンは根の細胞の細胞壁に結合し、それによって活性酸素の発生を促し、脂質の過酸化やミトコンドリアの機能障害を引き起こすことによって、生育阻害を誘導すると考えられているが、その詳細な機構については明らかになっていない。

本研究は、酸性土壌で生じるアルミニウムが、植物の生育にどの様に影響し、生育阻害を誘導するのかその分子機構について明らかにする為、シロイヌナズナ全転写因子を網羅するキメラリプレッサー発現種子ライブラリースクリーニングし、アルミニウムイオンに対して耐性又は過敏である株の単離を根の伸長を比較することによって行った。その結果、植物特異的な特定転写因子に対するキメラリプレッサーを発現するシロイヌナズナが、野性型に比べて強い耐性を示す事を明らかにした。マイクロアレイを用いて該当する転写因子が制御する下流遺伝子のプロファイリングを進めた、同時に酸性土壌耐性植物の開発を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】植物、酸性土壌、

【研究題目】深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物的メタン生成過程の解明

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一、坂田 将、吉岡 秀佳、皆川 秀紀（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本提案は生物的メタン生成が高圧下で起こりうるか否か、とりわけ(1)メタン生成に必要な水素を供給する微生物と水素からメタンを生成する微生物間で種間水素伝達が高圧下で起こりうるか、(2)ケロジェン等根源有機物由来と考えられる中間物質からメタン生成に必要な酢酸を生成する微生物とメタンを生成する微生物との間で酢酸授受が高圧下で起こりうるか、といった課題を明らかにすることを目指した。本研究では地下圏由来の現場試料のみならず、中度高温微生物として提案者がすでに分離に成功している *Methanothermobacter*（水素資化性メタン生成菌）、*Methanosaeta*（酢酸資化性メタン生成菌）、*Thermacetogenium*（水酢酸酸化水素発生型共生細菌）などを用いた。本研究により以下のような結果を得た。(1)上述の水素資化性メタン生成菌、酢酸資化性メタン生成菌、ならびに酢酸酸化水素発生型共生細菌と水素資化性メタン生成菌の共生系を高圧培養した。その結果メタン生成菌単独の場合のみならず、共生系においても15MPa 程度の高圧条件下でメタン生成が確認され、高圧条件下で種間水素伝達に基づくメタン生成が進行可能であることが純粋培養系で初めて実証できた。(2)酢酸資化性メタン生成菌のゲノム情報をもとにマイクロアレイをデザインし、高圧条件下で通常と比較して2倍以上の発現変動がみられた遺伝子を見いだした。(3)ケロジェン等根源物質において普遍的に見出されるメトキシ芳香族化合物をモデル物質として微生物の集積をおこない、これらの物質を完全分解しメタンを生成する微生物群集を得ることに成功した。(4)高圧条件下、異なる CO₂濃度でのメタン生成微生物群の培養したところ、高い CO₂濃度条件においてより活発なメタン生成活性が確認された。16S rRNA 遺伝子配列にもとづく微生物群集構造解析、ならびに¹³C ラベル酢酸を用いた同位体分析の結果、高い CO₂濃度条件下においては酢酸資化性メタン生成菌が、低い CO₂濃度条件下においては酢酸酸化細菌と水素資化性メタン生成菌の共生系が、それぞれ主要なメタン生成経路を担っていることが明らかとなった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】メタン生成菌、メタンハイドレート、微生物共生系、高圧培養

【研究題目】ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立

【研究代表者】柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】柿澤 茂行、沼崎 るみ

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、近年開発されつつあるゲノム操作の技術を応用することで、難培養細菌ファイトプラズマのゲノムをマイコプラズマのゲノムに導入したハイブリッドゲノムを作製し、これをマイコプラズマ細胞へと移植することで、難培養細菌の培養系を擬似的に確立することを目的とする。これによりこれまで困難であった難培養細菌の遺伝子操作を行うことができ、その性状の解明に関する研究が飛躍的に進展すると期待される。ハイブリッドゲノムの作製に先立ち、難培養細菌の全ゲノムクローニングを行うと共に、これらのストラテジーに関わる技術開発を行う。

本年度は、難培養細菌ゲノムのクローニングを試みた。難培養細菌は培養が困難であり、感染宿主から細菌ゲノムを単離する必要があるため、ゲノム量が少なく、また宿主のゲノムやオルガネラのゲノムなどが混入するため、これを精製しつつクローニングに必要なゲノム量を集めることが極めて困難であった。本年度はこの問題を克服するストラテジーを開発した。新たに確立したストラテジーを用いることで難培養性細菌ゲノムの全領域をクローニングすることに成功した。また得られたクローンの確認を、昨年度までに確立したマルチプレックス PCR の手法を用いて行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゲノム操作、細菌、マイコプラズマ、酵母、培養系

【研究題目】 陸域地下圏のメタンフラックスに関与する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明

【研究代表者】 玉木 秀幸 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 玉木 秀幸 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、陸域地下圏環境に優占する未知・未培養アーキア群とその周辺微生物群の実体を明らかにし、メタンフラックス等の重要な生物地球化学プロセスにおいて未知微生物群が果たす役割を解明することを目指している。本年度は、まず昨年度に引き続き次世代シーケンシング解析技術を用いて、陸域地下圏環境における未知アーキア系統群の探索を実施した。その結果、氷河堆積物や地下湧熱水環境において未知アーキア系統群を発見する事に成功した。特に、氷河堆積物環境からはこれまでにほとんど認知されていない門、綱あるいは目レベルの未知未培養アーキア系統群を特定した。また、地下湧熱水環境からも門あるいは綱、目レベルの未培養アーキア系統群を見出した。また油ガス田環境では、門レベルならびに綱レベルの未知バクテリアとともにメタン生成菌に比較的近縁の新規アーキアが存在していることが判明した。そこで、以上の陸域地下圏環境試料を用いてシング

ルセルソーティングを行うとともにゲノム増幅を試みたところ、一部の未知微生物についてシングルセルゲノムの獲得に至った。また同時に、これらの未知微生物の培養化を試みており、いくつかの未知アーキアについては集積培養化に至った。また新しい機能を有したメタン生成アーキアを純粋分離し、そのゲノムを解読するとともにトランスクリプトーム解析を実施し、分離したメタン生成アーキアが非常にユニークな代謝機能をもつ事を明らかにした。このように、これまでほとんど明らかにされていなかった陸域地下圏環境の未知アーキアとその周辺微生物の実態に一步迫る成果を挙げた。

【分野名】 ライフサイエンス・地質・環境エネルギー

【キーワード】 陸域地下生命圏、未知アーキア、新生物機能、メタンフラックス、環境ゲノム解析

【研究題目】 共生系の季節適応：昆虫－微生物における共進化機構の解明

【研究代表者】 森山 実 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 森山 実 (他1名)

【研究内容】

植物の汁液のみを利用する昆虫では、体内に宿す共生微生物が自身の成長や繁殖にとって不可欠な存在となっている。このような昆虫－微生物共生系では、季節的に訪れる寒さや暑さ、乾燥などの環境ストレスに対して双方が耐えぬく必要がある。そこで、本研究では、マルカメムシやチャバネアオカメムシなどのカメムシ目昆虫とその腸内共生微生物をモデル系として、1) 昆虫－微生物共生体の適応できる温度域を制限しているのはどちらか、また、2) 厳しい季節を共に生き抜くための特殊な機構や相互作用にはどのようなものがあるのかについて調査を進めている。

本年度は、まず、マルカメムシと腸内共生細菌 *Ishikawaella* の共生系を用いて、栄養相互作用の解析を進めたところ、共生細菌が餌中に不足する必須アミノ酸やビタミンを宿主に供給していることを明らかにした。このことはゲノムから推測された共生細菌の栄養素補完機能を栄養生理学的に証明し、宿主昆虫の成長や繁殖における共生細菌の役割を具体的に明らかにした。今後は、季節的にこのような栄養相互作用がどのように変化していくかを観察する予定である。

昆虫は冬季や夏季などの不適な季節に休眠という特殊な生理状態にはいるが、休眠時の共生状態の変化についてはまったく未解明のままである。そこで、RNAseqを用いて、共休眠と非休眠昆虫における共生器官において発現する遺伝子の比較解析を進めている。今年度は、ライブラリ作成から、シーケンシング、de novo アセンブリ、アノテーションまで行った。次年度は発現レベルに差のあった遺伝子の詳細な機能解明を進める予

定である。

また、チャバネアオカメムシとその腸内共生細菌の系では、高温ストレスによって共生細菌が消失することが観察された。このことは、共生細菌が昆虫の温暖地域への適応に対して律速となっていることを示唆している。今後は温度耐性の地理変異を調べるとともに、共生細菌の置換実験をおこない、共生体としての温度適応の進化機構を明らかにする予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】昆虫、共生、季節適応、腸内細菌、温度耐性

【研究題目】適応放散における進化-生態フィードバックの寄与：微生物モデル系による実験的解析

【研究代表者】山本 京祐（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】山本 京祐（他1名）

【研究内容】

本研究は、競合関係にある2種の細菌、緑膿菌と黄色ブドウ球菌（以下 PA および SA と略記）を用いた実験室進化の過程を解析し、進化動態や群集・個体群動態の把握とそれらに寄与する種間相互作用や形質を明らかにすることで、進化-生態フィードバック（進化現象と生態現象とが互いの動態に影響を及ぼしあう）の重要性を解明することを目的とする。具体的には、各種進化株について適応度や表現型の変化を解析し、全ゲノムリシーケンスによる変異点の特定およびトランスクリプトーム解析による網羅的遺伝子発現プロファイルの解析、さらには変異導入等によって、群集・進化動態に寄与する種間相互作用を同定するとともに、そのメカニズムの分子基盤を解明する。本年度は進化実験系の構築と個体群・進化動態の特徴付けをおこなった。

静置培養条件で PA 純粋培養系と PA-SA 共培養系の継代培養をおこない、生菌数変化を CFU でモニタリングするとともに、コロニー形態の変化した株（Colony Morphology Variants, CMVs）の割合も測定した。全ての進化実験系において実験開始から3~5日後には CMVs が検出され始め、時間経過とともに種類も増加していった。22日間培養をおこない、全ての系において祖先型のコロニー形態を示すものは淘汰され、進化株が優占種となった。最終的な個体群構造として、ほぼ単一の進化株が優占している系と複数の優占種が存在している系との両者が存在した。PA 純粋培養系と SA との共培養系とでは、優占化する進化株の出現パターンが異なっており、SA が共存することで PA の進化動態に影響を及ぼすことが示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細菌、種間相互作用、競争、共進化

【研究題目】微生物細胞集団における不均一性メカ

ニズムのゲノムワイド解析手法の確立

【研究代表者】宮崎 亮（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

細菌は、均一なゲノムを持ったクローン細胞集団であっても、個々の一細胞レベルの生理状態は完全に均一ではなく、mRNA やタンパク質のばらつきに依存して特異的な機能や個性的な挙動を示す。本研究は、従来の微生物学において見過ごされてきたこのような「クローン細胞集団における一細胞レベルの不均一性」をゲノムワイドに解析する独自の手法を構築するとともに、その生物学的意義を明らかにしようというものである。

今年度は、細菌一細胞の動態を高精度に検出するための顕微鏡システムと解析ステーションを立ち上げ、実験的な条件検討を進めた。本システムは細菌の一細胞レベルでの遺伝子発現・挙動解析を生きたままの細胞を用いてリアルタイムで計測することが可能である。また、これら高精度な一細胞ライプイメージングに適した解析用レポーター株を構築し、一細胞レベルの遺伝子発現や細胞活性を正確にトラッキングできるようにシステムの最適化を行った。また、本研究で用いる細菌株の全ゲノムを解読し、今後のゲノム解析に向けた基盤を整えた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】一細胞解析、遺伝子発現、ゲノム解析

【研究題目】植物ウイルス感染応答制御に関する転写因子の研究

【研究代表者】高木 優（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】高木 優、Saqib Muhammad（他2名）

【研究内容】

植物に感染するウイルスは、植物の生育を著しく阻害することから農業に深刻な影響を与え、穀物などの生産量に大きな影響を与えることが知られている。これまでに、ウイルスの影響を軽減するために、連作を避けたり、抵抗性を持つ品種を選択したり、また、レプリカーゼやウイルスコートタンパク質遺伝子を植物で発現させる試みがなされている。しかし、これらの技術は費用がかかるものも多く、効果が長続きしないという欠点がある。本課題では、植物に持続的なウイルス抵抗性を付与させるための試みとして、植物転写因子を操作して、抵抗性を高める開発研究を行う。また、本研究は、ウイルス感染が、植物の生育にどの様に影響し、生育阻害を誘導するのかについて分子機構の側面から明らかにするため、その機構に関与する転写因子の同定と機能解明を目指す。平成25年度（平成25年10月から開始）は、ウイルス感染で発現が変化する転写因子を発現解析から明らかにするため、産総研・生物プロセス研究部門で開発されたキメラリプレッサーによる新規遺伝子サイレンシングシステムである CRES-T 法で作成された、シロイヌナズナ全

転写因子を網羅するキメラリプレッサー発現種子ライブラリーを用いて、1. ウイルスに対して感受性の異なるライン（耐性および過敏性株）の単離；2. 得られたラインから発現する転写因子（キメラリプレッサー）の同定をおこなう。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ウイルス、遺伝子改変、抵抗性、植物病理

【研究題目】「利他行動」を制御する新規化合物の探索とその作用機構の解明

【研究代表者】齊藤 玉緒（上智大学）

【研究担当者】森田 直樹（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

細胞性粘菌 *Dictyostelium discoideum* のゲノムに見られた2つの脂肪酸合成酵素（FAS）の役割について解析を行った。FAS 遺伝子をノックアウトした変異株の作出を目指したが、一方のみしか遺伝子ノックアウト変異株は作出できなかった。その変異株を解析した結果、脂肪酸の供給が正常な発生には必要であること、遺伝子ノックアウト変異株では発生が遅れることが示された。この発生の遅れは、野生株細胞と変異株細胞を3：7で混合することで解消された。以上から、*D. discoideum* においては、正常な脂肪酸合成が正常な発生には必須であることが示された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ポリケタイド合成酵素、ハイブリッド型酵素、分化誘導、細胞性粘菌、土壌微生物

【研究題目】二次代謝産物生産に適した糸状菌遺伝子発現システムの開発

【研究代表者】五味 勝（東北大学）

【研究担当者】町田 雅之、小池 英明、梅村 舞子
（生物プロセス研究部門）
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

糸状菌は多種多様な二次代謝化合物を生産する能力を有する。近年の糸状菌ゲノム情報の整備により多様な生合成経路の存在が明らかとなり、未知・未利用の遺伝子が従来の予想をはるかに超えて存在することが明らかになった。これらの生合成や分泌に関わる遺伝子は多くの場合クラスターを形成し、やはりクラスター内に存在する、転写制御因子によって、クラスター内の遺伝子群が協調的に発現することにより、複雑な構造をもつ化合物が生産される。本研究では東北大学との連携のもと、これらのクラスター全長あるいは一部を麹菌に導入・高発現させることにより生合成マシーナリーの解析を進めている。本年度は、麹菌のゲノム中に存在する遺伝子に対する相

同性検索や DNA マイクロアレイによる発現情報などを利用して、カビ毒に関連する遺伝子、色素生産遺伝子、メバロン酸経路関連遺伝子を同定した。また、これらの生産物の確認と生合成遺伝子の解析を目的として、これらの中心となる遺伝子を強力なプロモーターによって強発現化するための DNA 断片の設計と作製を行った。これらの断片は *pyrG* か *niaD* を形質転換マーカーとして二次代謝の生産時期に誘導される高発現プロモーターで転写が活性化される構造になっており、fusion PCR によって作製した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】二次代謝、糸状菌、遺伝子クラスター、有用物質生産

【研究題目】遺伝子組換えと同等の形質を植物に付与する化合物開発システムの構築

【研究代表者】近藤 陽一（関東学院大学）

【研究担当者】光田 展隆（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、DNA 配列を任意に選択して結合できる Py-Im ポリアミドを利用し、遺伝子組換えと同等かつ遺伝しない有用な形質を植物にもたらす化合物の合成システムの構築を目指す。本システムの基盤は、機能を抑制すると植物に有用な形質が付与される転写因子を選び出し、その転写因子が制御している調節配列に結合する Py-Im ポリアミドを合成することである。合成した Py-Im ポリアミドを野生型の植物に添加することで、選出された転写因子の機能を抑制し、有用な形質を付与する。このシステムの構築のために、シロイヌナズナを利用して合成した Py-Im ポリアミドの標的遺伝子に対する転写抑制化能の評価系を開発し、評価系が機能することを明らかにする。また、Py-Im ポリアミドが調節配列に結合した時に、期待通りの表現型が現れるか検証するためのシステムを開発する。具体的には転写因子の機能を抑制する CRES-T 技術で作成された植物と同じ表現型を引き起こす Py-Im ポリアミド開発系を構築する。そのためには目的とする転写因子の標的遺伝子、結合配列を ChIP-seq 実験などにより把握する必要がある。本年度は目標とする CRES-T 系統を選定し、標的遺伝子、結合配列同定のために必要なコンストラクト、植物作成を進めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】植物、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、化合物

【研究題目】植物における転写因子複合体を形成する因子の網羅的な解析

【研究代表者】高木 優

（埼玉大学環境科学研究センター）

〔研究担当者〕 光田 展隆（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、有意に高頻度に核に局在すると予測もしくは実証されている WD40タンパク質について、転写因子と相互作用する可能性が高いと考えて、網羅的に CRES-T 法を適用したり、転写因子を対象にした酵母ツーハイブリッド（Y2H）法などを駆使したりし、WD40タンパク質が全体として転写因子の機能発揮にどう関わるかを明らかにしようとするものである。具体的には、発現様式などを参考に優先順位を付け、SRDXリプレッションドメインを融合したキメラ遺伝子を発現する形質転換シロイヌナズナを作成する。一方でこれら WD40タンパク質遺伝子を単純過剰発現する植物の作成も同時に行い、T1世代の表現型を比較解析することにより、両者が異なる表現型を示すラインを探索する。そのようなラインが同定できた場合、これまでに観察したキメラリプレッサー発現植物の表現型データベースから類似する表現型を示すものを探索したり、転写因子遺伝子のみからなるライブラリーを用いた Y2H 法により相互作用する転写因子を探索したり、発現パターンが類似する転写因子のキメラリプレッサー発現植物の表現型を観察するなどして、相互作用する転写因子を同定する。さらに複合体を形成する因子が転写制御にどのように影響を及ぼしているのか、その分子機構について詳細な解析を行う。今年度は公開されているマイクロアレイデータや細胞内局在の予測データなどからデータ解析を進め、優先順位の高い十数個についてコンストラクトの作成、形質転換植物の作成などを進めた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 植物、発現制御、遺伝子、シロイヌナズナ、化合物

〔研究題目〕 担持型酸化触媒による臭素系難燃剤の分解に及ぼす腐植物質の影響

〔研究代表者〕 福嶋 正巳（北海道大学）

〔研究担当者〕 佐々木 正秀（生物プロセス研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

廃棄物処分場の浸出水中には家電ゴミを起源とする臭素系難燃剤（BFRs）が含まれており、これらは環境ホルモン作用も示すことから分解・無害化する必要がある。浸出水中には腐植物質と呼ばれる褐色の高分子有機物が10から200mg/L程度含まれている。これまでの研究から、鉄ポルフィリン触媒による BFRs の酸化分解に及ぼす腐植物質の影響を検討した結果、腐植物質は BFRs の酸化分解を妨害することがわかった。腐植物質は巨大な負電荷を有し、BFRs と比べ親水性を示す。本研究では、触媒の負電荷と疎水性を高め触媒活性サイト付近から腐植物質を排除し BFRs を集約する目的で、負電荷を持

つシリカゲルなど様々な担体に鉄ポルフィリン触媒を導入した担持型触媒を合成し、それによる腐植物質共存下での BFRs の分解・無害化の促進を試みることを目的とする。

産業技術総合研究所研究担当者は、電子スピン共鳴（ESR）装置による反応活性種の検出を分担している。今期は ESR 装置を用いたスピントラップ法の実験プロトコルの検討を進めた。具体的には、スピントラップ試薬の選定、試料及び試薬濃度の最適化、さらには基準となる装置測定条件の設定を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 臭素系難燃剤、担持型酸化触媒、腐植物質、電子スピン共鳴（ESR）

〔研究題目〕 安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発

〔研究代表者〕 村上 敬（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 日比 裕子、間野 大樹、松崎 邦男
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

1997年の京都議定書以降、地球温暖化抑制のため国内外で CO₂排出量の削減が重要な課題になってきている。CO₂排出量削減方法の一つとして、自動車エンジンの燃料を化石燃料からバイオエタノールなどの自然系液体に切り替える方法が考えられる。このためには現在使用されている内燃エンジンのしゅう動材料をエタノールに合った材料に切り替える必要があるが、このような研究はほとんど進んでいない。本研究は、以前研究代表者らが低摩擦・低摩耗であることを明らかにした α -FeSi₂基金等を利用し、エタノールなどの自然液体中において低摩擦・低摩耗被膜を作製することを目的とする。本年度は、砂鉄と炭素と珪砂との反応で鉄シリサイドを作製する方法について、砂鉄と炭素と珪砂混合粉末の DTA による昇温実験及び生成物の XRD による分析の結果、1178℃で砂鉄と炭素による α -Fe の生成反応が起き、シリサイドや SiC の形成は1,400℃以上であることが分かった。このことは鉄成分の生成とシリコン成分の生成温度が数百度異なっていることを意味しており、混合物から鉄シリサイドを生成する場合、均質に生成させることが課題であることがわかった。一方拡散処理によるシリサイドコーティングについて、二重コーティングなどを試みたもののボイドの問題を解決することはできなかった。しかしクロマイジング及びボロクロマイジングした SS400鋼がエタノール中0.1~0.2の摩擦係数を示し、後者については10⁻⁶mm³/Nm オーダーの比摩耗量及びマイクロビッカース硬さ16GPa を示すことを明らかにした。さらに硬質材料の多いホウ化物についても低摩擦・低摩耗の材料があるかどうか探索を行い、その結果、ホットプレスで作製したアルミナ、窒化ケイ素より高硬度の AlB₁₂、SiB₆基金合金が水などの自然液体に対して低摩

擦・低摩擦であることを発見した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金属間化合物、エタノール、トライボロジー

【研究題目】 超音波照射による気泡振動を利用した
ナノ駆動体に関する研究

【研究代表者】 砥綿 篤哉

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 砥綿 篤哉 (常勤職員1名)

【研究内容】

駆動媒体粒子の形状制御手法の検討を行うため、鉄粒子に関してプロセス検討を行った。そのプロセスはあらかじめロッド状の酸化鉄粒子を水熱合成によって合成し、その後気相中で還元する方法である。その結果、長径3-5ミクロン、短径100-500nm のロッド状のフェライト粒子を合成することができた。これを5%水素含有アルゴンガス中にて、500°C-4時間で還元処理を行ったところ、酸素が除去されて表面に凹凸が生じてはいるが、ロッド状は維持していることをSEMにより確認し、X線回折より鉄であることを確認した。さらに、ポリビニルピロリドンと1、3-ブタンジオールに溶解した溶液中に硝酸銀を添加し、温度を150°Cまで上げて銀イオンを徐々に還元させることにより、長径数ミクロン、短径100~200nm のナノロッド銀粒子を合成することができた。また、この反応の前後に金や白金溶液を加えることにより、バイメタルのロッド状粒子が合成できた。

次に、光学顕微鏡下で超音波を照射するシステムをつくり、水に分散させた白金複合化銀ナノロッド粒子スラリーを添加し、さらに過酸化水素水溶液を加えて上下をガラス板で覆った。また、観察口に高速ビデオカメラを取り付けることにより粒子の動きを録画した。その結果、周波数50kHzにて超音波照射したところ、粒子は進行波による一定方向に移動するものも見られるが、数十ミクロンの半径で円状に移動する粒子や数十 μm /秒の速さで直線的に進行する粒子が見られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超音波、モーター、キャビテーション、バイメタル

【研究題目】 傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開

【研究代表者】 笹本 明 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 笹本 明 (常勤職員1名)

【研究内容】

非破壊検査機器には磁場計測を利用するものがあるが、従来機器は空間1次元量の計測によるものが大半である。これに代えて近年開発された3次元磁気センサによって3方向の磁場データを取得し、復元アルゴリズムにより傷形状を高い精度で推定する研究を行っている。本年度は、

前年度に完成した3次元 AMR 磁気センサを用いたプローブを、スリット傷の入った平板試料を漏洩磁束法に用いることで表面近傍の3次元磁気ベクトル場を計測した。計測データは傷近傍での3成分それぞれの特徴を明瞭に示し、弱くではあるが磁場が傷中心方向に向かうという興味深い現象も確認された。また一方で、いったん強い磁場を加えると以後はセンサからの計測出力が現実の磁場を反映しない値を示してしまう問題が確認され、課題として残された。漏洩磁束のモデルの積分表現での妥当な定式化の検討に関連して、前年に引き続き2次元領域におけるラプラス方程式から導かれる境界積分方程式に関する議論を海外の研究者と検討し、特異積分方程式を用いる解法によって内部にクラックを有する問題に関する電位差法の数値解を実行した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 非破壊検査、磁気探傷、3次元磁場センシング、境界積分方程式

【研究題目】 有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用

【研究代表者】 加藤 且也

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 加藤 且也、永田 夫久江、中村 仁美 (常勤職員3名)

【研究内容】

バイオミネラルゼーションは常温常圧下において特異な無機構造体を構築する高効率プロセスであり、工学的応用が期待されている。そのメカニズムとして、結晶核形成の起点となる有機鎖官能基の種類や空間的配置が結晶形態に影響を及ぼすと考えられている。平成25年度は、ペプチドナノファイバー表面における二酸化チタンのミネラルゼーションを行った。今回、ペプチドは疎水性のロイシン (L)、バリン (V) を交互に配し C 末端側にポリエチレングリコール (PEG) を配した (LK)₈-PEG₇₀を用いた。このペプチドは溶液中で β -シート構造由来のナノファイバーを形成する。このペプチドナノファイバーとチタン前駆体を水溶液中で混合し、ミネラルゼーションを行い、析出物の評価を行った。

0.2mg/mL のペプチド水溶液 (pH11) 1mL に50mM の Titanium bis (ammonium lactato) dihydroxide 水溶液100 μL を加え70°C、24時間攪拌した。その後、遠心分離で洗浄し、凍結乾燥させてサンプルを得た。

析出物の SEM 画像から、(LK)₈-PEG₇₀系では、3次元のナノファイバー構造であったのに対し、K₁₀系では、バルク状の析出物が観察された。これらのモルフォロジーが有機物の形状に影響したいわゆる「テンプレート効果」によるものか確認するために、円偏光二色性スペクトル (CD) を測定した。pH11では、(LK)₈-PEG₇₀は β -シート構造のナノファイバーであったのに対し、K₁₀はランダムコイル構造であったため、有機物のテンプレ-

ト効果が示された。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 無機結晶、ペプチド、自己組織化、配向性、結晶成長、リン酸カルシウム

〔研究題目〕 表面化学修飾法による核磁気共鳴画像用ガドリニウム担持ナノダイヤモンド粒子の作製

〔研究代表者〕 中村 挙子

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 中村 挙子、大花 継頼

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

表面化学修飾法を利用することにより、生体親和性・化学安定性等の高機能を有するナノダイヤモンド(ND)粒子の特性を利用した、核磁気共鳴画像法(MRI)新規造影剤適用を目指したガドリニウム(Gd)担持ナノダイヤモンド粒子作製法の開発を目的とする。

当該年度においては、前年度に作製手法について検討を行った Gd 担持 ND 粒子について作製のスケールアップ実験を行うとともに、分散性評価および分散試料を用いた MRI 撮像について検討した。

Gd 担持 ND 粒子作製については、各プロセスにおけるスケールアップの検討を行い、最終的に MRI 撮像実験用試料量を確保することに成功した。

Gd 担持 ND 粒子について、水分散液のゼータ電位 pH 依存性を測定することにより、各プロセスにおける表面化学修飾に関する確認を行った。基材である ND 粒子は pH2-11の範囲において+33~-7mV の電位が観測され、表面上に多数の水酸基が存在することが再度確認された。ジエチレントリアミン五酢酸(DTPA)修飾 ND 粒子については、ND 粒子表面の水酸基と DTPA 分子が化学結合されることにより、酸性 pH においてゼータ電位低下の現象が確認された。さらに Gd 担持 DTPA 修飾 ND 粒子については、Gd イオン担持のためにゼータ電位が増加した。

本 ND 粒子について MRI 撮像のコントラストを観察するため、1.5 T MRI 装置による Gd-DTPA-ND 分散液(0.1w/v %リン酸バッファー溶液および注射用水)の T1強調画像を撮影した。未処理 ND 分散液と比較して Gd-DTPA-ND 分散液が高い信号強度を示したことから、高い造影剤能を有することが明らかとなった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ダイヤモンド粒子、表面化学修飾、ガドリニウム、核磁気共鳴画像

〔研究題目〕 熱音響システムの高効率化のためのハニカムセラミックスの検討

〔研究代表者〕 小塚 晃透

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 小塚 晃透、安井 久一

(常勤職員2名)

〔研究内容〕

熱音響システムは、熱(温度差)と音響(気体媒質の振動)のエネルギー変換システムである。定在波音場中に多数の微細孔を有する熱音響変換素子を設置すると、音波により圧縮・膨張する気体媒質と微細孔の壁面との間で熱交換が行われ、熱の移動を行うことが可能である。本研究では、キーデバイスである熱音響変換素子に関する研究を行っている。これまで市販のハニカムセラミックスを用いてきたが、微細孔の形状、壁厚等の選択肢が少ない。そこで、本年度は、3D プリンタを用いて各種形状の熱音響変換素子を作製することを試みた。

本研究で用いた3D プリンタは、溶解積層成型方式(FDM 方式:溶解した樹脂を細いノズルから放出して積層する方式)であり、最薄で0.5mm 程度の壁を構築することが可能である。熱音響変換においては、壁の表面積が大きいことが熱交換に寄与すると考えられ、また、音波を遮らないように壁は薄く、開口率が大きい方が良いと考えられる。壁厚0.5mm、開口率66%程度の条件下では、ハニカム形状よりもスリット形状にすることで表面積を確保できる。そこで、各種間隔のスリット形状の素子(壁厚0.5mm、間隔を0.5mm~3.0mm まで0.5mm 毎に変化)を作製して、前年度に構築した定在波音場を形成する実験装置に組み込み、素子の両端に現れる温度差を評価する実験を試みた。その結果、間隔1.0mm の素子において最大の温度差が得られ、1mm から離れると共に温度差が低くなるという結果を得た。3.0mm~1.0mm においては間隔が狭い方がより表面積が大きく効率的に行われるが、間隔0.5mm では音波の伝搬が遮られることによる影響が現れると考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 熱音響、超音波、熱エネルギー、ハニカムセラミックス

〔研究題目〕 事例とシナリオモデリングに基づく持続可能ビジネス設計・立案支援手法

〔研究代表者〕 近藤 伸亮

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 近藤 伸亮、高本 仁志、松本 光崇

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、持続可能な社会に向けた動きを企業のビジネスモデルや、生活者のライフスタイルとして協調的に設計するための方法論および支援システムを構築することである。その方法として、様々な事業分野において共通して生起するエコビジネス構築の障害や、それらに共通する問題構造、解決方法を「パターン」として整理し、パターンおよびパターンの使い方を様々な関係

者間で「言語」のように共有することで、エコビジネスを協調して設計できるようにする「パターン言語」という考え方を採用する。

本年度は、国内を中心に持続可能ビジネスの事例収集・文献調査を行い、持続可能ビジネス設計のための必要条件を通常のビジネス設計手法と比較、対照して整理することを試みた。この結果、持続可能ビジネス設計には当該ビジネスに直接関与するステークホルダ（SH）のみではなく、間接的に利益または被害を被る他の関連SHや社会影響を考慮すること、即ち「外部性」を考慮することが極めて重要で、この点において既存ビジネス設計と異なることが明らかとなった。これを支援するためには、持続可能ビジネス事例に加え、外部性をモデル化する手法を整理し、これらのモデルを用い外部性に起因する様々な問題やそれを解決する手法群と事例を関連付けた統合的な設計支援システムの開発が必要となる。この目的のもと、(1)持続可能ビジネス設計課題において生じる外部性の列挙・分類、(2)それぞれの外部性を表現可能なアスペクトモデルの収集、(3)アスペクトモデルを統合的に用いた設計支援手法の開発を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エコビジネス、設計支援、事例ベース推論、パターン言語

【研究題目】 複合機能性デバイスの開発

【研究代表者】 佐藤 宏司

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 佐藤 宏司 (常勤職員1名)

【研究内容】

形状記憶合金は変形させたものを温めると元の形状を記憶していたかのように回復する形状記憶効果と、変形を加えてもゴムのように伸びて回復する超弾性効果を持っている。一方で機能性セラミックス材料は機械エネルギーと電気エネルギーを変換する圧電効果、熱エネルギーを電気エネルギーに変換する焦電効果を持っている。この2つの機能性材料は材料自体が合金とセラミックスと異なっており、また性能自体も全く異なった材料であるため、個々の材料に関する研究は基礎研究から応用研究まで幅広く国内外で盛んに行なわれているが、現在これらの機能を融合させた領域での研究はほとんど行われていないのが実情である。

本研究ではこれらの2つの機能性材料を融合した新たな複合機能性材料の研究を行った。2つの機能性材料を融合させる方法として水熱合成法を用いて、形状記憶合金表面へのPZT薄膜の直接製膜に成功し、それぞれの機能を融合した新しい複合機能性デバイスの試作し、圧電効果、焦電効果、形状記憶効果、超弾性効果のそれぞれの効果が連成して起こることを示し、複数の機能を利用したセンサアクチュエータシステムを作製した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 圧電材料、形状記憶合金、スマートストラクチャ

【研究題目】 鉄系表面における高機能コーティング技術の開発

【研究代表者】 中野 美紀

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 中野 美紀 (常勤職員1名)

【研究内容】

鉄系材料は、代表的な金属材料の一つであり、様々な工業製品や建築資材などに使用されている。鉄系材料の機械部品の潤滑剤としては、主に潤滑油やグリースが用いられているが、潤滑油を使用できない部品もあり、その場合には、潤滑性皮膜などのコーティングが用いられている。この潤滑性皮膜の低コスト化、および高機能化が実現すれば、その波及効果は大きい。当研究グループでは、有機分子の自己組織化膜の潤滑膜への可能性を検討してきており、分子種の選定により、潤滑特性を向上できることを報告してきた。本研究では、自己組織化膜の潤滑膜への適用を鉄系基板上に応用し、高機能付与コーティング技術の開発を目指すものである。用いる分子種の構造を検討し、純水中での耐食性と分子種の関係について調べた。その結果、分子鎖の短いものに関しては、純水中での浸漬により錆が発生し、分子修飾の効果が得られないことがわかった。一方、分子鎖が長い分子に関しては、純水の浸漬による錆の発生が抑制された。さらに、X線光電子分光装置で表面分析を行った結果、フッ素を含む分子を用いた方が、表面修飾分子の脱離が抑制できることがわかった。以上から、分子種の選定により、分子修飾による耐食性の付与が可能であることが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 鉄、コーティング、自己組織化、耐熱、耐食

【研究題目】 化学溶液法における紫外レーザー照射時のナノ秒温度計測に基づく光結晶成長機構の解明

【研究代表者】 篠田 健太郎

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 篠田 健太郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

塗布光照射法では、紫外パルスレーザー照射時の数十ナノ秒程度のごく短時間における表面温度上昇が酸化物質薄膜の低温合成に極めて重要な役割を果たすことが数値計算によりわかってきたが、電子顕微鏡断面観察による結晶成長領域との整合がとれないなど、光結晶成長機構には未解明な点があり、表面温度のナノ秒スケールでの実測が望まれてきた。そのような背景下、本年度は、前年度に開発した紫外パルスレーザー照射時の試料表面か

らの放射光検出装置を用いて、酸化インジウムスズ薄膜を系統的に調査したところ、得られた放射光プロファイルに熔融凝固時の潜熱発生を捉えていると考えられるプラトー領域が存在することがわかった。このプラトー領域を温度校正に利用することで、放射光強度を温度に換算することが可能となった。得られた最大到達温度と温度変化プロファイルは数値計算とも相関が取れており、本計測手法により紫外パルスレーザー照射時の酸化物薄膜表面温度プロファイルをナノ秒で計測することが可能となった。エキシマレーザープロセスでは、レーザー強度に応じて、光アニール、熔融・凝固、アブレーションの3つの領域を利用することが可能であり、エキシマレーザープロセスにより酸化物薄膜の作製からパターンの加工までを一貫して行うことができる。本計測手法の開発により、それらの領域を系統的にモニタリングすることが可能であり、プリンタブルエレクトロニクスへの応用など今後の展開も期待できる他、ナノ秒放射温度計という超高速温度計測の観点からも意義がある。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 塗布光照射法、ELAMOD、その場計測、エキシマレーザー、酸化物薄膜、プロセスモニタリング、透明導電膜、ペロブスカイト酸化物

【研究題目】 配向酸化物薄膜／構造体の高オンデマンド作製手法の開発

【研究代表者】 中島 智彦

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 中島 智彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

化学溶液法と光照射を用いた高オンデマンドプロセス(光MOD法)で、様々な基板上に種々の酸化物材料を配向成長させる新規手法の開発に取り組む。配向成長による酸化物薄膜/構造体材料の電気伝導性・誘電特性の大幅な向上を目指し、配向成長させた半導体光電極の特性向上など、配向シード層の新たな用途探索も含めた研究展開を行う。

研究計画：

1. ペロブスカイト型酸化物シード層の高機能化のため、a) 表面平滑化、b) 面内粒子サイズ増大を目指した製膜条件最適化を行い、伝導体・誘電体膜を上部に形成してその効果を評価する。2. 多様な配向シード層の開発：2次元性固体中心にシード層候補物質を探索する。3. 配向光電極の形成について、単結晶基板及び得られる配向シード層を用いて配向特性と光電極特性の相関を検討し、光電極特性の向上を図る。

研究進捗状況：

ペロブスカイト型酸化物電極材料の高度化のため、導電性ペロブスカイト型マンガン酸化物薄膜を配向・無配

向成長させ、粒径と伝導性の影響について調べ、配向特性が伝導性へ与える影響を検討した。また、蛍光体膜の一軸配向にも成功し、高輝度発光デバイス作製の試みを行っている。さらに、層状ペロブスカイト型構造の直立配向に成功し、非常に高い伝導特性を得た。また、酸化タングステン関連材料の配向に成功し、配向成長が光電極特性を向上させることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 薄膜成長、配向制御、セラミックス、ペロブスカイト型酸化物、導電体、光電極

【研究題目】 リン酸塩ガラス電解質燃料電池の高性能化開発

【研究代表者】 鷺見 裕史

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 鷺見 裕史 (常勤職員1名)

【研究内容】

Pt触媒使用量低減や加湿システム簡略化等の観点から、従来の固体高分子形燃料電池(PEFC)よりも高い150℃以上の中温で作動する燃料電池の開発が望まれている。本研究では、プロトン伝導性を示す無機リン酸塩ガラスに着目し、燃料電池電解質として用いた時の高性能化に向けた基礎的検討を行った。

リン酸塩ガラスの構造はリン酸濃度や添加物組成によって変化するが、合成温度等の作製条件によってもガラス内のプロトン濃度や含水量が変化し、プロトン導電率に大きな影響を及ぼす。今年度は、カールフィッシャー水分計やFT-IR、固体NMR等を用いて、合成後のガラス内のプロトン濃度や含水量の定量化を試みた。カールフィッシャー水分計にて評価した800℃、1,000℃で合成した仕込み組成30mol%ZnO-70mol%P₂O₅ガラスの含水率は、それぞれ24.4mol%、5.6mol%であった。また、800℃、1,000℃で合成した上記組成ガラスの透過法によるFT-IRでは、3,400cm⁻¹付近と2,800cm⁻¹付近に吸収ピークが観測され、後者はほぼ同じ吸収率であったのに対して、前者は800℃で合成したガラスにおいて吸収率が大きくなった。これは、合成温度を低くするほど可動プロトン濃度が高くなることを示唆しており、実際にこのガラスを水素-酸素燃料電池の電解質として用いたところ、250℃において0.4mW/cm²の出力が得られた。今後は、電解質-電極一体型MEAの作製技術を確立し、リン酸塩ガラス電解質燃料電池の更なる向上を図る。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 燃料電池、エネルギー効率化、電気化学、プロトン伝導、ガラス

【研究題目】 ポストゲノム解析による感染体-宿主ネットワーク

【研究代表者】 夏目 徹 (創薬分子プロファイリング研

究センター)

【研究担当者】 夏目 徹 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

生体を構成する個々の細胞には十数万種類のタンパク質が存在する。それらのタンパク質は、単独で機能するのではなく、常にグループ・組織を形成し、生体システムを構成する。ウイルスの感染・侵入から、感染性ゲノムの複製、ゲノム因子の翻訳と、ウイルス粒子へのパッケージング、そして放出に至るまで、そこには、多くの宿主因子間相互作用と、ウイルス因子間の相互作用、そして、宿主因子とウイルス因子との相互作用が存在し、大きな感染体-宿主ネットワークを形成している。

本研究では、網羅的でシステマティックな方法により、このような感染体・宿主ネットワークを捉え、ウイルスの複製と病原性発現機構の理解を深化させ、予防・治療薬の新規ターゲットを同定することを目的とする。

平成25年度は、ウイルス因子と宿主因子のタンパク質間相互作用ネットワークを明らかとするために、昨年度までに決定したウイルス側の因子であるインフルエンザウイルスの Nonstructural protein NS1 (NS1) の相互作用因子について、LC-MS/MS により更なるネットワーク解析を行った。その結果、いくつかの相互作用因子は複合体として機能していることが明らかとなり、ネットワーク解析から機能の推定を行うことができた。さらにインフルエンザ感染時に変化する宿主側タンパク質について質量分析計による定量法である MRM 法を用いることによりタンパク質量の絶対定量を行った。測定候補タンパク質として主要な代謝酵素74種類を選択した。解析の結果、インフルエンザ感染によって測定したほぼすべての代謝酵素の発現量が低下しており、その中でもいくつかの酵素については30%以上の減少が認められ何らかの制御機構の存在が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ウイルス因子、宿主因子、タンパク質相互作用、LC-MSMS、NS1、絶対定量

【研究題目】 X線結晶構造解析・核磁気共鳴法の融合によるキナーゼ複合体の動的立体構造解析

【研究代表者】 竹内 恒 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 竹内 恒 (常勤職員1名)

【研究内容】

リン酸基転移酵素 (キナーゼ) が、シグナリング複合体を一過的に形成し、特異的かつ効率的な情報伝達を可能にする精緻な分子機構を、高精度の複合体構造解析 (X線結晶構造解析) と複合体の保持する構造平衡を同時に捉える動的立体構造解析 (溶液 NMR 法) を組み合わせることで明らかにする。また明らかになったシグナル伝達機構を合理的変異導入により検証する。本研究で

確立する解析手法は、一過的に形成される多くの細胞内複合体に適用可能であり、シグナリング複合体の機能発現メカニズムの解明に広く資すると考える。PI5P4K は、インスリンシグナル伝達において重要な役割を果たす代謝制御タンパク質である。研究代表者と協力者は、PI5P4K β が細胞のがん化を促進する因子であること、PI5P4K β が GTP を補酵素として用いる特異な特徴を有することを見出し、細胞内の GTP 濃度が PI5P4K β を介してインスリンシグナルや細胞増殖を制御する新たな調節機構を提唱している。この PI5P4K β の GTP によるシグナル制御機構を立体構造に基づき理解するため、human PI5P4K β と GTP/ATP 非加水分解性アナログ、GDP/ADP、GMP/AMP との複合体の立体構造解析を行った。apo 結晶に対する補酵素のソーキング・結晶凍結条件の最適化を行った結果、apo を含むすべての条件で、2.2-2.7Å 分解能の複合体構造を得ることに成功した。また GXP 複合体と AXP 複合体の立体構造を比較することで、GTP 認識様式を明らかにすることが出来た。さらに提唱した GTP 認識メカニズムに基づき変異体を作成し、GTP および ATP 結合能、酵素活性を NMR 実験により解析することで、結合部位に存在する各残基の結合活性への寄与を明らかにした。GTP 特異性を決定する責任残基への変異を施した PI5P4K β を PI5P4K β ノックダウン細胞に再導入したところ、PI5P4K β の GTP 特異性が細胞増殖に寄与していることが明確となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 キナーゼ、立体構造、PI5P4K

【研究題目】 小胞体レドックスネットワークを中心とする小胞体品質管理機構の解析

【研究代表者】 新木 和孝 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 新木 和孝 (常勤職員1名)

【研究内容】

タンパク質は正しく合成され、正しい構造をとって初めて本来の機能を発揮する。それにはタンパク質の構造形成を助ける種々の分子シャペロン、小胞体においては翻訳後修飾にかかわるレドックス因子や糖鎖修飾酵素などが重要な働きをし、その構造形成を助けている。一旦正しい機能を獲得したタンパク質も、種々のストレスによって変性したり、遺伝的変異によってどうしても正しい構造をとれないタンパク質も発生している。このような不良タンパク質は、単に機能を持たないだけでなく、細胞毒性によって細胞死を誘導し、アルツハイマー病やパーキンソン病のような種々の神経変性疾患の原因ともなっている。本研究ではこのような疾患原因ともなり得る、生体内レドックス因子の機能と制御機構の解明をもとにして、生体内の健全な恒常性を維持するための創薬開発基盤を構築することを目標にしている。そのために

現在、タンパク質のレドックス恒常性状態を定量する基盤技術を構築中であり、代表的翻訳後修飾であるリン酸化修飾の検出と同様に、汎用性の高い技術として開発しつつある。また、小胞体レドックス関連因子 20 種類を対象として、これらの相互作用因子群とのネットワーク構造、ならびに小胞体レドックス制御カスケード機構に関係するネットワーク構造の探索を行ない、その制御骨子の一端を明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質相互作用、絶対定量、レドックス、小胞体、品質管理

【研究題目】C型慢性肝炎治療成績の向上と肝発癌阻止を目指した分子基盤の確立

【研究代表者】堀本 勝久（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】堀本 勝久（常勤職員1名）

【研究内容】

グラフィカルモデルに基づく統計的なネットワーク解析手法を肝硬変及び肝がん細胞において計測されたデータについて適用し、肝がん進展の要因となるネットワーク候補群を同定することで、疾患機序の解明のための実験支援を行うことを目的とした。そのために、グラフィカルモデルに基づくネットワーク推定法を肝がんについて計測されたデータに適用し、遺伝子間の関連性をグラフ表現する。既開発のグラフィカルモデルに基づくネットワーク推定法により、肝硬変及び肝がん細胞において計測されたデータに適用し進展要因遺伝子ネットワーク候補を同定した。具体的な要因遺伝子ネットワーク候補の推定により、推定結果の実験的検証が可能となり、より具体的な実験支援が実現できた。

今後、グラフィカル連鎖モデルに基づく統計的なネットワーク解析手法を、ネットワーク表現に部分について改良し、肝がん進展の要因となるネットワーク候補群を可視化することで、疾患機序の解明のための実験支援を実施する予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】疾患ネットワーク、遺伝子発現制御、細胞状態変化

【研究題目】ウイルス感染現象における宿主細胞コンピテンシーの分子基盤

【研究代表者】夏目 徹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】夏目 徹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、病原性発現に帰結する宿主特異的なウイルス複製と細胞内防御メカニズムとの拮抗の分子基盤を理解することである。ウイルスは自然宿主の中では、感染現象と細胞内防御系を含む生命プロセスが折り合っ

た状態であると考えられ、高い病原性は示さず感染サイクルを繰り返しながら存続する。一方、疾患に繋がる感染を起す宿主では、この均衡がウイルス側に偏ることによって高い病原性が発現すると考えられる。本研究領域では、これらの結果に繋がる細胞の特性を「宿主細胞コンピテンシー」という概念で捉え、その特性の分子基盤を明らかにし、ウイルスが宿主を選択し、また宿主に適合したメカニズムを明らかにする。

本研究組織は、7つの計画研究班と計画研究のすべての代表者および分担者で構成される総括班から成り、総括班は有機的な研究連携を促進するという重要な役割を持つ。

平成25年度は、得られた研究成果を共有するために定期的な領域会議を開催すると同時に、若手研究者の共同研究を推進するために 第1回感染コンピテンシー若手研究会および第10回ウイルス学キャンプを開催した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ウイルス、宿主、宿主細胞コンピテンシー、分子基盤

【研究題目】シリア・中心体系による生体情報フローの制御

【研究代表者】五島 直樹（創薬分子プロファイリング研究センター）

【研究担当者】五島 直樹、鍵和田 晴美、福田 枝里子（常勤職員3名）

【研究内容】

計画班としてシリア・中心体系による生体情報フローの制御の解明に参加している。シリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。多細胞生物において、細胞は、内部環境（中心体など）から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。我々の網羅的なヒト蛋白質発現リソース、発現蛋白質、細胞内局在情報を本領域の各チームと協力して活用し、プロテオミクスサポートセンターとして有機的連携を図り、研究を円滑に進める。

シリア・中心体系の制御に重要なトリコプレインの分解制御を明らかにするため、E3リガーゼを約1000種類搭載した E3リガーゼプロテインマイクロアレイを作製し、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群に対する E3

リガーゼを結合特異性を基に探索した。また、約1000種類の E3リガーゼを蛋白質合成し、トリコブレイン及びその類縁蛋白質群に対する結合特異性をビアコア A100を用いた SPR 法によって測定した。探索した E3リガーゼを細胞内で過剰発現および siRNA でのノックアウト実験を行い、トリコブレイン等の細胞内蓄積を調べ、インビボにおける分解系としての検証を行った。

(1) 中心体・一次シリアからのシグナルによる細胞周期制御機構の解明：

我々が同定した一次シリア制御因子であるトリコブレイン及びその類縁蛋白質群の網羅的解析を通して、中心体・一次シリアによる細胞周期チェックポイント制御機構の解析している。これまでに、一次シリア形成が誘発される際に、トリコブレインがポリユビキチン化依存的に分解され、中心小体より消失することを見出した。ユビキチン化されないトリコブレイン変異体 (K50/57R) を発現する細胞や、プロテアソーム阻害剤を処理した細胞では、一次シリアが形成されないことから、ユビキチン・プロテアソーム系によるトリコブレインの分解が一次シリア形成に必要不可欠であることを証明した。さらに、研究分担者の五島と共同で、プロテインアレイと siRNA 法を組み合わせた網羅的な E3リガーゼスクリーニングを行い、トリコブレインをポリユビキチン化する E3リガーゼとして KCTD17を同定した。さらに、KCTD17を介したトリコブレインのポリユビキチン化は、プロテアソーム依存的な分解を引き起こすこと、さらに、この一連のシグナルが一次シリアの形成に必要不可欠であることも明らかにした。一方、トリコブレインのもつ TPHD ドメインを有する81分子について hTERT-RPE-1細胞において siRNA スクリーニングを行い、4分子が一次シリア形成を抑制することを見出し、それらの1つである Ndel1について詳細な検討を行っている。また、Aurora-A キナーゼと相互作用する分子の探索を行い、これらの中で Aurora-A の高い活性化能が認められた CCDC78に着目し、その機能解析を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 シリア・中心体系、トリコブレイン、E3リガーゼ、ユビキチン化、タンパク質分解

【研究題目】 摂食障害のプロテインアクティブアレイを用いた網羅的自己抗体スクリーニング

【研究代表者】 五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

【研究担当者】 五島 直樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

摂食障害 (Eating Disorders, ED) は食行動の重篤な障害を特徴とし神経性食欲不振症 (anorexia nervosa, AN) と神経性過食症 (bulimia nervosa, BN)、特定不

能の摂食障害 (EDNOS) に分類される。AN の特徴は食事制限、絶食、過剰な運動、排出行動 (自己誘発性嘔吐、下剤等の濫用) により正常体重の最低限の維持を拒否することである。BN はむちゃ喰いと体重増加を防ぐための代償行動 (絶食、過剰な運動、排出行動) を繰り返し著しい低体重は示さない。両者はやせ願望や肥満恐怖、自己評価が体型や体重の影響を過剰に受ける等の臨床像を共有する。思春期・青年期の女性に多く発症する。女子高校生の2002年の調査で AN0.2%、BN2.2%、EDNOS9.1%とされ ED は一般的な疾患である。近年、精神・神経疾患に関連する可能性のある自己抗体の存在が相次いで報告されている。ED においても AN および BN 患者において、血清中に alpha-melanocyte-stimulating hormone (alpha -MSH)、ACTH、LHRH に対する自己抗体が健常者に比較して高頻度にみられること (Fetissov SO et al. Proc Natl Acad Sci USA 99:17155, 2002)、alpha -MSH や adrenocorticotrophic hormone (ACTH)、oxytocin, vasopressin に対する自己抗体のレベルが健常者の ED に関連する心理行動特性と相関すること (Fetissov SO et al. Proc Natl Acad Sci USA 102: 14865, 2005) が報告された。

約2万種類のヒト抗原タンパク質が搭載されたプロテインアクティブアレイを用いて、摂食障害患者血清中の自己抗体の同定を行い、摂食障害患者血清中の自己抗体と良く反応する180種類の抗原タンパク質が搭載された F-PAA (Focused-Protein Active Array) を作製した。そして、この F-PAA を用いて、摂食障害患者 (90例) について自己抗体の探索を行った。その結果、神経性食欲不振症の ANB では、他の症例に比べて自己抗体が少ない傾向にあった。また、ANR で SOX5、ACVR2A の自己抗体が特異的に検出された。

更に詳細解析を行った結果、以下の成果が得られた。

1) 独立血清サンプルでの自己抗体の確認

AN の独立サンプルで陽性でかつ健常者で陰性であった抗原数は47であり陽性率は32%~2%であった。陽性率上位の抗原タンパク質は細胞内輸送、G 蛋白質シグナル伝達調節、消化管機能や食欲の調節、神経内分泌系のストレス反応に関与する蛋白やペプチドが含まれていた。

2) Gene Set 解析

どのような機能カテゴリーに含まれる遺伝子が、F-PAA でポジティブな抗原遺伝子として検出される傾向にあるかを調べるため、AN 患者に陽性で健常者に陰性であった47抗原の中で遺伝子のアノテーション情報が Entrez に登録されている遺伝子名と一致した44遺伝子を用いて Gene Set 解析を実施した。解析対象 Gene Set は MsigDB (Molecular Signatures Database) に登録されている C2, C5カテゴリーの ORGANISM が "Homo sapiens" である Gene Set (全遺伝子数: 20710) を用いた。FPAA 搭載遺伝子

数に対するポジティブ遺伝子の数が有意に高い Gene Set が存在しているかを調べるため、超幾何分布を用いた解析を行った。Gene Set 解析の結果、AN 患者の独立サンプルでポジティブであった抗原遺伝子は 1) Hormone_Activity、2) ReactomePepitde_Ligand_Binding_Receptors、3) Cell_Fraction、4) Receptor_Binding、5) Reactome_GPCR_Ligand_Binding (以上 $P < 0.05$)、6) Soluble_Fraction ($P < 0.1$) の Gene Set に有意に多く含まれていた。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 摂食障害、神経性食欲不振症、神経性過食症、自己抗体、プロテインアクティブアレイ、高次神経系

[研究題目] タンパク質間相互作用部位をターゲットとした新規バイオ医薬品の開発

[研究代表者] 広川 貴次 (創薬分子プロファイリング研究センター)

[研究担当者] 広川 貴次 (常勤職員1名)

[研究内容]

複合体を構成するリソソーム酵素群の遺伝子変異による複合酵素欠損が原因で、基質の過剰蓄積と中枢症状を伴って発症するリソソーム病の新規治療薬を開発する目的で、酵素タンパク質間相互作用部位をターゲットとし、X線結晶構造や患者で同定されたミスセンス変異の位置情報に基づき、分子科学計算・シミュレーションにより、1) 複合体形成非依存に単独でも酵素機能を発揮できる自立型酵素 (Self-dependent enzyme) の分子デザイン、2) 相互作用部位に結合可能な低分子化合物 (Allosteric chaperone) の in silico スクリーニング、3) 組換えカイコ絹糸腺における遺伝子発現特性を活用したリソソーム酵素複合体及び自立型酵素の大量発現と構造生物学的研究を行うとともに、4) 新規に樹立する酵素欠損症患者由来 iPS 細胞から分化誘導した培養細胞を用いた治療効果の評価システムを構築し、従来治療法が無かった神経難病に対する新規の自立型酵素補充療法やアロステリックシャペロンを用いる酵素増強療法を開発する。平成25年度では、ヒトノイラミニダーゼ2を分子標的として、構造安定化を引き起こすシアスタチン B の結合モデルと pH 依存性を分子科学計算で予測した。成果は、論文として投稿済である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] タンパク質-化合物複合体予測、薬物分子シミュレーション

[研究題目] 中心体・一次シリアと細胞周期

[研究代表者] 五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

[研究担当者] 五島 直樹 (常勤職員1名)

[研究内容]

総括班として中心体・一次シリアと細胞周期について研究を推進している。中心体は、細胞分裂期において染色体の分離・分配を制御し、静止期にある細胞では一次シリアの基底小体として働くことが知られている。多細胞生物において、細胞は、内部環境 (中心体など) から発生する情報と一次シリアや細胞間接着装置などを介して得た外部環境からの情報を統合して、その細胞周期チェックポイントを制御し、秩序だった増殖と分化を行い、巧みに組織や器官を形成・維持していると考えられる。特に、組織幹細胞において、このシリア・中心体系を経由した細胞内外からの情報のフローが、細胞周期チェックポイントをどのように制御しているのかは、細胞生物学・発生生物学における根本的命題であるが、現時点ではその詳細は不明である。本研究では、網羅的なヒト蛋白質発現リソースを構築し、インビボ及びインビトロでの蛋白質の発現および複合体形成の解析、網羅的な蛋白質の細胞内局在情報の解析を行い、トリコプレイン及びその類縁蛋白質群と中心体構成蛋白質群のプロテオミクス研究を行う。

我々の構築した世界最大のヒト蛋白質発現リソース、ハイスループット蛋白質合成技術、プロテインアクティブアレイの特徴を生かし、プロテオームワイドなシリア-中心体系の解析研究を行った。シリア形成の制御に重要な機能を持つトリコプレインは、Trichohyalin/Plectin Homology Domain (TPHD) ドメインをもつことから、TPHD 様の構造を有する97個の蛋白質群を同定した。これら97個の TPHD 蛋白質を培養細胞で強制発現してそれらの局在を確認した。次に、これら候補蛋白質の siRNAi によるノックダウン実験を行い、シリア形成に関連する因子の特定を行った。

トリコプレイン類縁蛋白質の網羅的機能解析

(a) TPHD ドメインをもつ中心体局在蛋白質群の解析

今回、トリコプレインのもつ TPHD ドメインを有する81分子について hTERT-RPE-1細胞における siRNA スクリーニングを行った。その結果、4分子が一次シリア形成を抑制することが示唆された。それらの1つである Ndel1は中心体蛋白質で、神経発生や細胞分裂など様々な現象への関与が知られおり、Ndel1のノックアウトマウスは初期胚致死であることが報告されている。増殖中の RPE-1細胞において Ndel1を siRNA によりノックダウンしたところ、48時間後に約40%の細胞が一次シリアを形成し、G0期での細胞周期停止がみられた。IFT20とのダブルノックダウン実験により、この細胞増殖の停止は一次シリア依存性であることが示唆された。また、血清飢餓により一次シリアを形成し細胞増殖が停止した細胞に血清を加えたところ、Ndel1をノックダウンした細胞では細胞周期への再進入が見られなかった。Ndel1は中心体の sub-distal appendage に局在し、その局在は Odf2依

存的であった。また、血清飢餓による一次シリア形成時には局在の変化は見られなかった。さらに共同研究者の A03計画班の広常(阪市大)らにより、Ndel1の hypomorphic mutant マウスの腎臓では、生後0日齢において尿細管の一次シリアが野生型と比べ長く、若干の細胞増殖の低下がみられることが明らかとなった。以上より、Ndel1の欠損は一次シリアの形成を引き起こし、細胞増殖を阻害することが示唆された。

(b) coiled-coil domain (CCD) をもつ中心体局在蛋白質群の解析

Aurora-A キナーゼは中心体に局在し、分裂期で多数の役割を果たす蛋白質である。また Aurora-A は種々のがんで過剰発現が報告されており、それを標的とした阻害剤の臨床研究 (Phase I, II) が進んでいる。Aurora-A の阻害は、がん細胞を細胞死に導くことは知られていたが、我々は正常細胞においては細胞周期の G0/G1での停止を誘導することを報告した (*J. Cell Biol.*, 2012)。このような背景から、我々は、Aurora-A キナーゼと相互作用する分子の探索を行った。そのために、coiled-coil domain (CCD) をもつ蛋白質に着目した。CCD は、蛋白質全体の3-5%を占められていると言われているが、中心体蛋白質に限るとそのうち60%が CCD を持つと言われている。CCD をもつ中心体局在蛋白質のうち Aurora-A キナーゼと相互作用する蛋白質をスクリーニングし、さらに Aurora-A の活性化を調べたところ、5つの候補蛋白質に絞ることができた。その中から、最も Aurora-A の活性化能が強い CCDC78に着目し機能解析を行った。正常に近い細胞である RPE1細胞を用いて CCDC78をノックダウンしたところ、Aurora-A ノックダウンでみられるような、細胞周期の停止はみられなかった。しかし、がん細胞である HeLa 細胞では、分裂期において Multi-polar を示すものが多く見られた。また、二重チミジン同調からのリリース後の CCDC78の経時的変化をみると、細胞周期を通じて存在はするものの、分裂期進入後の量の増加が認められた。また局在を観察したところ、紡錘体極上に染色像が得られ、中心体付近に存在し、分裂期に作用している可能性が示された

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 中心体、1次シリア、細胞周期、組織形成、器官形成、細胞間ネットワーク

[研究題目] ヒト由来膜タンパク質の NMR 構造解析に向けた基盤研究

[研究代表者] 竹内 恒 (創薬分子プロファイリング研究センター)

[研究担当者] 竹内 恒 (常勤職員1名)

[研究内容]

ミトコンドリアは、生体機能の維持に不可欠なエネルギー

生産、代謝物の生合成を司る真核生物の細胞小器官である。この機能発現の中核を担うミトコンドリアトランスポーター (MTP) はミトコンドリア内膜に存在する膜蛋白質群で、様々な低分子代謝原料をミトコンドリアに供給するとともに、代謝産物を細胞質に輸送する。またヒト遺伝子中にある約50種の MTP のうち少なくとも13種が病態関連遺伝子であり、MTP の重要性は明らかである。本研究は MTP の発現精製系を確立し、立体構造を解析することにより、その輸送メカニズムを解明することを目的とする。これまでに、ヒトの疾患との関連が明らかな13種の MTP について発現系を構築し、発現、可溶化、精製の検討を行った。大腸菌における発現試みたところ、UCP1、ORC1、CAC、ODC (36K) と GC1 (38K) で良好な発現量が観察されたものの、発現した MTP はすべて不要性画分に移行し、様々な界面活性剤をもちいた可溶化を検討したが、十分な効率での可溶化には成功していなかった。そこで本年度はこれらのタンパク質のメタノール資化酵母における発現を行った。MTP が導入された細胞は200 μ g/ml の zeosin を用いてセレクションを行った。各コンストラクトにつき3つの異なるコロニーを選択し、0.8%メタノールによる誘導開始後2日間にわたり発現誘導を行った。細胞を回収後、ソニケーションにより破壊し、不溶性の破碎後断片などを遠心で除去した。遠心上清を SDS-PAGE に供し、タンパク質 C 末端に付加した myc-tag による WB で発現の確認を行った結果、UCP1、UCP3、CIC、AAC1、GC1、SLC25A38などが、予想された分子量かつ可溶画分に発現することが確認された。3つのコロニー間で発現量には違いが見られ、ゲノムに導入されたコピー数が異なっていることが示唆された。これらのタンパク質は発現時に膜画分に存在すると考えられた。そこで1%の CAPS, Sarkosyl, ZW3-14, CTAB, Epigene BB, ne BB, AB, 見られ、ゲノムに導入され Cholate, Sucrose monolaurate, β OG 等による可溶化の検討を行った。30分、室温での可溶化を行い、その遠心上清を WB に供し、上清に保持された MTP の量を比較した。その結果、例えば UCP1では CATB, β NG 等が良好な結果を与えることが分かった。全体を通じて比較を行うと、zw3-14, β NG が平均的に良い結果を与えた。今後は、C 末端に位置する His*6-tag を用いた精製を進めていく。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 膜タンパク質、タンパク質大量発現、ミトコンドリア、酵母

[研究題目] 網羅的自己抗体プロファイリング法に基づく免疫性神経疾患の病態解明と治療戦略の構築

[研究代表者] 五島 直樹 (創薬分子プロファイリング研究センター)

〔研究担当者〕 五島 直樹（常勤職員1名）

〔研究内容〕

自己免疫性神経疾患や傍腫瘍性神経疾患の発症に、自己抗体が関与することは古くから知られている。しかしながら、最近になっても、新しい自己抗体が見出され続けている、例を挙げると、精巣腫瘍に伴って著明な錐体外路症候を示す疾患における抗 Ma2抗体、卵巣奇形種に伴って発症する非ヘルペス性辺縁脳炎における抗 NR1/NR2 heteromer 抗体、“アジア型の多発性硬化症”（neuromyelitis optica）における抗アクアポリン4抗体など、新たな自己抗体の発見が続いている。生理的な構造を維持したタンパクを網羅的に搭載したプロテインアレイを用いて、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患について、その病態に関与する抗体群を体系的に、網羅的に明らかにする。これらの疾患の発症に関与する新規の抗体を全て明らかにすると共に、それぞれの疾患、それぞれの症例において病態に関与する複数の抗体をすべて明らかにする。これらの成果に基づき、臨床試験として汎用性の高いプロテインアレイの構築をし、診断法を確立するとともに、最適な治療法を確立することを目指す。

ヒトタンパク質（約19,000種類）を未変性状態で網羅的に搭載したプロテインアレイを用いて、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患について、その病態に関与する抗体群を体系的に、網羅的に明らかにしている。これまでに、各疾患ごとにグルーピングを行い、患者血清のミクスチャーをもちいて自己抗体のプロファイリングを行った。その結果、疾患ごとに得られた自己抗体データをもとに892タンパク質を搭載する免疫性神経疾患特異的プロテインアレイを作製し、同じ疾患の検体数を増やして共通性の高いマーカー自己抗体群を特定した。

既知の Yo 抗体陽性の患者血清（ELISA 法による測定）に関しては、ほとんどの血清でプロテインアレイでも CDR2タンパク質スポットがポジティブに検出され、アレイの有効性が確認できた。さらに、疾患特異的自己抗体の解析を行った。その結果は、論文に発表予定である。

今後、免疫性神経疾患の診断用アレイの開発を視野に入れて、高度先進医療、装置開発を行う予定である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 自己抗体プロファイリング、自己免疫性神経疾患、傍腫瘍性神経疾患、プロテインアレイ、疾患特異的アレイ

〔研究題目〕 薄膜シリコン成長時の半導体特性評価法の開発と欠陥形成機構の解明

〔研究代表者〕 布村 正太

（太陽光発電工学研究センター）

〔研究担当者〕 布村 正太（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、プラズマプロセス下における薄膜シリコンの半導体特性をその場評価し、薄膜成長時の欠陥形成のメカニズムを明らかにすることを目標としている。本年度は、昨年度開発した光電流測定法を様々な成長条件下の薄膜シリコンに適用し以下の知見を得た。

- 1) 薄膜成長時の光電流の時間発展から、プラズマ CVD プロセス下の薄膜の表面近傍には欠陥量の多い表面欠陥層が形成されること明らかにした。表面欠陥層の厚みは約20nm 以下である。また、表面欠陥層の下側に、欠陥量の少ないバルク層が形成し、成膜時間とともに成長することを示した。
- 2) 薄膜成長時の薄膜シリコンのキャリア輸送特性は、成長温度に強く依存し、最適な成長温度は200度±20度であることを見出した。
- 3) 薄膜シリコンのキャリア輸送特性が、成長後（ポストアニール時）に大幅に向上（改善）することを見出した。この輸送特性の改善は、成膜中に形成された欠陥のアニーリングに起因し、アニールに要する活性化エネルギーが0.53eV となることを見出した。デバイス特性との比較を行い、本ポストアニールが、デバイス特性を決定づける重要な役割を担うことを示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、半導体、診断技術

〔研究題目〕 シリコン系ナノ結晶表面での多重励起子の生成

〔研究代表者〕 ブラジミール シュブルチェック
（太陽光発電工学研究センター）

〔研究担当者〕 Lozach Mickael（常勤職員1名）

〔研究内容〕

量子閉じ込め効果を有するシリコンナノ結晶（Si-ncs）は未来の太陽電池材料の候補の一つとして期待できる。特に、直接遷移型でバンドギャップが小さい材料の開発が量子閉じ込め効果を改善するうえで重要である。これを目的として、JSPS の研究員を招いてシリコンスズ ナノ結晶（SiSn-ncs）合金材料の開発をこれまで半年間おこなってきた。SiSn-ncs はナノ秒のパルスレーザーを脱イオン水中に設置した SiSn のターゲットに照射することで合成した。また、この実験では、PTB7 共役高分子材料と SiSn-ncs を組み合わせたハイブリッド層を太陽電池の光吸収層として用いた。SiSn-ncs の合成条件と太陽電池特性の関係を調べた結果、25mg の PTB7 と SiSn の混合物（SiSn: 40wt.%）を9ml のクロロベンゼンに溶かした条件が最適となり、SiSn-ncs を用いた太陽電池の変換効率は従来の（Sn を含まない）Si-ncs 太陽電池の変換効率を上回ることが明らかとなった。具体的には、SiSn-ncs を用いた太陽電池の短絡電流密度は $7.7 \times 10^{-2} \text{mA/cm}^2$ であり、Si-ncs で得られた短絡電流密度 $6.7 \times 10^{-2} \text{mA/cm}^2$ よりも高い値が得られた。この短絡電流密度の改善は、スズの添加により材料がナ

ローギャップ化したことが一つの要因として考えられ、吸収スペクトルから見積もられた SiSn-ncs のバンドギャップは約0.85eV であった。さらに、SiSn-ncs 太陽電池では経時的な特性安定性においても大幅な改善が認められた。赤外分光スペクトル (FTIR) の解析結果から、材料の安定化は SiSn-ncs に含まれる酸素濃度が非常に低いことに起因して、酸化による PTB7 の特性劣化を抑制できたことによるものと考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】シリコン系ナノ、多重励起子の生成

【研究題目】視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究

【研究代表者】池内 克史 (東京大学)

【研究担当者】中岡 慎一郎 (知能システム研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

本提案研究課題では、視覚・聴覚を利用した、アクティブかつ動的なロボットのための見まね学習の枠組みを構築することを目的とし、日本の伝統的な舞踊動作を対象として、視覚情報に基づく舞踊動作の本質的な構造の理解と、聴覚情報に基づく実行時に演奏される音楽リズムのリアルタイムな把握による、その場その場のリズム合った舞踊動作生成が可能な二足歩行ヒューマノイドロボットの実現を目指している。

産総研は、見まね学習システムの上位層で生成した動作軌道の実ロボットへの適用を分担しており、これまでエジンバラ大学の幸村琢准教授と共同で、身体部位間の総合的な相対位置関係を表現する「インタラクションメッシュ」技法をロボットの動作軌道生成に適用する手法の開発を行ってきた。本年度はこの手法の改良として、関節角度制約や関節角速度制約を不等式条件付きの二次計画問題として解くシステムを設計し、この実装を行った。これにより、元の動作が身体部位間の近接を含む場合でも、ロボットへの適用時に干渉を避けつつ、関節角度と関節角速度をロボット実機の制約内に確実に収めることが可能となり、多様な動作軌道を実ロボットへ適用することが可能となった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】二足歩行ヒューマノイドロボット、見まね学習、動作軌道適用

【研究題目】胎児・新生児シミュレーションに基づく初期発達原理とその障害の解明

【研究代表者】國吉 康夫 (東京大学)

【研究担当者】長久保 晶彦 (知能システム研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、胎児期から乳児期までの連続的発達シミュレーションを構築し、環境条件を変化させつつ実

験することで、発達の基本原理と発達障害のメカニズムを構成論的に解明し、これに基づく発達障害の包括的診断方法、支援法・支援技術の構築を行うこと、また、実験結果の定量比較や診断用定量指標のために胎児・新生児用の認知運動計測・解析の新手法を開発することで、胎児期から乳児期の範囲を対象に各種の知見を統合するモデルと定量化手法の提供を行うことである。25年度は、これまでの胎児発達のシミュレーション実験を踏まえ、臨床データと定量比較するための胎児・新生児の認知運動計測の高度化を行う皮膚感覚計測センサの開発などを進めた。皮膚感覚計測センサについては、導電繊維による柔軟性、高感度性と広ダイナミックレンジ、非接触方式による高耐久性などとともに、計測回路が比較的複雑化しやすい静電容量方式において簡素な回路構成でありながら外来ノイズの影響を受けにくい計測手法などを特徴としている。柔軟な本センサは、新生児の運動計測用途に適するとともに、組込 MPU による小型化もしやすいことから発達シミュレーション用ロボットの感覚運動統合実験にも有用なものとなっている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】認知発達、ロボティクス、皮膚感覚センサ

【研究題目】直観的理解の容易さと合理的根拠を兼ね備えた医療の質評価内容の表現法および計算法

【研究代表者】高木 理 (群馬大学)

【研究担当者】和泉 憲明 (知能システム研究部門)
(常勤職員1名)

【研究内容】

一般に、医療・教育・行政などの公共サービスは、属人的要素も大きいサービスであり、サービスの質に関する記述を正確に表現・測定・計算することが難しいため、利用者が適切なサービスの選択に困難を有している。

本研究の目標は、医療サービスに関する質指標の定義と、その値の計算プロセスを対象として、医療者の言葉の問題、システム視点と医療視点のズレの問題、および、指標化の不統一性の3つの観点から、課題分析と問題解決を行うことである。そこで、一般の利用者による可読性を高めつつ、計算可能な表現法を確立させるために、従来の文章による分け方や1階述語論理に基づく集合による分け方によって質指標を構成するのではなく、サービス評価のための指標独特の構造と、医療指標に用いられる用語の定義部分との再帰的な組み合わせにより構成する。

ここでは、医療サービスの質指標定義を分かりやすく、かつ、医療データベースの検索クエリに直接変換できる程度に正確な記述が可能となる質指標表現システムを開発するとともに、このシステムにより、医療に関する専門知識の有無を問わない人でも質指標が設計可能になる

ように、支援方法論を検討した。そして、群馬大学や北里大学と連携して、実際に医療現場でのサービス記述を収集し、医療サービスのアセスメントに関する記述パターンを分類した。そして、そのパターンを構成単位として、医療サービスの質評価に関する概念階層（医療サービスアセスメントオントロジー）を構築した。さらに、構築した概念階層に基づいて、具体的な質指標評価のモデル構築を支援するプロセスを定義し、既存手法との比較などから優位性を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】公共サービス評価、サービス質指標、統合データベース

【研究題目】人側／装置側の両者の力触覚機能向上による新しい医用力覚呈示システム

【研究代表者】栗田 雄一（広島大学）

【研究担当者】栗田 雄一、辻 敏夫、恵木 浩之（広島大学）、永田 和之（知能システム研究部門）（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本研究の目的は、ハプティックレコーダの要素技術の一つである「力覚の拡張現実感提示」を腹腔鏡手術トレーニングなどの医療トレーニングに応用し、より現実感のあるトレーニング評価が行えるようにすることである。ハプティックレコーダとは記録・再生型の力覚提示デバイスのことで、力覚の拡張現実感提示とは、臓器を模した補助物体に力覚提示デバイスで実操作を加え、補助物体からの反力に力覚提示デバイスにより作られた仮想反力を重畳することで、模擬臓器上に仮想的な病変や複雑な脈管を作りユーザに提示するもので、世界に先駆けて産総研で提案され特許が成立している。今年度は、医療タスクとして穿刺を取り上げ、ハプティックレコーダの力覚拡張現実感提示に加え、補助物体を能動的に動かすことで粘弾性特性を変化させるという新たな能動的力覚拡張現実感提示手法を提案した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】力覚の拡張現実感提示、腹腔鏡手術、医療トレーニング

【研究題目】人とかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動

【研究代表者】松本 吉央（知能システム研究部門）

【研究担当者】松本 吉央、脇田 優仁、吉川 雅博、田中 花央理（知能システム研究部門）、石黒 浩、中村 泰（大阪大学）、住谷 昌彦（東京大学）、宮尾 益知（成育医療研究センター）（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

本年度は、前年度までの研究成果を踏まえながら、本

学術領域全体の目標である「ロボットによるよい聞き手の実現」へ向けた研究および成果の取りまとめを行った。研究プラットフォームとしては、昨年度までに開発した人の動きや表情に同調して動くことが可能なアンドロイドの女性・男性版を利用し、アンドロイドの遠隔操作システムについては、ソフトウェアの全面的な改良を行うことで、操作性の向上と拡張容易性を実現した。

また、人に酷似したアンドロイドの心理的な受け取られ方を調べるため、アンドロイドを海外（Robotics Lab, National Institute for Experimental Arts, College of Fine Arts, University of New South Wales, シドニー）に持って行き、デモンストレーションを行い、反応を観察した。また昨年度行ったアンドロイドの遠隔操作時にオペレータが感じる違和感の SCR（皮膚抵抗値）による定量化実験を、オーストラリア人研究者を対象に行った。その結果、これまでの日本人研究者を対象とした場合と同様に「同調的な操作」をしているときは、そうでない場合と比べて SCR の反応が有意に大きくなることが分かった。

また、発達障害児のソーシャルスキル学習のためにアンドロイドを利用することに関して、病院でのデモンストレーションを行い、ロボットとのアイコンタクトや共同注意がどの程度成立するかについての観察を行った。また、領域内の A02班と協業し、アンドロイドの認知心理実験の結果の分析を行い、成果の取りまとめを行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、アンドロイド、コミュニケーション、同調、制御、心理、認知

【研究題目】柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向運動に関する研究

【研究代表者】喜多 泰代（知能システム研究部門）

【研究担当者】喜多 泰代、喜多 伸之、植芝 俊夫、金広 文男、森澤 光晴（常勤職員5名）

【研究内容】

本研究は、ロボットが衣類のように操作中に形が大きく変化する柔軟物を視覚的に認識しながら自然に扱うことを可能とし、将来的に、高齢者や要介護者の日常生活支援に役立てることを目指す。本研究期間内では、アクションと視覚認識の相互運動に着目し、柔軟物を確実に連続操作できる基盤技術の確立を目指す。

平成25年度は、4年計画の最終年度である。前年度までの研究成果を基盤として、「任意の形状で置かれたトレーナを取り上げてたたむ」というタスクを遂行する試行システムを構築した。まず、一連の動作を、最初は未知である「対象衣類の状態」の推定が行えた時点を節目として、推定以前と推定後に分類して体系づけた。推定以前の処理に関しては、前年度までの開発手法を組み合わせで構築したうえで、さらに、多視点の観測データを

活用する状態推定法を新たに開発し、頑健性を向上させた。推定後の処理では、タスク遂行のための持ち替え操作を行うと同時に、計算機内部に持つ対象衣類の柔軟モデルにもその操作により生じる形状変化を加えて操作後の形状を予測し、常に実際の状態と計算機内部のモデル形状を同期させる方針を提案した。この予測形状を観測データに重ね合わせることで、持ち替え動作時の形状変化をトップダウン型に追跡し、次の動作の把持部を集中的に観測することにより、その把持プランの自動生成に必要な情報を頑健に抽出することを実現した。このシステムを用い、柔軟性の異なる2枚のトレーナを対象として、机上からの持ち上げから折りたたみまでの複雑な一連動作を自律的に行う可能性を示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】コンピュータビジョン、ロボット

【研究題目】確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究

【研究代表者】麻生 英樹（知能システム研究部門）

【研究担当者】麻生 英樹、橋田 浩一（知能システム研究部門）、赤穂 昭太郎、神嶋 敏弘、城 真範、森田 瑞樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）
（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

近年、情報化の進展により、臨床医療の現場にも多くの情報機器が導入され、電子的な治療記録や各種の医療機器からの情報など、膨大なデータが電子的に蓄積されるようになってきている。本研究項目では、こうした日常の診療行為の中で生み出される膨大な臨床情報をより高度に活用して、医療過程の質を持続的に向上させるために役立つ新たな統計解析手法を開発することを目的とする研究を実施した。研究計画3年目（最終年度）の平成25年度には以下のような成果を得た。①昨年度に引き続き心不全に関する処方薬剤の成分、分量、分類に関するオントロジーを整備した。②整備した薬剤オントロジーを用いて、薬剤の最適な分類粒度に関する検討を行い、医師処方への予測精度の観点からは大分類を用いることが適切という結果を得た。③膨大なデータの中から医師にとって興味深い情報を含む部分を抽出するための手法を提案して、心不全患者のデータに適用し、有効性を検証した。④医療臨床データを医師にとってわかりやすく可視化する手法について検討し、データの可視化・抽出ツールを構築した。本ツールで興味深いデータを選択・抽出して、昨年度までに開発した強化学習・逆強化学習ツールで分析をするという連携を可能にした。⑤研究成果の普及と深化のために「医療臨床データへの MDP/POMDP の応用に関するワークショップ」を開催した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】確率関係モデル、データマイニング、医

療臨床データ

【研究題目】対象物の柔軟性を考慮した組み立て作業計画

【研究代表者】原田 研介（知能システム研究部門）

【研究担当者】原田 研介、音田 弘、山野辺 夏樹、吉田 英一、永田 和之
（常勤職員5名）

【研究内容】

柔軟性を有する部品の組み立て作業において、組み立ての接触状態の系列に基づいて組み立て作業を計画するアルゴリズムを構築し、部品の位置・姿勢と部品同士の接触状態に関する軌道を導出した。また、手首に取り付けた力・トルクセンサの値より、ロボットがどのような状態にあるかを確率的に判定する手法を構築し、有効性を確認した。さらに、提案する手法を計算速度や成功率の観点から評価した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】組立作業、ロボット、柔軟性

【研究題目】スマートモビリティと環境固定センサ群の相互支援による走行時リスク検出法の開発

【研究代表者】佐藤 雄隆（知能システム研究部門）

【研究担当者】佐藤 雄隆（常勤職員1名）

【研究内容】

歩行者とも共存しながら移動する一人乗り移動機器において、車載センサと環境側に設置された固定センサ群の情報を自動的に協調・統合し用いることで、走行時のリスク検出を行う技術について研究を行った。

まず環境光の変動に対するロバスト性向上に関する検討を行った。画像中の画素単位の共起性に注目することで、外乱の影響を大幅に低減しつつ画像の変化を検出する方法を開発・導入した。これにより、環境光の変化が大きい場合であっても、固定センサ群からの移動体検出精度を高く保つことが可能であることを明らかにした。一方、車載センサによる自己位置推定に関して、その精度と安定性が大きく低下する場合があります、改善が必要であることがわかった。具体的には、車載センサの1つとして用いているステレオカメラが、例えば白壁のみの部屋のようにテクスチャが乏しい環境に置かれた場合等に十分な信頼性を持ったデータを出力できていない場合があることがわかった。したがって、このような条件であっても安定に情報を取得するためにアクティブタイプのRGB-D カメラの導入を検討した。同カメラを用いることで、前述のような問題を解決可能であることを確認したが、更なる精度向上のために複数台を同時に用いた場合、むしろ精度が低下する問題が発生した。問題の解析と検証実験を重ねた結果、原因がRGB-D カメラから得られる3次元データの（個体差がある）歪みによるもの

であることが明らかとなった。したがってこの歪みを較正するための手法を開発し、複数台の RGB-D カメラで精度良く自己位置推定を行うことを可能にした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】画像情報処理、情報センシング、センサ融合・統合、知能ロボット、生活支援技術

【研究題目】モノアイの研究

【研究代表者】角 保志（知能システム研究部門）

【研究担当者】角 保志、金 奉根、田中 秀幸
（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究は、自律移動ロボットの画像情報に基づくナビゲーションに関する新しい方法論の提案を目標とする。これまで様々な形で蓄積されてきた画像処理プログラム資産を利用して、走行経路に最適なビジョンベースナビゲーションシステムを自動構築する手法の確立を目指す。

本研究計画においては、自律移動ロボットが利用できる様々なランドマーク検出プログラムのソフトウェア構造を分析し、その共通 API を明らかにする。画像入力には、上下左右とズーム制御が可能なカメラ（モノアイ）を採用し、ランドマーク検出に基づく屋外・屋外環境で自律移動できる移動ロボットプラットフォームを開発する。また、環境構造化技術を積極的に利用し、マーカや標識などを利用する技術を追究する。さらに、ランドマークをシミュレートするための環境モデリングの研究と移動ロボットの経路計画に関する研究を実施する。

平成25年度は、前年度までに高精度マーカに関して大きな成果が得られたので、これを仮想的なランドマークと仮定して、検出アルゴリズム API の初期バージョンを策定した。これは、環境構造化技術に基づくランドマーク検出と通常のランドマーク検出の共通 API の策定につながるものと期待される。

また、今年度は、移動ロボットプラットフォームを用いたランドマーク検出に基づく自律移動の実証実験を実施した。前年度までに開発した移動ロボットプラットフォームの機構をブラッシュアップし、精密な移動ロボット位置決め実証実験を実施可能な性能を達成した。加えて、モノアイによって仮想的なランドマーク（マーカ）の自動検出と、その結果として達成できるグローバルな高精度自己位置推定結果に基づくナビゲーションのためのソフトウェアを整備した。さらに、屋内外の通常環境下での実証実験に備え、衝突回避のための安全センサ等の安全関連系の整備も行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】移動ロボット、ランドマーク検出、ナビゲーション

【研究題目】Beyond multi-contact planning

【研究代表者】Kheddar Abderrahmane
（知能システム研究部門）

【研究担当者】Kheddar Abderrahmane、金子 健二、吉田 英一、Adrien Escande、Joris Vaillant、Stanislas Brossette
（常勤職員2名、他4名）

【研究内容】

本研究では、仮想アバターやヒューマノイドロボットなど、多自由度を持つ動作主体の制御のための多点接触計画・制御（Multi-Contact Planning）手法の飛躍的な前進を目指す。複雑な環境下での動作生成を自動化する新機能を開発し、そのデモンストレーションを行う。当研究グループが世界をリードする当該分野での知見に基づき、新しい機能を構築するための基礎研究を推進する。具体的には、動的運動プリミティブ（Dynamic Motion Primitives）と機械学習を使用した接触探索手法の機能向上を目指し、さらに、多点接触運動における人間動作の特徴量抽出により、複雑な人間動作の理解と多点接点計画における探索を効率化にも取り組む。

平成25年度は、より多様な環境に対応可能な多点接触動作計画の開発を行い、多点接触の姿勢最適化に使用する接触モデルの精度と汎用性の向上、多点接触動作の計画・制御手法の滑りを含む接触と運動への拡張を行った。また、3次元点群データ（point cloud）からの平面抽出に基づく3次元多点接触計画手法を構築するとともに、予見制御に基づく多点接触を伴う全身動作を安定化手法の開発を行った。これらの手法の有効性を、主に動力学シミュレーションにより検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマンモデル、多点接触動作、機械学習、ダイナミクス、最適化

【研究題目】把握技能における指の協調関係と機能の解明

【研究代表者】永田 和之（知能システム研究部門）

【研究担当者】永田 和之、山野辺 夏樹
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目的は、人の手指による把持・操作を力学的・運動学的に計測することで、指の協調関係と機能を明らかにし、その知見をロボットハンドによる把持・操作の作業戦略に適用することである。今年度は、把持・操作における手指の運動と指先力を同時に計測できる把持計測システムを用い、親指・人差指・中指による三本指把持の内力分析を行った。把持内力の分析により、指の機能的分離形式を導出することができる。三本指把持の内力を、親指の接触点に原点を置き、親指の内力方向を座標軸の一つとした座標系で記述し、かつ親指の内力の大きさを各指内力の大きさを除して正規化することで、

三本指把持の内力は2つの独立なパラメータで表現できる。このうち一つのパラメータは人差指・中指の内力と親指の内力との対向度を表し、もう一つのパラメータは人差指と中指の内力の平行度を表す。三本指把持の内力として、Cutkosky の分類による circular precision と prismatic precision、および複合型である pivot タイプ（対象物の平行な面を二本指で把持し、平行面と直交する面を人差指で押える把持）の三つの把持形態についてデータ収集を行った。この三つの把持形態の内力について、親指との対向度と、人差指・中指の内力の並行度の観点から統計分析を行い、把持の外観は同じでも力の入れ方が本質的に異なる場合があることを示した。また、把持形態が circular precision である場合、人差指と中指の間の内力は、把持物体の形状に依存して受動的に発生するもので prismatic precision と本質的に変わらないと解釈できることを示した。これにより三本指把持は、力学的には prismatic precision と pivot の二つのタイプに分類でき、内力分布を KKZ 法でクラスタリングし、二つのタイプの把持のコードブックを得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボットハンド、把持、操作、運動計測、可視化

【研究題目】他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究

【研究代表者】本間 敬子(知能システム研究部門)

【研究担当者】本間 敬子、薄葉 眞理子
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究では、機器を用いた他動運動が末梢組織の循環状態に与える影響に関する研究の成果を踏まえて、他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果について、実験的に明らかにすることを目的とする。本年度は以下を実施した。

前年度に実施した被験者実験により得られたデータについて、長時間の足部下垂に伴う下肢の浮腫状態の変化、および下肢で計測した組織血流量と酸素飽和度の関係に着目して解析を行った。下肢の浮腫状態の変化については、足部体積（排水法）、内外果周径、土踏まず周径、および足関節周径（Figure of 8法）について、車いす座位による安静の開始時と同終了時の測定値を比較した。その結果、麻痺側の足部体積および足関節周径について、有意な増加が見られた。一方、浮腫の原因となっている下肢の循環不全の指標として、血流に関する生体情報である組織血流量と血中酸素飽和度の関係について検討した。それぞれ計測開始から30分ごとに、5分間の平均値を算出して、両者を比較したところ、組織血流量および酸素飽和度のいずれも、麻痺側の値が非麻痺側の値に比べて有意に低い値を示したが、経時的挙動については、いずれも有意な変化は認められなかった。一方、組織血

流量と酸素飽和度の関係を2次元グラフ上で検討したところ、麻痺側と非麻痺側のデータの分布状態は明確に区分され、両者の組み合わせから循環状態を推定できる可能性が示唆された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】他動運動機器、末梢循環状態

【研究題目】ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究

【研究代表者】岩田 拓也(知能システム研究部門)

【研究担当者】岩田 拓也(常勤職員1名)

【研究内容】

平成25年度は、ダイバーシティ制御の角加速度センサを用いた新しい方法によるロール角姿勢制御を行った。前年度に実施した従来型の角速度センサフィードバックは、サンプリング周波数を高めることで、ロール角の浅い領域での安定した姿勢制御が可能となった。これにより、姿勢制御限界角に到達する外乱条件が大きくなり、制御限界外で本質安全による飛行保持を行うモードへの移行条件が緩和できるようになった。ロール中心に設置した角速度センサ（ジャイロセンサ）でロール角速度を検知する方法では、センサの角速度検出分解能に応じたロールが実際に発生するため、ゼロ点付近での摂動が発生する。この問題を解決するため、ロール中心から最大限距離をとりイナーシャを最大限とする点で変化量を大きく検出する角加速度センサの考案を行った。左右中央の3つの加速度センサの差分を識別することで、状態推定を行う角加速度センサによりダイナミックインバージョン制御で外乱に対する力覚制御を行う。しかしこの方式は、差分処理に比較的広域のハイパスフィルタを必要とするため、実質サンプリング周波数が低下する。そこで、サンプリング周波数の上がった角速度センサ（ジャイロセンサ）フィードバックと組み合わせることで、比較的周波数の低い摂動運動を抑制する効果が得られることが明らかとなった。摂動の高周波数成分の抑制性能は、角加速度センサのハイパスフィルタの性能向上が鍵となることが分かった。これらの成果を利用して、新潟スカイプロジェクトにて、推進機関であるターボジェットエンジンの研究開発と、電動高推力2軸制御アクチュエータの開発、炭素繊維複合材による軽量構造機体の開発を実施し、ウイングスパン10m、離陸総重量148kg、総推力800Nf 双発ターボジェットエンジン搭載の振子安定制御式無人航空機を製作。研究成果の実応用を目指す。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無人航空機、飛行ロボット、姿勢制御

【研究題目】作業プログラムの機能的構造を用いた自動チューニングに関する研究

【研究代表者】音田 弘(知能システム研究部門)

【研究担当者】音田 弘、尹 祐根(常勤職員2名)

〔研究内容〕

本研究では、知能ロボットの作業プログラムの自動チューニングについて、作業プログラムの意味的構造を元に自動チューニングを行う手法の基礎を確立することを目的としている。モジュール化された作業プログラムの個々の性能を考慮し全体の最適化を行うには、異なる条件下で作成されたモジュールを接続・比較可能とした上での評価法が必要となる。具体的には、認識・行動系の構造に基づく感度解析を元に、作業プログラムの仕様の実現度をシミュレーションで評価し自動チューニングを行う新しいチューニング手法を提案・開発し、その有効性を実験により実証する。

本年度は、仮想環境における配置の導出・構築と作業の不確かさの計測と解析、仮想環境における配置での作業構造データの可視化と作業の不確かさのシミュレーションを行った。仮想環境における配置の導出・構築と作業の不確かさの計測と解析では、前年度に構築した仮想環境下で、作業プログラムにより作業を実行し、実行系と作業プログラムのマッチングの度合い、作業仕様の実現度を計測した。仮想環境における配置での作業構造データの可視化と作業の不確かさのシミュレーションでは、作業構造データ（認識・計画・実行系の感度解析の結果および作業プログラムの構造）を、仮想空間内にベクトルで可視化した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 知能ロボット、スキルトランスファー、自動チューニング、作業プログラミング

〔研究題目〕 グラフオートマトン上の自己組織的な振動生成と構造遷移

〔研究代表者〕 富田 康治（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 富田 康治、黒河 治久、神村 明哉
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

グラフオートマトンは、構造を変化させるルールと、ルールの適用を制約する構造との間の相互作用を記述する数理モデルである。これは静的な格子構造の上での格子点における状態変化を扱うセルオートマトンを、動的なグラフ構造に拡張したものといえ、より豊かな表現力をもつ。この枠組み上の構造の生成とその解析に関する研究を進展させ、局所的に周期的動作する構造がグラフ上に分散し相互作用する系の自己組織過程を考え、動的な構造の自己組織化の研究に資することが本研究の目的である。

このような場合、振動子のネットワークに位相関係を形成するという自己組織化と、グラフ構造によって振動子を形成する自己組織化とが同時に起こる。本年度は振動的な状態あるいは構造変化を行うルールの実行に着目した。特にノード数の少ないグラフ構造における典型的な例に着目し、初期構造やルールセットを記述し、構造

変化や状態数などの性質を検討した。これらはノード数を変化させるルールを含む場合と含まない場合がある。また、より直接的に位相を導入して各ノードを振動子として取扱い、各々がパルス結合された場合の振る舞いについても昨年度に引き続き検討を進めた。周囲のノードが局所的に同期した時に限りグラフオートマトンのルールを実行するというモデルに関して、これらを実験するためのシミュレーションを行い、動作を確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 自己組織化、振動子、グラフオートマトン、動的ネットワーク、複雑系

〔研究題目〕 ベッド上空間スイッチによるロボットの作業指示

〔研究代表者〕 脇田 優仁（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 脇田 優仁、田中 秀幸
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

日常生活環境内での移動に障害のある患者等が、ベッド上においてユーザが望む対象物を簡単な指示で把持するロボットアームシステムの実現を目指し、ロボットアームと、ベッドのシーツを投影面とするプロジェクタ及び、ベッド上のユーザの手の位置のモニタリングのための3D スキャナの統合システムの構築を目標とする。シーツ上に投影されるロボットの作業環境のモニタリング画像及び様々なキャラクタ画像の上にユーザが手をかざすことで、作業指示のためのジェスチャとみなして、その指示に従ってロボットに作業を行わせる。ジェスチャとして、かざされた手の位置を3D スキャナで計測し、ユーザの意図を解釈するシステムを構成する。ロボットアームとして KINOVA 社製の JACO アームと3D スキャナとしてマイクロソフト社製の KINECT for Windows を用いてシステムの一次試作を行った。昨年度調達したプロジェクタを実験室の天井下に直下方向を向けて固定し、介護ベッド上のシーツにロボットの作業環境のモニタリング画像を投影した。作業環境のモニタリングのためにロボットアームの手首部分に CCD カメラを装備した。ユーザが作業開始の合図としてシーツの上で手を振ると、KINECT がそれを検知してロボットの制御を開始する。ユーザは投影されている作業環境のシーツに投影されたモニタリング画像上で上下左右に手を動かすことで、当該システムはロボットアームの作業環境中での上下左右の平行移動し例として解釈する。その際のロボットによる解釈のユーザ側の判断の手掛かりとして、マウスポインタ様のキャラクタを投影画像内に表示した。その結果、把持対象物体の正面にロボットアームのハンドを移動できることを確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 介護ロボット、マンマシンインタフェース、プロジェクション機能

〔研究題目〕 コンピューターウィルスの進化を分析する手法の研究

〔研究代表者〕 森 彰 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 森 彰、泉田 大宗
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、コンピューターウィルスのプログラムの振る舞いを自動分析して相互の関係を調べることにより、進化や変異の過程を明らかにすることを目的としている。本年度は、バイナリーコード解析において、複数箇所から呼び出される関数等の文脈依存共有コードを解析する新しい手法を提案し、その実装を行った。具体的には、解析に用いる静的単一代入形式を拡張し、文脈に応じて複数の値を持つ飛び先のデータについて、その呼び出し文脈を指定する疑似関数を導入する手法を考案し、値の解析アルゴリズムを実装した。この解析手法を適用したところ、複雑なコンピューターウィルスのプログラムであってもその制御フローを高い精度で解析できることが確認できた。攻撃パターンの推定については、二次攻撃プログラム投入、アンチウィルス機能の無力化、システム常駐、ポットネットワーク活動、外部記憶デバイス感染、などの十数個の典型パターンの分類と定義を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 コンピューターウィルス、進化解析、バイナリーコード、静的解析、動的解析

〔研究題目〕 遠隔操作型ロボットの間人らしさの調節による発達障害児への対話支援法の探索

〔研究代表者〕 松本 吉央 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 松本 吉央、吉川 雄一郎 (大阪大学)、
宮尾 益知 (国立成育医療研究センター) (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、これまでに開発してきた子ども型ロボットや人の外観に酷似したアンドロイド、すなわち異なる人間らしさを持つ複数の人型ロボットを用いて、シームレスに人間らしさを調節することのできるロボットの遠隔操作システムを開発し、自閉症患者の支援法を確立することを目的としている。

本年度は、まず動き・自律動作の人間らしさが異なる複数の遠隔操作ロボットの開発を行った。具体的には、ぬいぐるみの人形、卓上型の小型ヒューマノイドロボット、および人に酷似したアンドロイド型ロボットを遠隔操作するシステムを構築した。特に小型ヒューマノイドロボットとアンドロイド型ロボットに関しては、遠隔操作されるロボットの視線、頷き、表情、ジェスチャーといったノンバーバルチャネルの表出様式、および発話を、自由に表出できるインターフェースを開発した。

次に、異なる人間らしさを持つロボットに対する自閉症患者の反応の分析を行った。本研究では、自閉症患者

が異なる人間らしさのロボットに対して、どのように異なる反応を示すのかを知ることが鍵となる。同じ自閉症患者が、異なるロボットに対する対話を体験した際にどのように異なる反応を示すかをデモンストレーションにて観察した。また、その結果から遠隔操作型ロボットを用いた人との関わりとの訓練になる可能性について、心理的な影響、およびその後に関化するための方法論について検討した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ロボット、遠隔操作、アンドロイド、ヒューマノイド、自閉症、コミュニケーション、対話

〔研究題目〕 ユーザビリティと高性能を両立するクラウド型リアルタイム画像解析処理ミドルウェア

〔研究代表者〕 岩田 健司 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 岩田 健司 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

クラウドベースの画像解析システムに必要な、可視化技術を構築した。WEB ブラウザに対し解析結果を即時にビジュアライズし、利用者に提示する。リアルタイムな通知のため、HTML5の WebSocket 技術をベースに作成した。ネットワークを介してデータを転送することから、全てのデータを逐次転送することは回線容量の上限が有り現実的でないことから、画像を圧縮・縮小し、効率的な方式を実装した。作成したシステムについては、本研究テーマとは別件として進めている企業との共同研究を通じて、リモートセンシングなどの画像解析の研究で評価し、問題点の洗い出し等を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス分野

〔キーワード〕 画像処理、クラウドコンピューティング、ミドルウェア

〔研究題目〕 テンソル表現に基づくパターン識別法に関する研究

〔研究代表者〕 小林 匠 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 小林 匠 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、テンソルによって表現される特徴パターンの新たな識別方法に関するものである。

平成25年度は行列として表現される特徴パターンのマッチングに関する研究を行った。実世界から計測した特徴データは、多くの場合に特徴次元×物理次元の形式の行列として表現される。例えば多チャンネル時系列信号からは時間軸 T に沿って並ぶ信号列 (チャンネル×時間) が得られる。k-NN 法に代表される事例ベースの特徴行列識別器を構成するためには、これらの特徴行列間で類似度を算出する必要がある。特にここでは、物理次元上での位置ずれに依らない“部分”パターンマッチン

グを可能とする類似度算出法を開発した。

上述の特徴行列内では、注目すべき対象パターンの出現位置は任意であり、さらに対象に関係のない背景パターン等も含まれている。部分マッチングは、そのような背景パターンを除外しつつ位置が不定な対象パターンを抽出しマッチングを行う。この部分マッチングを実現するために、特徴行列の物理次元に対応する重み（ベクトル）を導入した。この重みベクトルを掛け合わせることで特徴行列は特徴ベクトルへと圧縮され、圧縮された特徴ベクトル間の角度を類似度として採用できる。この重みは物理次元上での対象パターンの存在を表現しており、理想的には対象が存在する領域のみで重みの値は大きくなり、無関係な背景パターンでは重みがゼロになる。部分マッチングをこの重みの最適化問題へと帰着させることができる。さらに、重みの局在性や滑らかさといった物理的正則化を最適化問題に導入し、より有意な重みを算出することができる手法を開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】パターン識別、特徴行列、低階数行列

【研究題目】マイクロブログにおける情報伝播と群集誘導

【研究代表者】小島 一浩（知能システム研究部門）

【研究担当者】小島 一浩（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、マイクロブログである Twitter の実データをもとに、デマ・デマ訂正の情報伝播モデルを構築・分析することにより、帰宅困難者の群衆を適切かつ安全・安心に誘導できる情報共有システムの機能要件をシミュレーションにより明らかにすることを目的とする。

平成24年度において、課題1. 平常時における人間関係ネットワークを複雑ネットワークによりモデル化を実施した。マイクロブログである Twitter 上での情報伝播、デマ・デマ訂正の情報伝播を扱う場合、人間をノード、フォロー・フォロワー関係をリンクとする複雑ネットワークを構成することが必要となる。

平成25年度には、課題2. 災害等の危機的状況下における人間の情報判断・再配信のモデル化を試みた。課題1において構成したネットワークモデルにおいて、ノードが収集した情報にもとづいてリツイートするか否かを確率的に決定するノード・ダイナミクスをモデル化する。当該ダイナミクスは、収集した情報を信じやすいかどうかを表す感受性パラメータを有する。課題2では、当該パラメータを、Twitter 上における情報伝播の実データを用いて推定を試みた。

さらに課題2を発展させて、課題3情報共有システムによる群集誘導のシミュレーションを設定していた。課題3ではノードが地理的に移動できるようにモデルを拡張する予定であったが、そこまでには至らなかった。

最終年度において、平成24年度の研究結果を受け、まずは処理の高速化を実施した。分析・シミュレーションにおいて、RDBMS による処理がボトルネックになっているため、NoSQLDB による処理に変更した。また、GPU による計算を単体 GPU から複数 GPU に増やし、さらなる処理速度のスピードアップ化と一回に計算処理できるネットワークの大規模化を図れるようにグラフィブラリのアップデートを行った。

当該研究結果および付随的成果である大規模グラフを高速に処理できシステムは、今後の災害対策、減災に対する基礎データとなり社会的に意義があると考えられる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マイクロブログ、ネットワーク分析、マルチエージェント

【研究題目】ヒューマノイドによる支援機器評価のための人間動作模擬と再現

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】吉田 英一、Thomas Moulard
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、ロボット技術を利用した人間の移動アシスト機器の評価を想定し、人間と同じ形をしているヒューマノイドの特性を活用して、双方の制約を考慮しながらできるだけ忠実に人間らしい動作をロボットに行わせる人間動作再現を目的とする。

平成25年度は、測定した人間動作をヒューマノイドでできるだけ忠実に再現する一般的手法を、(i)モーションキャプチャのマーカデータからの人体構造の動きの導出、(ii)人体構造とロボット構造の対応付け、(iii)最適化手法に基づく人間動作にできるだけ近いロボット動作の導出、を段階的方法として構築し、ソフトウェアのプロトタイプを構築した。(i)では、測定したデータを人体構造に対応付け、各関節の角度の軌道を求める。(ii)では、関節の数や可動範囲の違いを考慮して、(i)の出力である人間動作を再現するロボットの関節軌道を導出した。(iii)では、ラプラス座標系での距離による測定した人間動作のデータとヒューマノイドの全身姿勢の幾何的な類似度と動作の滑らかさを評価関数として、上記の制約を満たしつつこれを最大化する動作軌道を、最適化手法に基づき構築した。これを実現するソフトウェアのプロトタイプを、最適化手法の枠組みである *roboptim* を用いて実装し、人間動作の再現を行った。背中に伸張バネを配して腰への負担を軽減することを目的に設計されたアシスト機器を例に取り、人間に近い動作を再現することで、ロボットが人に代わってアシスト機器の評価を行える可能性を示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】動作模擬、ヒューマノイド、機器評価

〔研究題目〕 動作中の身体と装着物のインタラクションを再現するデジタルヒューマンモデル

〔研究代表者〕 吉安 祐介 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 吉安 祐介 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、動作中の身体表面と装着物とのインタラクションを再現するデジタルヒューマンモデルを開発する。

H25年度は、(1) 身体表面変形モデルの基礎となるテンプレートフィッティング手法の開発と(2) 装着物シミュレータのモデル化手法の検討を行った。

身体表面変形モデルは、3D スキャンデータをトレーニングデータとする統計モデルとして構築する。この統計モデルを構築するためには、スキャンデータの穴埋めとデータ間での部位の対応付けが必要となる。この作業には、あらかじめ用意した基準のモデルを3D スキャンに当てはめるテンプレートフィッティングという方法が用いられるが、3D スキャン上のランドマークをユーザーの手作業で与えるため、多大な労力を要していた。このため、ユーザーの労力を最小限に抑えることが可能なテンプレートフィッティング手法を開発した。提案手法は、等角写像を利用した変形制約を導入することにより、従来の方法に比べて変形時のメッシュのひずみを低減し、必要となるランドマーク数を削減した。また、テンプレートと3D スキャンをマッチングし、フィッティングを自動化する手法を開発した。さらに、テンプレートフィッティングのためのインタラクティブなインターフェイスを構築した。

装着物シミュレータは、バネモデルを用いて構築することとした。従来法を改良し、平面内の伸縮だけでなく、曲げ変形のシミュレーションも可能にした。また、物体衝突モデルを導入し、布を模擬した単純な平面モデルと身体の剛体形状との接触状態を再現できることを確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デジタルヒューマンモデル

〔研究題目〕 車椅子型ロボットにおけるジェスチャーによるHMIの開発と評価

〔研究代表者〕 橋本 尚久 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 橋本 尚久、Ali BOYALI

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、自律移動可能な車いす型ロボットにおけるヒューマンマシンインタフェース(HMI)において、搭乗者によるジェスチャーモーションを利用したHMIの開発を目的としており、平成25年度においては、ジェスチャーモーション推定手法の開発を行った。詳細については、下記に説明する。

ジェスチャーモーション推定を行うための、手や動き

は人によって多少異なるため、様々なデータを学習する必要がある。まず初めに、実際の自律移動可能機能が付加された車いす型ロボットに改造を施し、ジェスチャーモーションを推定するためのセンサ及び計算機の取り付け、それらに関連する配線の取り回しを行った。先に述べた学習においては、搭乗者の実際の利用シーンにおける実データ取得が重要であり、本改造により、後の実験においても、利用者は実環境で使用する体制での学習及び検証を行うことが可能となる。本研究では、動作の基本動作として前進・後進・左旋回・右旋回・停止・後退の5つのジェスチャーを車いす上の手の動きとして学習し、実際の利用の際には、学習結果と比較して、パターンを認識する方法を利用した。学習・認識方法については、Block-Sparse Sparse Representation based Classification (BS-SRC)という手法を用いた。単純なSRCの手法を用いるのに比べて、計算時間が早く、移動手段においては、システムの迅速な反応が求められるため、この方法を採用した。本手法において、室内での実験を行い、被験者3名による150回の施行による評価を行ったところ、認識率99%という非常に高い有効性を示すことができた。

上記の結果を国内学会において口頭発表を行った。また、実験による評価を通じて更なる改良を行うとともに、それらの実験結果をもとに、国際学会への査読付き論文へ投稿した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 移動ロボット、ヒューマンマシンインタフェース

〔研究題目〕 ヒューマノイドの複雑動作生成のための効率的な数値解法の研究

〔研究代表者〕 吉田 英一 (知能システム研究部門)

〔研究担当者〕 吉田 英一、Adrien Escande

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、ロボット、特に複雑な機構を持つヒューマノイドの動作生成を効率的に行うための数値最適化手法を明らかにすることを目的とする。

平成25年度は、最適化計算の頑健化のため、主に(i)階層化2次計画法(HQP)の非線形への拡張、(ii)軌道生成のためのロボットの関節や力の互換パラメータ化について、それぞれ基礎理論について研究を行った。(i)では、階層的2次計画法(HQP)を提案してきたが、これを非線形の場合に拡張し、逐次2次計画法(SQP)と同様の新たな逐次HQPを構築した。さらに、繰り返し計算において、少なくとも1つの階層で改善がみられる場合に計算を進める手法により、より効率的に問題が解けることを示した。(ii)では、時間の関数である関節角や接触力を軌道最適化の変数として用いると解決が困難となる問題を解決するため、これまで行われていなかった

力やトルクの最適化のパラメータへの組み込み、接触力のヤコビ行列の時間不変の分割により、力のパラメータを軌道のパラメータに自動的に適合する手法を構築した。これらの基礎的理論のそれぞれについて、数値計算ソフトウェアを用いてプロトタイプをプログラムして検証し、複雑な非線形性を持つロボットの動作最適化計算の効率化に対して有望な結果を得た。構築している最適化手法の応用例として、人体の動力学パラメータの同定への適用についても検討を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】動作最適化、ヒューマノイド、2次計画法

【研究題目】ヒューマノイドによる動作模擬に基づく人間動作解析と理解

【研究代表者】吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】吉田 英一、Jovana Jovic
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本課題では、ヒューマノイドロボットにより人間の動作を再現することで、歩行などの人間のダイナミックな動作をより深く理解することを目的とする。

平成25年度は、今後の人間動作の動力学的に解析し、その特性を理解するために必要となる基盤要素として、(i) 人体各部分の慣性パラメータの同定手法の構築と、(ii) 人間の動作の測定と解析を行った。(i)では、従来法で問題となっていた、物理的に意味のない負の慣性などが計算される、計算結果が直観的に理解しにくい、といった課題を解決するため、人体の慣性パラメータの同定問題を、動力学方程式をできるだけ満たし、慣性の正值性、さらに文献における参照値を制約とする階層的な最適化問題として定式化した。これにより、より実際に近い慣性パラメータを導出する方法を構築した。(ii)では、人間の動作をモーションキャプチャと床反力計を用いて人間の持ち上げ動作を例に取りつつ計測し、その結果について(i)で構築した手法により解析を行い、従来法よりも実際に近いパラメータが同定されていることが確認された。また、重りなどを持つことで人工的に物理パラメータを変更した場合でも、同様の方法で変化した物理パラメータを十分正確に導出できる結果が得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】人間動作理解、ヒューマノイド、システム同定

【研究題目】地中熱ポテンシャル評価手法の高度化と東北5地域における地中熱ポテンシャル評価

【研究代表者】内田 洋平（再生可能エネルギー研究センター）

【研究担当者】内田 洋平、吉岡 真弓、シュレスタ・ガウラブ（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

省エネルギー技術のひとつである地中熱利用システムは、深度50～100m程度の地中に賦存している熱エネルギーを冷暖房や融雪等に利用する技術である。日本における地中熱利用システムの普及を考えた場合、その導入コストを下げ、システム効率の向上が重要であり、そのためには地域毎の地中熱利用システムに関わる地下情報をまとめる必要がある。本研究では、地下水流動・熱交換量予測シミュレーションおよび温度応答試験に基づく東北5地域における地中熱ポテンシャルマップを作成する。そして、地球科学的な視点から適切な掘削深度・掘削地点の配置を示し、総合的な掘削費用の低コスト化を目標とする。本研究は、東北地方太平洋沖地震によって大きな被害を受けた東北地方に、再生可能エネルギーの一つである地中熱利用システムの普及・促進を目指すものである。

平成25年度は、東北主要地域における既存の水文地質データの収集およびコンパイルを実施した。その後、コンパイルしたデータを基に、三次元地下水流動・熱輸送モデルの構築を行った。モデルの構築に当たっては、WASY社の3次元地下水流動・熱輸送解析コードFEFLOWを用いた。また、モデルの境界条件に関しては、流域全体におけるその地域の地下水流速や地下の温度分布を把握するため、周辺の山地・丘陵地の分水嶺を境界に設定した。構築されたモデルは、現場の水位データや地下温度データなどを用いてキャリブレーションを実施した。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】地中熱ポテンシャル評価、地下水流動・熱輸送モデル、東北地域

【研究題目】生物的原油分解メタン生成ポテンシャルとメカニズムに着目した油層特性評価技術の開発

【研究代表者】坂田 将（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】坂田 将、玉木 秀幸、眞弓 大介
（常勤職員3名）

【研究内容】

国内の異なる油層の原油分解メタン生成ポテンシャルに関連する現場情報を多角的な視点から収集した。具体的には、秋田県と山形県の油田から7坑井を選定し、新たに油層試料（ガスと油層水と原油）を採取した。これらを用いて、原油分解ポテンシャルに関連する(1)現場油層環境の地球化学的データの収集・解析と(2)現場油層環境の分子生態学的データの収集・解析を行った。また一方で、(3)油層環境模擬高温高圧培養システムを用いて油層のメタン生成環境を実験室で再現し、原油分解活性の有無を調査した。その結果、山形県の油層試料に

ついて、飽和炭化水素成分中の n -アルカンの相対的減少等の原油生分解の地球化学的兆候を見出すとともに、炭素-13トレーサーを添加した高温高压培養実験において原油分解活性を検出した。

【分野名】地質

【キーワード】油田、微生物、原油分解メタン生成ポテンシャル、地球化学的分析、分子生態学的分析、高温高压培養実験

【研究題目】ゲノム解析と培養試験による海洋のメタン酸化微生物群の共生機構の解明

【研究代表者】竹内 美緒（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】竹内 美緒（常勤職員1名）

【研究内容】

メタンは二酸化炭素に次ぎ重要な地球温暖化ガスである。海洋においても、温暖化によるメタンハイドレートの溶解、メタンハイドレート開発に伴う漏出など、大気への放出量の増加が懸念されている。海洋から大気へのメタン漏出を抑制する微生物に海洋のメタン酸化細菌がいる。しかし、海洋のメタン酸化細菌は一般に分離培養が困難であり、詳細な性質解明や重要性の評価が進んでいない。本研究では、我々が新規に取得した海洋のメタン酸化群集について培養試験とゲノム情報解析を併用し、海洋メタン酸化細菌のさらなる詳細な知見を得ることを目的とした。まず、海洋のメタン酸化群集から3種類の新規微生物の分離培養に成功したことから次世代シーケンズ解析を活用し、これらのゲノム解読を行った。その結果、Gela4株については完全ゲノム情報の取得に成功し、S8株、MA2株についてもドラフトゲノム情報が得られている。まずはこれら個々のゲノム情報についての情報をまとめ、各微生物の代謝経路（メタン酸化、メタノール酸化、脱窒等）を明らかにした。また、メタノール酸化細菌（Gela4株）については新属新種提案を行い、メタン酸化細菌（S8株）についても新種提案中である。今後は、他の微生物とのゲノム比較を通じた海洋メタン酸化細菌の進化や代謝特性の解明、トランスクリプトーム解析を通じた海洋のメタン酸化群集における共生関係の解明等を進める必要がある。

【分野名】地質

【キーワード】メタン 海洋細菌、メタン酸化細菌、ゲノム

【研究題目】環境微生物集団における未知微生物群の探索

【研究代表者】片山 泰樹（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】片山 泰樹（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、大量塩基配列解読技術の普及によって、微生物の群集構造をより俯瞰的に把握することが可能となった。しかし、当該技術でさえ環境微生物群集構造の全体

像、特に、相対量の少ない菌群を把握するには不十分であることが最新の研究動向から示唆された。本研究では、微生物集団に相対量の少ない、未だ見ぬ多様かつ新規な微生物群が存在するかどうかを明らかにする。活性汚泥を対象とし、優占微生物種を物理的に排除する試みを行っている。

【分野名】地質

【キーワード】微生物群集構造、稀少微生物群、活性汚泥

【研究題目】イオン吸着型希土類鉱床の探査法の確立と資源量評価

【研究代表者】実松 健造（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】実松 健造（常勤職員1名）

【研究内容】

イオン吸着型希土類（レアアース）鉱床が重希土類に富むためには、原岩花崗岩の地球化学的特徴に強く依存することがこれまでの当該研究で明らかになってきた。ミャンマー国には白亜紀～新第三紀の花崗岩が南北に分布しており、重希土類に富む花崗岩も確認されている。本地域の花崗岩の地球化学的特徴と希土類資源ポテンシャルを明らかにするために、花崗岩の化学分析を行った。希土類含有鉱物を特定するための SEM-EDS 分析を行った。

Mon 州と Mandalay 管区の花崗岩の多くは普通角閃石花崗閃緑岩や黒雲母花崗岩から構成され、一部の花崗岩は片麻岩質であった。花崗岩類の SiO_2 含有量は 62.5～76.5% を示した。希土類含有量は 60～62ppm であり、相対的に軽希土類に富むものから重希土類に富むものまで様々であった。希土類含有量はそれぞれのマグマの部分溶融度の影響を受けていると考えられるが、軽希土類／重希土類比は結晶分化作用の影響を強く受けていた。中国のイオン吸着鉱の原岩のように、特に重希土類に富む花崗岩は、結晶分化作用が進んだもの（ SiO_2 > 75%）に限られ、白雲母の産出や、緑泥石や螢石の変質が特徴的であった。このような花崗岩が適度に風化すると重希土類資源として有望となるが、風化殻の厚さが薄い（5m 以下が多い）ため、その資源量は多くはないと推定される。

SEM-EDS による観察・鉱物の分析の結果、特に分化した花崗岩においては、マグマ性の褐レン石-（Ce）やチタン石がまれとなる一方、熱水性の希土類フッ素炭酸塩、モナズ石、ゼノタイム、褐レン石-（Y）らしき鉱物などが確認された。

【分野名】地質

【キーワード】希土類（レアアース）、イオン吸着鉱、資源、風化、花崗岩、ミャンマー

【研究題目】地中熱利用技術開発のための多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの高度化に関する

研究

〔研究代表者〕吉岡 真弓（再生可能エネルギー研究センター（兼）地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕吉岡 真弓（常勤職員1名）

〔研究内容〕

再生可能エネルギーである地中熱利用の分野において、効率向上システムの開発に向けて地盤と熱交換器との熱交換率の増強に関する研究開発が進められている。その中には、砂利等の比較的透水性の高い多孔質媒体を活用する技術も進展しており、多様化する浅層の地中熱利用システムの技術開発のためには、様々な地盤の粒径に対し地下水流動やそれに伴う熱輸送の変化を適切に評価できる数値モデルが必要である。本研究では、特に高透水性の多孔質媒体中の水・熱輸送モデルの構築を目的として、室内における温水の浸透実験および数値シミュレーションモデルの開発を実施した。本年度は、昨年度製作した1次元円筒カラムを基本とした実験装置を用い、不飽和状態の高透水性多孔質体に温水を繰り返し注入する浸透実験を実施した。実験では流体速度に加え、多孔質体中の温度および排水温度の変化を測定した。また、研究代表者が構築した多相流数値モデルを元に、多孔質体中の固相・液（水）相・気相の温度を個別に求められるようなシミュレーションモデルの構築を実施した。改良型数値モデルを用いて実験結果の再現を行い、モデルが実験結果を概ね再現できることを確認した。今後は、さらに様々な粒子径のサンプルを用いてモデルの妥当性の検証を行う。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕多孔質体、熱輸送、数値シミュレーション、流体流動

〔研究題目〕低炭素型枯渇油田再生化技術の開発を旨とした原油分解メタン生成メカニズムの解明

〔研究代表者〕眞弓 大介（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕眞弓 大介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

油層内微生物の原油分解・メタン生成経路を評価するため、国内油田の2カ所の生産井から油層水と原油を採取し、現場油層環境を模擬する高温高压培養実験とCCS後の高濃度CO₂環境を模擬する高温高压培養実験を行った。一方で、採取した油層水や原油の地球化学的な分析を行った。その結果、ある1カ所の油田においてのみ生物的原油分解反応の兆候が観察された。

高压培養の期間中、油層水の有機酸とヘッドスペースガス中のメタンと二酸化炭素の濃度を定期的に測定し、その経時変化を検討した。その結果、上記の生物的原油分解反応の兆候が観察された油層試料において、培養後150日後から原油無添加区に比べて原油添加区で有意なメタン生成が観察された。また、CCS後の高濃度CO₂

環境を模擬する高温高压培養においても、原油からのメタン生成反応を観察した。今後も培養を継続し、メタン生成の増加を観察する一方で、採取した油層試料の地球化学的および微生物学的解析を進める。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕油田、油層内微生物、高压培養、原油分解メタン生成経路、遺伝子解析

〔研究題目〕東京地域における都市地下温暖化の形成過程解明と将来予測に関する研究

〔研究代表者〕宮越 昭暢（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕宮越 昭暢（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、都市の地下で生じている環境変化として地下温暖化が報告されている。本研究の目的は、東京地域（東京都、埼玉県南部）における現地調査、観測データの解析と三次元地下構造モデルを用いた地下水流動・熱輸送シミュレーションを実施して、都市地下温暖化の形成過程を解明し、将来予測を試みる。

本研究では、都心・郊外・深度による温度上昇率や地下ヒートアイランド等の都市特有の地下温度の特徴を明らかにする。また、シミュレーション結果と観測データの検証により、地下温暖化形成に寄与する地表面温度上昇と地下構造物の廃熱の影響分離と定量的評価を行い、地下熱環境の変化を予測する。都市地下熱環境は、地中熱利用の普及により変化が進む可能性があるが、未解明の領域である。本研究の成果は、持続的な地下環境の利用に貢献できる。

平成25年度においては東京首都圏の観測井の中からモニタリングポイントを選定し、地下温度長期モニタリングを開始した。地下温度の変化は微細であることが予想されたが、日・季節・経年の時間スケールで区分して変動傾向を把握することが本研究の目的を達成するためには欠かせない。したがって、全てのモニタリングポイントで精度や確度を統一させるため、モニタリング開始に先立ち、実験室において高精度温度計や水位計の動作確認と校正作業を実施した。

モニタリングポイントについては、10地点を選定した。地点選定においては、都市化の影響を評価するため、土地利用と変遷に関する情報を収集し、都市中心部のみに限定せず、比較対象とするため郊外にも配置するように工夫した。また、地域による地下水流動の違いが地下温度分布どのような影響を与えるか評価するため、地下水利用の実態の違いを検討できるようにも工夫した。

全てのモニタリングポイントには、観測井孔内の水位変化の影響を検討するため、水圧計も温度計に併せて設置した。また、モニタリングポイントの選定には、既存のモニタリング地点も含めた。これら既存地点についてはモニタリング機器の性能や確度が統一されておらず地点間の広域的なデータ比較が困難である問題点があった

が、本研究によりこの問題点を解消することができた。

地下温度長期モニタリング開始の際には、併せて地下温度プロファイルの測定も実施し、当該データを得ることができた。このデータは温度計設置深度の検討に適用しただけでなく、今後のデータ解析にも活用する。

【分野名】地質

【キーワード】地下温暖化、都市化、地下水流動、地下ヒートアイランド、モニタリング、東京首都圏

【研究題目】重希土類資源として最適な難溶性鉱物の資源評価法の開発

【研究代表者】星野 美保子（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】星野 美保子（常勤職員1名）

【研究内容】

アルカリ火成岩に含まれるジルコンやユージアル石などの鉱物が、資源として重要な重希土類元素を多量に含有することは古くから知られていたが、風化や変質に強く分解しにくい鉱物であるため、これまで資源開発の対象になっていなかった。しかし、研究代表者らの最近の研究により、アルカリ火成作用に伴う熱水活動の過程で形成された HREE 含有ジルコンは、結晶性が著しく低下しており、簡単な酸処理で HREE をほぼ100%抽出できることが判明した。そこで、本研究課題では、ジルコン以外の鉱物にもこの手法を適用し、HREE 資源として利用を難溶性鉱物の資源評価を提案することを研究の目的とする。そこで、平成25年度は、(1)産地や形成条件の異なるジルコン、フェルグソン石、エルピダイト、ユージアル石、モサンドライトに含まれる HREE の含有量の決定と(2)モンゴル Khan Bogd アルカリ岩鉱床の地質調査・試料採取を実施した。(1)に挙げた鉱物に対して、EPMA と LA-ICP-MS を用いて、上述の鉱物の正確な希土類含有量を決定した。その結果として、有望な希土類鉱山であるキパワ鉱山では、これまでユージアル石が主要な希土類鉱石と考えられてきたが、ユージアル石には、総 REE 量が最大でも2wt%程度しか含まれておらず、主要な希土類鉱石はモサンドライトであることが本研究により新たに判明した。さらに、平成25年度7月6-10日の日程で、Mendel 大学の Jindrich Kynicky 准教授と共同で、モンゴルの Khan Bogd アルカリ岩鉱床の地質調査を実施し、本鉱床の重要な希土類鉱石であるエルピダイトを多量に含む鉱石を採取した。資源量評価に必要なエルピダイトの分布状況について詳細に記述することができた。

【分野名】地質

【キーワード】重希土類資源、難溶性鉱物、資源評価

【研究題目】地殻から上部マントル環境下におけるかんらん石の3価鉄の存在状態と存在領域の解明

【研究代表者】江島 輝美（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】江島 輝美（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、マントル構成鉱物における Fe の酸化状態が注目され (McCammon, 2006)、超高压条件下での Fe^{3+} に関する実験的研究が行われている。かんらん石構造中の3価の陽イオンの存在は欠陥構造を生じさせ、かんらん石の欠陥構造は、マントルにおける物質循環の要因ともなっているかんらん石の流動性に関係するため、マントル条件下でのかんらん石中の Fe^{3+} の有無とその量は注目される。しかし、マントルにおけるかんらん石の Fe^{3+} に関する研究は極めて少なく、高压条件下でのかんらん石における Fe^{3+} の普遍性の解明は十分ではない。従って、本研究ではマントルにおける圧力条件が異なるゼノリス試料（レールズライト、スピネルレールズライト、沈積岩各種）中のかんらん石の Fe^{3+} の存在の有無および存在状態を調べることによって、マントル条件下におけるかんらん石中の Fe^{3+} の存在状態を解明し、かんらん石中の Fe^{3+} の存在領域を推定することを目的として研究を進めている。

H24年度は隠岐の島大久地域・黒島、福岡県高島において地質調査を行い、数十個のさまざまな種類のゼノリスを採取した。肉眼および双頭顕微鏡下で風化の影響が認められなかった7試料に関して現在 EPMA（構成鉱物の定量分析）、XRD（構造解析および純度の評価）、HETEM（微細構造の観察）、メスバウアー分光分析（Fe の酸化数の決定）の準備を進めている。また、モンゴル Tariat 地域におけるスピネルレールズライト（九州大学小山内教授提供）の構成鉱物および玄武岩溶岩中のかんらん石における Fe の酸化数をメスバウアー分光分析および電子線微小部分分析（EPMA）法を用いて定量し、これらの構成鉱物に含まれる Fe^{3+} の形成時期について検討した。この成果は、日本惑星連合2014年度年会5月2日において公表した。今年度は、前年度の成果を IMA2014（南アフリカ）において公表する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】マントルゼノリス、かんらん石、Fe の酸化数、メスバウアー分光分析、高分解能透過型電子顕微鏡、モンゴル

【研究題目】巨大地震断層の三次元高精度構造と物性の解明

【研究代表者】朴 進午（東京大学）

【研究担当者】森田 澄人（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員1名）

【研究内容】

当研究テーマにおける5か年の新学術領域研究の最終年度として、H25年度はこれまでに進めてきたデータ解析の強化および取りまとめを行った。主として、巨大分

岐断層の挙動に関連した前弧海盆周辺の発達様式を明らかにすることを目的に行った、東南海地震の震源域とされる南海トラフ熊野海盆海域の反射法地震探査データを用いた地質構造解析においては、これまでの成果にデータを追加して解析精度を挙げた。本研究の理念は、地震探査で不明瞭な古期付加体を基盤として形成された、その上位の明瞭な前弧海盆の地質構造を復元することによって、下位の古期付加体の挙動を明らかにするものである。ここでは、比較的明瞭な熊野海盆堆積層の地質構造を明らかにし、その発達過程を明らかにすることで、海盆発達期における基盤となる古期付加体のブロック運動などを明らかにした。

解析結果として、1Ma 以前に現在の熊野海盆を広く覆う範囲で広域の不整合が形成され、それ以降、海域における造構運動が活発化したことが明らかとなった。スプレー断層の活動による外縁隆起帯の形成や、志摩海脚の隆起、および西部隆起帯の形成などが進行し、それらに伴い堆積速度の高い環境に変化した。海盆中部では、海側から陸側へジャンプする褶曲帯が形成された。すなわち、その下位に位置する古期付加体が海側から陸側へドミノ式にブロック運動したことを示している。これは付加体前線部で褶曲・スラスト構造が一般的に陸側から海側へジャンプするのは逆向きの変化である。また、最新の堆積層が示すアバット不整合の関係から、数十万年前を境にして熊野海盆の全体で褶曲活動が停止しており、南部では外縁隆起帯が発達を休止する一方で、小規模の正断層群が発達している。これらの様子から、現在の熊野海盆は顕著な変形を伴わない静穏期にあると考えられる。これまでの研究から、付加体前線部では現在付加作用が進行していないことが知られており、解析結果はこれと整合的な結果となる。ただし、現在海底で確認できる泥火山は、早期のもので約100万年前からの泥ダイアピル活動を示しており、現在も活動は継続している。一部の泥火山噴出物には、南海付加体最初期の堆積物が含まれる。

【分野名】地質

【キーワード】海溝型巨大地震、熊野海盆、古期付加体、反射法地震探査

【研究題目】ヒートアイランド現象の抑制を目指した冷房排熱の帯水層処分システムの実用化

【研究代表者】吉岡 真弓（再生可能エネルギー研究センター（兼）地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】吉岡 真弓、内田 洋平、シュレスタ・ガウラブ（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

ヒートアイランド現象の有効な対策の一つが地中熱利用技術による冷房排熱の従来型大気放散から地中処分への転換である。これにより夏季気温の低下が期待できる。本研究では、帯水層間のポテンシャル差または地表から

の水圧入により熱交換井内に鉛直方向の地下水流れを発生させ、冷房排熱の帯水層圧入処分によるゼロエミッション型冷房システムの構築と共に、システム導入を見据えた地中熱のポテンシャル評価を行うことを目的としている。産総研では実証試験サイトのある津軽平野および弘前地域における地中熱ポテンシャル評価を実施した。地中熱ポテンシャル評価では、対象地域で実施された熱応答試験の結果を元に地下水流動熱輸送モデリングを行い、地中熱利用ポテンシャル評価を行った。今年度は、それに加え、地中熱利用システムの導入による経済性について検討した。代表的なヒートポンプを仮定し、地中熱システムを各地域で導入した場合の成績係数（COP）および省エネルギー性能について推定した。その結果、津軽平野内において、地域によって COP で 3.8～4.9、また、消費電力として0.9～1.4kW の違いが生じることが示された。

【分野名】地質

【キーワード】地中熱利用、ヒートアイランド、帯水層、数値モデリング、COP、消費電力量

【研究題目】ベトナムにおける鉱物資源開発に関するガバナンス

【研究代表者】村尾 智（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】村尾 智（常勤職員1名）

【研究内容】

平成23、24年度の研究成果を各方面に公開し、情報の共有、意見交換をはかった。

研究代表者である中野（大東文化大）は、東南アジア学会研究大会（2013年6月2日、鹿児島大学）において、「大規模開発をめぐる『ガバナンス』の諸問題」と題し、ベトナムのボーキサイト開発の現地調査報告を、また日本国際政治学会2013年度研究大会（2013年10月26日、新潟・朱鷺コンベンションセンター）において、「ベトナムにおける市民社会の形成と政治発展の可能性—大規模開発をめぐるガバナンスの事例を中心に—」と題し、現地調査および国際シンポジウムの成果発表を行なった。

また、中野と村尾は、第23回環境地質学シンポジウム（2013年11月30日、産業技術総合研究所）において、「大規模開発をめぐるベトナム政府の説明と対応に関する現地調査報告」と題して、現地調査と国際シンポジウムの成果報告を行い、地質学をはじめ自然科学分野の研究者との間で情報の共有と意見交換を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ベトナム、商工省、鉱業法、透明性、情報公開、資源開発

【研究題目】南アフリカ大深度鉱山での AE 計測第二期：地下空洞による岩盤損傷の監視と山跳ね予知

【研究代表者】中谷 正生（東京大学）

〔研究担当者〕 雷 興林（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員1名）

〔研究内容〕

南アフリカ（以下南ア）の金鉱山では、地下3km程度で進行中の大規模な採鉱によって数年で大きな地震（山跳ね）を起こすまでに応力が高まる。大きな山跳ねに前震等の直前先行現象が伴うことの多い、よく発達した地質断層を立体的に囲む100m規模のAE観測網を展開し、大きさ10cmオーダーの試料を用いる室内岩石破壊実験を加え微小破壊（mm～cmサイズ）までの精密震源位置標定、応力への応答などの解析を通して、微小破壊からより大きな規模の破壊に至までの様々なスケールでの岩盤破壊プロセスを実証的に明らかにする。

産総研分担課題では、パイロットホールやセンサ埋設孔から採取された鉱山内観測領域内の岩石のコアサンプルを用い、室内AE発生実験を行う。観測領域は、複数の礫岩層を含む珪岩からなっており、地層は、複数の断層で複雑に寸断されており、また、主要な断層は、石英沈着脈らしき独特の物質で充填されている。研究期間中、採掘による空洞が、現地観測領域の20-40m上方で拡大しており、観測領域内の岩盤は、その位置に応じた、大きな応力変化の履歴を経験した。観測されたAEデータ百万個を超えた。観測領域内の様々な岩種が応力変化に対してみせるAE活動の消長を室内実験において把握しておくことが主要な研究内容である。

平成25年度は、前年度までの室内実験で得た結果の解析を行い、現地から採集した断層面周辺の岩石試料計4個（石英岩1個と斑レイ岩3個）を用いて室内岩石破壊実験を追加実施した。また、実験後の試料に対し3次元X線CT画像を撮影した。これらの実験データの解析により、既存の微視構造の役割や、微小破壊から大規模破壊に至るプロセスなどについて考察し、原位置AE観測データの解釈に資する基礎データを得た。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 室内岩石破壊実験、AE技術、共同研究、南ア鉱山、山跳ね、誘発地震

〔研究題目〕 シビアな環境汚染除染以降のブラウンフィールド問題とリスクコミュニケーションの課題

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、東京電力福島第一原子力発電所の事故以降に発生したブラウンフィールド（未利用地）問題とリスクコミュニケーションに関する研究課題である。

環境中に放出され、地表面に沈着した放射性セシウムに起因する空間線量率等の上昇により避難を余儀なくされた地域を対象として、GIS等を用いて未利用地となる可能性がある土地利用・空間線量率等を算定した。

さらに、長期的な避難に伴う帰還後の課題として、他地域の災害による長期避難の事例（東京都三宅島・新潟県山古志村）をもとに、今後生じうる課題を整理した。また、現在も避難を余儀なくされている区域である福島県伊達郡川俣町山木屋地区の住民と定期的に対話を持ち、現状に関するヒアリングを行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 放射性セシウム、ブラウンフィールド、住民、リスクコミュニケーション

〔研究題目〕 丘陵地森林の放射性物質の流出・循環の景観生態学的分析と里山の生態的再生の検討

〔研究代表者〕 保高 徹生（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 保高 徹生（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、環境中に放出され、地表面に沈着した放射性セシウムの丘陵地森林からの流出特性を評価することを目的としており、分担研究者として参加している。

平成25年度は、福島県伊達郡川俣町山木屋地区内の丘陵地森林を対象として、降雨時の溪流からの放射性セシウムの流出特性について、水位計連動型自動採水器を用いた評価を実施し、丘陵地森林からの水経由の放射性セシウムの流出量は沈着量の1%以下と少ないことを確認した。また、山木屋地区内の8地点の河川水のモニタリングも継続的に実施し、地区毎からの流出特性について検討を実施した。さらにプルシアンブルーを用いた林内雨モニタリング装置を開発し、現地にて実証試験を実施した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 放射性セシウム、丘陵地森林、流出特性、林内雨

〔研究題目〕 化学形態とヨウ素同位体比に基づく地下深部でのヨウ素の挙動解明

〔研究代表者〕 東郷 洋子（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 東郷 洋子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

日本は世界で二番目のヨウ素生産国であるが、高ヨウ素濃度の地下水形成過程は未解明な点が多い。本研究では、地下水および岩石のヨウ素の化学形態やヨウ素同位体比を決定し、地下環境中でのヨウ素の存在状態や移動過程を調べた。本年度は、幌延地域（北海道）と常磐・浜通り地域（茨城県・福島県）の二つの地域を対象とした。

(1) 幌延地域：昨年度は地下水および岩石中のヨウ素の化学形態を決定したため、本年度は地下水および岩石のヨウ素同位体比を測定した。その結果、地下水のヨウ素年代は、42-60Maとなり、産出する地層（声間層・稚内層）のヨウ素年代よりも古い値となった。こ

ことから、地下水中のヨウ素は産出する地層よりもさらに下位の地層から溶出、蓄積したと考えられる。

(2) 常磐・浜通り地域：地下水のヨウ素同位体比およびヨウ素濃度を測定した。ヨウ素／塩素比は地下水試料の温度と相関した。ヨウ素同位体比から計算されたヨウ素年代は $39 \pm 4\text{Ma}$ となり、ヨウ素の起源は比較的均一であることが分かった。ヨウ素の起源としては、「常磐堆積盆由来」と「沈み込んだ堆積物由来」の二つの可能性が挙げられる。しかし、現在の常磐堆積盆は地温勾配が低いため、高温の地下水の供給源とは考えにくい。さらに、高ヨウ素／塩素比および高温の地下水は基盤岩である花崗岩から採水しているため、沈み込んだ堆積物に由来する水が深部から上昇していると考えられる。このことは、東北日本沈み込み帯の水循環を解明するために重要な結果である。地下深部での流体の存在は、地震の発生にも大きな影響を与えるため、今後の関連研究にインパクトを与えると期待される。

【分野名】地質

【キーワード】ヨウ素、X線吸収端近傍構造、ヨウ素同位体比

【研究題目】造礁サンゴ骨格による気候変動解析の展開

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、中島 礼、岡井 貴司
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

造礁サンゴ骨格に記録された気候変動情報は、精度や時間分解能の点で他の間接指標と比較して抜群の性能を持つ。サンゴ骨格の元素・同位体比組成が、無機合成された炭酸塩中での平衡論的挙動と異なる「生物学的効果（vital effect）」の解明も近年大きく進んだ。本課題では、「間接指標（酸素同位体比・Sr/Ca比）の成長速度依存特性」、「炭素同位体比の制御因子」、「種内変異（群体内変異）が抑制／拡大されるメカニズム」の3つの問題に集中し、サンゴ骨格による気候変動研究の確度・精度向上を推進する。

今年度は「適度な強光環境は、間接指標の骨格成長速度や健康状態への依存性を抑制する」という仮説の検討を目的として、琉球大学瀬底研究施設の屋外水槽で実施された光量3段階のハマサンゴ長期飼育実験で得られたハマサンゴ骨格を分析した。光量は、遮光スクリーンにより通常の-10%、-30%、-50%に減光されており、それぞれ水深約3m、5m、および10mの光環境に対応する。これらは、骨格化学組成の種内変異および群体内変異を検討するのに適した試料群であり、これらの骨格組成を分析し、サンゴが環境を記録する際の誤差の大きさを評価し、生物パラメータとの対比によりその要因として、光量の重要性を検討した。特に、酸素同位体比と

Sr/Ca比などの骨格組成の成長速度依存性を評価検討した。成長速度が大きい群体では、酸素同位体比と炭素同位体比が夏期に逆相関を示したのに対して、成長速度が小さい群体では正相関が見られた。光量制御によって生じた成長速度の大小が、酸素・炭素同位体比にも影響することはサンゴ骨格記録解析の観点から重要な知見である。

【分野名】地質

【キーワード】酸素同位体比、ストロンチウム／カルシウム比、炭素同位体比

【研究題目】SQUID顕微鏡による惑星古磁場の先端的研究の開拓

【研究代表者】小田 啓邦（地質情報研究部門）

【研究担当者】小田 啓邦、宮城 磯治、片山 礼子
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、SQUID（超伝導量子干渉素子）顕微鏡を用いて惑星古磁場の研究の基礎を開拓することを目的とし、金沢工業大学・高知大学・東北大学・海洋研究開発機構の研究分担者の協力のもとに推進している。本年度は研究の核となる SQUID 顕微鏡の開発に注力した。SQUID 顕微鏡の先端メカニズムを装着した特殊デューワーを製作し、10リットルの液体ヘリウムで3日間以上連続使用できるものが完成した。先端部にはサファイア製ウィンドウを装着したが、もっとも薄い部分は厚さ $40\mu\text{m}$ である。この内側にサファイア製のロッドを配置したが、直径 2mm の先端部に検出コイルのサイズが $200\mu\text{m}$ の SQUID センサが載った 1mm 角のシリコン基板を接着した。サファイアロッドの根本の到達温度は 5K 以下で、SQUID センサを安定動作させることに成功した。磁鉄鉱を含む川砂ジルコンをエポキシ樹脂に埋め込んだものと $25\mu\text{m}$ の直線電流を用いた試験測定を行った。直線電流の理論値との比較を行った結果、SQUID センサがサファイアウィンドウに最も近づいた状態で 800mT が達成されたことが確認できた。

薄片試料を制御する XY ステージも開発完了した。XY 方向の精度は $10\mu\text{m}$ 程度でストロークが 100mm である。薄片試料ホルダーはサファイアウィンドウにゴムで軽く押しつけることができるようにし、光学顕微鏡・電子顕微鏡と SQUID 顕微鏡の間で試料を移動させた場合も相互位置関係が確認できるメカニズムを装備した。

鉄マンガンクラストによる古地磁気測定を行い、次年度の薄片による SQUID 顕微鏡測定のための試料準備は整った。残留磁化マップのインバージョンソフトウェアも開発が進んでいる。本年度は研究推進のために研究代表者と研究分担者による打ち合わせを5月19日、11月6日、3月24-25日に計3回行い、開発状況と研究の方向性の確認と推進を行った。

【分野名】地質

【キーワード】 SQUID 素子、岩石薄片試料、古地磁気学、磁気マッピング、惑星古磁場、鉄マンガンクラスト、残留磁化

【研究題目】 火山噴火の物質収支

【研究代表者】 篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】 篠原 宏志、下司 信夫、風早 竜之介（常勤職員3名）

【研究内容】

活発に噴煙・噴火活動を継続している桜島火山において火山ガス組成観測を実施するために、火山ガス感応起動型連続観測装置を開発し、桜島における試験観測を開始した。Multi-GAS による火山ガス観測は、通常山頂部等濃厚な火山噴煙が到達する場所を選定して実施するが、桜島では噴火活動が活発であるため、観測装置を設置できる場所は遠方の山麓部に限られる。予備調査により、山麓部においても火山噴煙が流下到達する場合はあるが頻度が限られるため、火山ガス到達時に観測装置を起動させ測定を行う事が必要である事が判明した。そのため、SO₂濃度警報装置を改良し、大気中の SO₂濃度を連続観測し一定値を超えた際に Multi-GAS 観測装置を起動するシステムを開発し、桜島有村地区山麓に設置した。今回は1ppm を閾値として設定した。2014年1月15日～2月13日の約一ヶ月間に14回 SO₂最大濃度で2.0ppm の火山ガスの到来が観測され、その結果、CO₂/SO₂モル比/0.7-3.2、SO₂/H₂S = 4.7-7.5、H₂/SO₂ = 0.04-0.20が得られた。

東京大学地震研究所が実施する桜島における無人ヘリによる機動観測の一環として、無人ヘリに Multi-GAS 観測装置を搭載して、山頂近傍での噴煙観測を実施した。無人ヘリの観測では、噴煙位置の認知が困難であるため飛行経路の選定が困難であるが、今年度は SO₂濃度計をモニターしながら飛行するシステムを採用したことにより飛行経路選定が改善され、最大 SO₂濃度2.7ppm の噴煙の観測を行い、山麓で得られたと同様の組成の推定に成功した。しかし、山頂近傍での結果は山麓での結果と比較して組成幅が大きく、その原因の検討が今後の課題として明らかとなった。

【分野名】 地質

【キーワード】 火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

【研究題目】 高精度年代測定による海洋プレート沈み込み開始過程のタイムスケールとその要因の解明

【研究代表者】 石塚 治（地質情報研究部門）

【研究担当者】 石塚 治、針金 由美子（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、高精度年代測定技術を駆使し、沈み込み開始時から島弧成長期の連続的な地質記録が保存されて

いる地殻層序（オフィオライト）に精密な時間軸を入れることにより、この期間の火成活動（マグマ）の特徴と地質環境の時間変化を詳細に明らかにする。さらに、沈み込み開始と他の地質学的イベントとの時間的關係から、何がプレート沈み込み開始のきっかけとなる主要な要因であるのかを解明する。本年度はまずオフィオライト層序の地質調査及び採取試料の分析により、この層序がプレート沈み込み開始とそれに引き続いておきた火成活動を記録していることの検討を開始した。この目的のために、ギリシャ北部に分布する2つのオフィオライト（Pindos と Vourinos）についての地質調査と岩石試料採取を6-7月にかけて4名で実施した。本調査では、マントルかんらん岩、ガブロ、火山岩類と、本研究に必要な上部マントル、下部および上部地殻構成岩石についていずれも複数のセクションで観察、採取することができた。調査後、岩石研磨薄片による記載、EPMA による鉱物化学組成分析、XRF、ICP-MS、TIMS による全岩化学組成分析、同位体組成分析を行っているところである。これにより特に火成岩類の層準および地域の違いによる大きな組成変化が明らかになりつつある。一方オフィオライトが形成されたテチス海東縁部、フィリピン海南端部での有人潜水船しんかい6500による海底調査を実施した（研究代表者、分担者1名、連携研究者1名が参加）。パラオ海盆において海洋地殻構成岩石、また九州パラオ海嶺東縁部で変成岩類の採取に成功した。

【分野名】 地質

【キーワード】 プレートの沈み込み、オフィオライト、高精度年代測定

【研究題目】 フィールドサーバによるリアルタイム降灰観測手法の開発

【研究代表者】 古川 竜太（地質情報研究部門）

【研究担当者】 古川 竜太、及川 輝樹（常勤職員2名）

【研究内容】

フィールドサーバ技術を応用した火山灰観測装置を設計し、導入予定のセンサの性能試験を行った。実地試験は頻繁に爆発的噴火を発生する鹿児島県の桜島火山の南東側山麓で実施した。レーザ回折方式の粒子センサについては、すでに感度不良域の存在が判明していたが、火口から漂う火山ガスにより半年程度で粗動作不良となったことから、より耐久性のあるセンサ類を検討することとして、新型機の再設計を行った。また、火山灰堆積量を定量観測するための回収容器の性能についても実地試験を行った。容器の開口形状および面積と容器の設置場所の高さや風速などの気象場の違いによる火山灰回収量（単位面積当たり）には有意な変動が見られ、小さく浅い容器では火山灰が十分に回収されていない可能性が示唆された。特に雨天時には回収量が目減りする傾向が見られた。直径30cm 以上、深さ30cm 以上の円筒形容器

では比較的安定した回収量が得られた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、フィールドサーバ、火山灰、観測、リモートセンシング、Arduino、花粉

〔研究題目〕高時空間分解能での地殻歪場の推定によるゆっくり地震の発生過程と条件の解明

〔研究代表者〕大谷 竜（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕大谷 竜、名和 一成（常勤職員2名）

〔研究内容〕

紀伊半島沖で発生しているゆっくり地震などを対象として、沈み込むプレート面上でのすべり面の拡がりやすべり量の推定のための手法について精査した。プレート境界上でゆっくり地震が発生すると仮定して任意のすべり量を与え、各観測点における地殻変動の計算値と観測量との残差二乗和を最小にするように、断層の位置や拡がり、すべり量をグリッドサーチで推定した。産総研歪計観測網の観測点配置に対する、すべり量10mm程度（モーメントマグニチュードで5.7程度）のゆっくり地震によるシミュレーションを行ったところ、均一なすべり分布を与えた場合、精度よく主要なすべり域やすべり量を推定することができた。一方、不均質なすべり分布を与えた場合、推定される断層面上のすべり域の拡がりや実際のものよりも小さくなること、その反面すべり量は大きくなること等が見られた。しかし全体的としてすべり量の大きな領域に断層面が推定され、トータルとしてのモーメントマグニチュードは、与えられたものと大きく相違せずに推定できることが分かった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕ゆっくり地震、歪計、地殻変動、すべり量、すべり域、モーメントマグニチュード

〔研究題目〕地中レーダーを用いた地震性バリアーシステムの堆積様式の解明

〔研究代表者〕七山 太（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕七山 太、渡辺 和明（地質調査情報センター）、吉川 秀樹（環境安全本部）（常勤職員3名）

〔研究内容〕

この科研費研究においては、走古丹バリアースピットにおいて浜堤を横断する5本の測線（H0、H1、H2、H3、H6）を設定し、(1) GPS スタティックとトータルステーションを用いた地形測量と地形断面図の作成、(2) 地中レーダー（NOGGIN 250MHz）探査と探査記録を用いた各浜堤の離水標高の計測、(3) ハンドボーリング調査および(4) 掘削試料を用いた AMS14C 年代測定およびテフラによる年代の検討、(5) EC、珪藻およ

び花粉分析による古環境の推定、(6) 海浜砂と砂丘砂の粒度分析による判別、(7) 水域の音波探査や測深調査、などを実施した。これまでの主な成果として、各浜堤間低地の泥炭層の掘削により、上位から7層の完新世テフラ、Ta-a（1739年樽前火山起源）、Ko-c2（1694年北海道駒ヶ岳火山起源）、B-Tm（929年白頭山火山起源）および Ma-b（10世紀摩周火山起源）、Ta-c（2.5ka 樽前火山起源）、Ma-d（4.0ka 摩周火山起源）、Ma-e（5.2ka 摩周火山起源）が見いだされ、これらを時間面として、約1000年オーダーでの地形発達史を解読することが出来たことである。即ち、風蓮湖バリアーシステムが現在の位置に成立したのは、H6測線での泥炭層基底の年代（湿原環境の開始）から5500年前と推定されるが、その下位の海進期バリアーは現在浸食されて地形としては存在しない。その後、現在の海面停滞期バリアーシステムに移行した。5200年前と4000年前に大規模な海進が繰り返され、その都度、干潟環境が広域に広がった。BR5は4000年前に離水した湾央砂嘴が起源と考えている。一方、最も若い浜堤である BR1は Ta-a、Ko-c2に被覆されないことから、17世紀以降に過去のバリアースピット（BR2～BR5）の根元を浸食するように最も外洋側に出現し、西別川河口から岬の先端（トウフト）まで明確に連続する現在活動的な浜堤である。BR2はハルタモシリ付近から BR1と分岐し西別川河口まで連続する。この浜堤は Ta-a、Ko-c2に直接被覆されることから、17世紀に離水した可能性が高い。BR4の発生年代は、B-Tm + Ma-b に被覆されることから、9～10世紀と推定できる。走古丹の集落が立地する BR3の発生年代は明確ではないが、17世紀よりも古く10世紀より若い、おそらく12～13世紀と予測される。南千島海溝沿岸域では500年間隔で発生した超巨大地震（Mw8.5）の存在が明確になり、特にこの地の地盤は17世紀巨大地震時（もしくはその後）には1～2m 隆起し、逆に地震以降現在まで8.5mm/年の速さで沈降し続けてきたことがわかっている。少なくとも BR5よりも若い分岐砂嘴の出現には、南千島海溝の地震性地殻変動が関わっていた可能性がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海面変動、バリアーシステム、沿岸湿原、地球環境、音波探査地中レーダー

〔研究題目〕琉球弧島嶼の沈降運動に関する地質学的検証

〔研究代表者〕荒井 晃作（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕荒井 晃作、井上 卓彦、佐藤 智之、井龍 康文（名古屋大学）、町山 栄章（海洋研究開発機構）（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、かつては琉球弧の島嶼の一部であった可

能性のある沖縄島と宮古島の間の高まりにおいて、高分解能マルチチャンネル構造探査、第四紀堆積層の音響層序学的な解釈、精密地形調査、岩石採取、採泥調査とその年代決定により、1. 島嶼の沈降が、いつどの様に開始したかを検証する。沈降運動は琉球弧を胴切りする方向の断層運動に関連していると考えられ、断層運動の変位量や速度を求める。2. 陸続きであったとされる宮古島と沖縄島との溝がいつから形成され、発達したかを解明する。それによって、従来の研究よりも精度の高い古地理の復元を試みる。

平成25年度の研究は、これまでの一連の研究成果のとりまとめと発表を行った。「なつしま」NT09-11航海の分析は完了し、成果を発表した。特に宮古島北東沖の斜面形成に活動的な正断層が影響していることを示すことができた。調査海域に広がる水深約150m以浅の海域を中心にマルチナロービームの測深を行い、水深約120mにはテラス状の地形が認められることが分かった。さらに浅い、水深60mには明瞭な凹凸地形が存在しており、その地形は現世の水深10m以浅に認められるサンゴ礁地形と良く一致していた。これらの成果を国際学会で発表した。

【分野名】地質

【キーワード】地質構造、正断層、古地理、音波探査、サンゴ礁

【研究題目】マグマ溜まりにおける噴火誘発過程の解明

【研究代表者】東宮 昭彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】東宮 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

噴火を誘発する要因、特にマグマ溜まりへの高温マグマの注入から噴火開始までのタイムスケールやマグマ過程を解明するため、いくつかの噴火を例として岩石学的分析を進めている。

平成25年度は、主に霧島山新燃岳2011年噴出物の岩石学的観察・分析結果のとりまとめを実施した。電子線マイクロアナライザ等によって得られた斑晶鉱物の化学分析・組織観察等の結果から、これまでに以下のことを明らかにしている：既存の低温マグマ溜まり（デイサイトマグマ）に新たな高温マグマ（玄武岩～玄武岩質安山岩マグマ）が噴火前から注入していたこと、大規模なマグマ混合が噴火のわずか数時間から数日前に地下で起こったこと、高温マグマの注入は2011年噴火の1年以上前から継続的に起こっていたこと、注入開始からしばらくマグマ溜まりは安定な成層構造を保ち、両層の間に中間的マグマ（安山岩マグマ）が徐々に形成していったこと、2011年噴火数日前にマグマ溜まりの成層構造が崩れてオーバーターン（マグマ溜まり内部でのマグマの再配置）が起こり大規模なマグマ混合が発生したこと、このマグマ混合ではマグマ溜まりの顕著な体積変化が無かったた

め地殻変動には顕著な変化が現れなかったこと。これらの結果をとりまとめ、火山学に関する代表的国際誌に掲載するとともに、2つの国際学会で発表を行った。

【分野名】地質

【キーワード】火山、軽石噴火、マグマ溜まり、磁鉄鉱

【研究題目】ダム内の植物プランクトン日周期変動特性からブルーム発生を予測するための基礎的研究

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之（常勤職員1名）

【研究内容】

仙台市の主要水源である釜房ダムでは、1980年代からカビ臭が発生していたため、強制循環装置が設置されている。しかし、藍藻の一種であるホルミジウムによるカビ臭はいまだに発生している。原因生物であるホルミジウムの急激な増殖減少（ブルーム）が予測できれば、カビ臭対策に資する。本研究では、主に同ダムで発生したブルーム現象について、国土交通省モニタリングデータを用いた解析を行い、ブルーム発生とクロロフィル*a*の卓越周期変動との関係について考察した。

ブルームの発生から消滅までの様子をダム全体の総クロロフィル*a*量として捉え、水質データとの対応について調べたところ、総クロロフィル*a*量の急増直前に水温躍層の下に大量の低温水が河川から流入し、それにより水温躍層位置が上昇したことがわかった。躍層位置上昇は暗い下層に留まっている植物プランクトンを光の当たる上層に押し上げることが、植物プランクトン急増のきっかけになり得ると考えられた。また、最大クロロフィル*a*層内のクロロフィル*a*の日周期変動は、それ以外の層に比べて弱く、これはこの層に光が十分届いていないことが原因ではないかと考えられた。さらに、ブルーム発生前・発生中・発生後で総クロロフィル*a*の日周期変動が卓越していることは変わらなかったが、24時間周期の整数分の1のより短い周期変動の特性が時期により異なっており、これらの特性を考慮することダム湖クロロフィル*a*急変の予測につながる可能性がある。

【分野名】地質

【キーワード】クロロフィル*a*、植物プランクトン、ブルーム、時系列解析、ダム

【研究題目】爆発的噴火をもたらす浅部火道システムの構造発達過程

【研究代表者】下司 信夫（地質情報研究部門）

【研究担当者】下司 信夫（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、爆発的噴火をコントロールする浅部火道の構造発達過程を、火山体に露出する火道断面構造や活動的火山における火口形状の変化や噴出物の構成粒子の変化から復元することを目的とする。本年度は、三宅島の

2000年陥没カルデラの崩壊壁から見出された約20個の火道断面について、遠望観測によって取得された画像データに基づきその構造を解析し、溶岩流出火道、火砕丘形成火道、爆発噴火火道の3つに区分した。さらにそれらに付随する噴出物の堆積構造及び構成物の解析をおこない、噴火スタイルの復元を行った。噴出物の構造から、これらの火道を形成した噴火は、非爆発的な溶岩流出噴火から、爆発性の強い準プリニー式噴火まで広いバリエーションを持つことが明らかになった。溶岩流出噴火では火道壁の顕著な侵食が発生しないのに対し、より爆発的な噴火では地表から最大100mほどの深さまで火道壁が機械的侵食をうけ、火道幅が増大することが明らかになった。また火道壁の侵食の開始するレベルは、火道を構成する貫入岩が連続した貫入岩体から破砕した岩体に移り変わる深度に一致する。このことから、火道内を上昇するマグマの破砕と、火道壁への火砕物粒子の衝突によって火道壁の侵食が進行する可能性を指摘した。これらの結果は、25年4月に行われた欧州地球科学連合大会や7月に行われた IAVCEI2013会議において学会発表したほか、*Bulletin of Volcanology* 誌に論文として発表した。ストロンボリ火山等における繰り返し爆発噴火時の火口形状の変化を観測した結果、火口底中央部での爆発と物質の排出によって火口壁の不安定さが増大し、その結果火口壁の崩壊と火口の拡大が発生することが観察された。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、マグマ、三宅島、地質構造

【研究題目】活動的火山の脱ガスに伴う自然電位異常の発生に関する研究

【研究代表者】松島 喜雄（地質情報研究部門）

【研究担当者】松島 喜雄、高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

火山活動が活発化した際にどのような自然電位の変動が現れるか予測を行うために、地殻浅部でマグマからの脱ガスが活発に行われている火山を対象に、自然電位異常の発生メカニズムを検討することを目的としている。そのためにテストフィールドを設け、野外観測と、数値シミュレーションを併用した多角的な解析を実施することによって、自然電位発生メカニズムのモデルを作成し、それを検証する。今年度は、基礎データとなる、自然電位および AMT 法による電磁探査からなる野外観測を雌阿寒岳火山で実施した。そのデータを解析し比抵抗構造を得た。雌阿寒岳の自然電位分布は、熱水活動の地表兆候が活発であるにもかかわらず、平坦な空間分布を示す。一方、比抵抗構造は山腹の標高にそった低比抵抗層を持つ。この低比抵抗層は熱水活動によって形成された変質帯と考えられ、自然電位分布との関連を今後考察する。

【分野名】地質

【キーワード】火山、脱ガス、自然電位、電磁探査

【研究題目】前期ペルム紀巨大オンコイドの形成とパンサラッサスーパープルームの影響に関する研究

【研究代表者】中澤 努（地質情報研究部門）

【研究担当者】中澤 努（常勤職員1名）

【研究内容】

巨大オンコイド・微生物岩が特徴的に多産する下部ペルム系アルティンスキアンを貫くボーリングを山口県秋吉台で実施し、詳細分析に供するコア試料を採取した。ボーリング地点は事前の野外調査と文献調査により、秋吉台北山中腹の県道脇とした。この地点は特別天然記念物及び国定公園第一種特別地域に相当することから、関係機関のご指導の下、各種許可申請を行い、調査に係る全ての許可を頂いてボーリングを実施した。ボーリングは掘進長80mで、小規模な空洞を貫いたものの、全般的にコアの保存状態及び回収率は良好であった。採取したコアはすべて半割し、観察を容易にするため全層準を希塩酸でエッチングした。作業時の簡易のコア観察により、コア試料の上部層準では *bioclastic grainstone* が、中部層準では微生物岩が多産することが確認された。またコア試料の下部層準では干潟堆積物と思われるミクライト質の石灰岩が多産した。このような産出順序は既研究の真名ヶ岳コアと同様であり、秋吉台では微生物岩とそれに関連する岩相が広く確認できることが明らかとなった。今後はコア試料の層序学的研究、堆積学的研究、地球化学的研究を進め、微生物岩を多産する、当時の特異な海洋環境について明らかにする予定である。

【分野名】地質

【キーワード】ペルム紀、微生物岩、オンコイド、礁環境、石灰岩

【研究題目】世界規模の気候変動と地域的な構造運動に関連した日本海の海洋循環の成立と進化

【研究代表者】板木 拓也（地質情報研究部門）

【研究担当者】板木 拓也、木元 克典（JAMSTEC）、長谷川 四郎（熊本大学）、池原 研（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

日本海の海洋循環は、固有で僅かな気候変動に対しても影響を受けやすく、更新世における気候変動や氷河性海水準変動に応答して著しく変化している。本研究は、過去500万年間の日本海の海洋循環システムを復元し、それが気候・氷河性海水準変動に応答したものなのか、あるいは地域的な構造運動を反映したものなのかを明らかにすることを目的としている。2013年8月に実施された国際深海掘削計画 IODP の Exp. 346では、日本海お

よび東シナ海北部から計6km 以上にも及ぶコアが回収された。また、沖縄本島に分布する陸上の露頭からも試料を採取した。これらの試料について堆積構造や化石の分析を行って、年代や堆積環境などの基礎情報を蓄積した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋循環、古環境、鮮新世、更新世

〔研究題目〕SQUID グラジオメータによる氷床コア中の火山灰の非破壊検出

〔研究代表者〕小田 啓邦（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕小田 啓邦、宮城 磯治、片山 礼子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は金沢工業大学および国立極地研究所と協力することにより、氷床コア試料に含まれる微量火山灰の検出を目指すものである。氷床コアに含まれる火山灰層は異なる地点の氷床コア間に同時期面を提供すること、短期間の気候変化につながる大規模噴火によるものもあるので重要である。SQUID グラジオメータによる火山灰検出に成功すれば、大陸から運ばれる風成塵、宇宙起源のコスミックダストなども検出可能となり、地球環境復元も期待できる。金沢工業大学では医療用脳磁計システムで SQUID グラジオメータによる微弱な磁場検出を行ってきた。グラジオメータは試料直上と離れたところに2つのピックアップコイルを配置することによって磁気ノイズの影響を受けにくいというメリットがある。前回の報告では、桜島で採取された2008年噴火の火山灰を磁性鉱物の含有量が多い火山灰の例として、北海道で採取された始良 Tn (AT) 火山灰（噴出年代約2.8万年）を磁性鉱物の含有量が少ない火山灰の例として、これらを寒天に均一に溶かして直径6cm 長さ10cm の半円筒に固めたものを模擬火山灰層として SQUID グラジオメータにて測定を行った。試料はヘルムホルツ型コイルで円筒の軸方向に25mT の等温残留磁化を着磁した。桜島火山灰は250 μ g/cc であれば自然状態で検出可能、着磁をすれば25 μ g/cc でも検出可能であった。阿蘇4火山灰は250 μ g/cc であれば検出可能であるがノイズとの分離が困難であった。ノイズレベルは2pT 程度であったが、今回はノイズ低減のために新たなサンプル移動装置を利用して計測を行った。ポイントソース・半円筒形の氷床コアを模した Tiva Canyon Tuff を均質に分散させたファントム（標準試料）に加えて、2013年にナンセン氷原で採取した火山灰を含む氷試料について測定結果が得られた。また、測定に用いたナンセン氷原の氷試料を液体窒素で冷却しながらマイクロフォーカス X 線 CT による高分解能撮像にも成功し、火山灰粒子の3次元分布が確認できた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕SQUID グラジオメータ、氷床コア、火

山灰、非破壊測定、南極、残留磁化、人工磁化、岩石磁気、磁性鉱物

〔研究題目〕砂丘堆積物を用いた中世以降の東アジア冬季モンスーン変動の検出

〔研究代表者〕田村 亨（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕田村 亨（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、過去の風成作用を高時間分解能で記録する砂丘堆積物から、東・東南アジアの冬季モンスーンにおける中世以降の数十～数百年スケールの変動を明らかにすることである。地中探査レーダにより砂丘堆積物の内部構造を連続的に明らかにし、地中レーダ断面に基づいて採取したオーガーボーリングによる地下試料に対して光ルミネッセンス年代測定を適用することで、砂丘の発達過程を復元する。研究対象とする砂丘は、日本海の海岸砂丘のほか、ベトナム南東部の Mui Ne 砂丘である。

本年度は、ベトナム Mui Ne 砂丘において地中レーダ探査を行い、オーガーボーリングにより年代測定試料を採取した。結果、Mui Ne 砂丘の横列砂丘が、過去100年間において、年間1m もの速度で冬季モンスーンにより移動していることが明らかとなった。また、ベトナム科学技術院の共同研究者2名を招聘し、来年度の調査計画を立てた。また、青森県屏風山砂丘においては、考古遺跡や海岸沿いの露頭において、中世以降と考えられる砂丘において光ルミネッセンス年代測定試料の採取を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海岸、砂丘、アジア、環境変動、小氷期、山陰、日本海

〔研究題目〕断層岩の直接年代測定による活断層の活動性評価

〔研究代表者〕山崎 誠子（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕山崎 誠子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

断層の活動時期の推定において、年代既知の地層や段丘との切断（新旧）関係を用いる方法が適用できない場合、断層岩そのものを年代測定する必要がある。断層運動に伴う熱水活動により生成した断層岩中の自生の粘土鉱物（イライト）は K を含むため K-Ar 法が適用できる。しかし、より古い原岩の碎屑物の混入など前処理における問題が指摘され、年代値を解釈する上での議論点が残っている。そこで本研究では、自生の粘土鉱物を断層岩から高純度で分離する手法を確立するとともに、より若い試料に適用できる感度法による K-Ar 法を組み合わせることで、若い活動を検出することを目的とする。なお、本研究では、豪州連邦科学産業研究機構の H.Zwingmann 博士の協力を得て、比較実験や情報交換

を実施した。

平成25年度は、有馬-高槻構造線の断層露頭から採取・分離した断層粘土試料について K-Ar 年代測定および X 線回折法による鉱物組成解析を実施した。その結果、細粒フラクシオンほど若い年代値を示し、より低温で晶出する特徴を持つイライトの割合が多いことが明らかになった。これは、細粒の粘土鉱物がより最近の活動で晶出したとする解釈と整合的であるが、最新の活動時期（1596年）に比べて明らかに古い年代（20-30 Ma）であった。さらに低温で晶出するカリウムを含まない粘土鉱物（スメクタイト）の年代が検出できないため、得られた最も若い年代値そのものが最新年代活動を反映しているとは言えず、イライトが晶出する温度帯（約100-200°C）における活動時期を示していると考えられる。成果については、国内外の学会にて発表し、国際誌に論文投稿準備中である。

【分野名】地質

【キーワード】断層、活動時期推定、断層ガウジ、粘土鉱物、K-Ar 年代測定

【研究題目】カルサイトとアラゴナイトからなる軟体動物の殻体形成機構の解明

【研究代表者】中島 礼（地質情報研究部門）

【研究担当者】中島 礼（常勤職員1名）

【研究内容】

軟体動物の殻体は主に炭酸塩鉱物であるアラゴナイトやカルサイトによる規則的な構造からなり、その構造パターンは分類や系統進化を反映する。一般にカルサイトとアラゴナイトは形成される温度・圧力条件が異なる。しかし軟体動物には同一殻体に両鉱物が作り分けられ、その「カルサイト-アラゴナイト問題」が注目されている。そこで本研究では、カルサイトとアラゴナイトが共存する殻体を持つ軟体動物を材料とし、殻体構造解析、地球化学分析に基づき両鉱物の作り分けがどのような環境や成長の条件下で行われているかを解明することを目的とする。

平成25年度にはカルサイトとアラゴナイトの鉱物が共存するアワビ類とカルサイトからなるホタテガイ類の貝殻を材料とした。アワビ類については、東北地方の大槌と泊浜で採集された材料のほか、韓国南岸で採集されたものと中国地方瀬戸内海で養殖されたアワビを材料として用いた。ホタテガイ類については化石と現生の標本を入手し、年代測定を行った上でカルサイト殻の成長速度を見積もった。ラマン分光法を用いてアワビ殻の外殻層部分の断面の鉱物分布を検討した結果、アワビ殻の外殻層にはアラゴナイトとカルサイトが層状に分布していることが判明した。つまり、このアワビ類は同時期にアラゴナイトとカルサイトを作り分けしているということである。今後の研究課題として、アワビ類のカルサイトとアラゴナイトの作り分けの要因について研究を進めていく

方向性がわかった。

【分野名】地質

【キーワード】カルサイト、アラゴナイト、バイオミネラルイゼーション、軟体動物、地球化学

【研究題目】世界最大級の海洋コアコンプレックスにおける流体浸透過程の解明

【研究代表者】針金 由美子（地質情報研究部門）

【研究担当者】針金 由美子（常勤職員1名）

【研究内容】

中央海嶺近傍に発達する海洋コアコンプレックスを形成したデタッチメント断層は、流体を海洋プレート内部へ浸透させる役割を果たしており、中央海嶺下における火成活動、熱水活動、レオロジーに大きな影響を与えていると考えられる。本研究は世界最大級の海洋コアコンプレックスであるゴジラメガムリオンの岩石を用いて(1)デタッチメント断層に浸透する流体の特徴を把握し、(2)岩石-流体反応における物質移動過程を明らかにすることを目的とする。平成25年度では平成24年度から引き続きデタッチメント断層に関する断層岩とその他の未変形岩から構造地質学・岩石学・地球化学的データを収集することを行ってきた。さらにこれらのデータを用いてモデル計算を行うためのソフトウェアを導入した。

【分野名】地質

【キーワード】海洋コアコンプレックス、ゴジラメガムリオン、デタッチメント断層、はんれい岩、かんらん岩、断層岩、熱水変成作用、フィリピン海、背弧海盆

【研究題目】第三紀泥岩の分類：分光測色による「色層序学」の構築

【研究代表者】辻野 匠（地質情報研究部門）

【研究担当者】辻野 匠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、これまで主観的に記載されてきた第三紀泥岩の層序を定量的に再評価することである（色層序学）。そのために泥岩の色を分光測色計で正確に測定する方法を確立した上で、実際の泥岩層序に適用する。更に泥岩の色と構成物との関係を明らかにし、色から古環境・埋没史を読みとることを目指す。今年度は野外調査にもとづいて、現場での分光測色と試料採取を実施し、予察的に化学分析、構成物の顕微鏡観察を行った。新潟堆積盆の加茂地域および胎内地域では暗紫色、空色、暗灰色、濃緑色、青灰色などの泥岩が発達しており、色の違いや続成などの差異により地層が区分されている。これらの泥岩のスペクトルを計測し、色彩理論にもとづいて CIE（国際照明委員会）-L*a*b*表色系および CIE-L*C*h の値を算定した。色空間上においては地層区分に対応したクラスタが認められた。しかし、そのクラスタはたがいにオーバーラップしており、明解に区分でき

るところまでには至っていない。実際に色空間上で重なっている可能性のほかに、エッジロスエラーや微凹凸による陰翳などにより同じ条件で測定できていない可能性もある。また、CIE-L*a*b*表色系は色の定量評価・管理によく使われており、色差が直感的にわかりやすい利点があるが、泥岩のように彩度が低い物体色においては L*C*h 表色系のほうがよい分解能を示すことがわかった。

【分野名】地質

【キーワード】第三紀泥岩、分光測色、色層序学

【研究題目】古地図および堆積物を利用した高分解能火山地質学の構築

【研究代表者】及川 輝樹（地質情報研究部門）

【研究担当者】及川 輝樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、古地図と堆積物を利用した火山活動史構築法の開発を目的とする研究である。噴煙の画かれた古地図のカタログづくりを行い、噴煙の描かれた火山の噴煙史と火山活動史の関係を、文献史料及び地質調査を併用して明らかにする。本年度は研究計画の最終年度であり、今までの研究のとりまとめと古地図に噴気・噴煙が描かれているが、有史の活動記録が知られていないトカラ列島横当島の現地調査を行った。その結果、横当島東峰火山山頂火口部で噴気活動が起きていることを発見した。また、伝説めいているが、噴火記録も存在することが明らかとなった。さらに隣接する上ノ根島においても噴気活動が存在することが明らかとなった。これらの成果の一部は、日本火山学会の学術雑誌「火山」誌上において報告した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、自然災害、古地図、噴煙、噴火史、歴史史料

【研究題目】ユーラシア東部湖沼堆積物の精密年代決定と環境変動解析

【研究代表者】伊藤 一充（地質情報研究部門）

【研究担当者】伊藤 一充（他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、湖底堆積物コア試料における精密年代決定と古環境復元を行うことである。ルミネッセンス年代測定と¹⁴C年代測定により年代決定を、各種物理量測定、XRD分析、粒度分析により環境変動解析を行う。また、年代決定には数種類のルミネッセンス法を用いることで、それらの違いから堆積環境を推定する。研究対象地は、ユーラシア東部にモンゴル・フブスグル湖とダラハド盆地、日本・余呉湖である。

本年度は、滋賀県余呉湖湖底堆積物コア試料 YG11-3 において3種類のルミネッセンス年代測定法を行い、各年代と前年度までに測定した¹⁴C年代との比較を行った。

それにより、光励起ルミネッセンス（OSL）年代と¹⁴C年代はいくつかの層準を除きおおむね調和的であったため、従来よりも信頼性の高い年代軸を構築することに成功した。全ての試料において赤外励起ルミネッセンス（IRSL）年代と Post-IR IRSL 年代が合わなかったことから、堆積物は流域から長時間かけて湖底に運ばれてきたわけではなく、どれも短時間のうちに運ばれてくるような、より近い地域から運ばれてきたことが明らかとなった。

【分野名】地質

【キーワード】ルミネッセンス年代測定、¹⁴C年代測定、湖沼堆積物

【研究題目】日本産古生代腕足類化石模式標本データベース

【研究代表者】兼子 尚知（地質標本館）

【研究担当者】兼子 尚知、田澤 純一（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、日本産古生代腕足類化石の新種記載において指定された、模式標本のデータベースを構築することを目的とする。古生代腕足類化石は、古生物地理学的研究において重要な情報をもたらすもので、日本列島の構造発達史を解明する上でなくてはならない資料である。それらの種名の基準となる模式標本のデータベースを構築することは、上述のような研究課題の高効率化を将来にわたって提供するものと期待されるほか、分類学や古生物学研究史の分野においても重要な情報をもたらすと考えられる。

上記の目的を達成するため、新種記載論文の調査、模式標本情報の抽出と入力、実標本調査とそれに基づくデータ修正を行い、インターネットでデータベースを公開する。

今年度は、昨年度に引き続き、日本における古生代腕足類化石の新種記載論文を調査し、そこから模式標本に係わる情報を抽出し、データ入力・修正を行った。これらの作業を進めるにあたり、研究担当者は、複数回にわたり作業方法の打合せを実施し、経過情報を交換しながらデータの最適化を図った。さらに、当該模式標本が収蔵・保管されている機関（北海道大学・東北大学など）に赴いて実標本を直接観察し、論文から抽出した情報の吟味を行った。このような標本の再検討結果を、データ修正に随時適用した。また、本データベースを作製・検討するために比較データとなる標本記載研究を実施し、論文投稿及び学会発表を行った。

【分野名】地質

【キーワード】古生代、腕足類化石、模式標本、データベース

【研究題目】静電キャリア濃度制御で切り開く新物性

探索とモットロニクス

【研究代表者】井上 公（電子光技術研究部門）

【研究担当者】井上 公（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は「有機無機ハイブリッドゲート絶縁膜(特願2010-208052)」を遷移金属酸化物単結晶に応用して世界初のモットランジスタのプロトタイプをフォトリソグラフィで作製し動作させることを目標としている。

本年度は、「5~10nm の極薄パリレン膜を作製する方法の確立」という最重要課題で非常に満足な進展を得た。さらにそのパリレン薄膜上に、高誘電率 (high-k) 酸化物である HfO_2 、 Al_2O_3 、 Ta_2O_5 などの薄膜を、原子層堆積装置を用いてわずか10nm の厚さで均質に積層させることにも成功した。この2層膜を収束イオンビーム加工装置 (FIB) を用いて切断し、断面を透過型電子顕微鏡 (TEM) や、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) と X 線発光分光 (XES) の複合装置により詳細に検討した結果、パリレンと酸化膜 (さらに基板に用いた SrTiO_3 と上部の金属電極) が互いに元素を混成することなく、きれいな2層膜が作製できていることを確認できた。

この極薄ハイブリッド絶縁膜を用いて、原子レベルで平坦な SrTiO_3 単結晶表面に、フォトリソグラフィで電界効果トランジスタ (FET) を作製する研究も大きく進展した。プロセス確立のための研究は最終段階に達している。最終年度にモット FET のプロトタイプを動作させるという目標の達成に向けて重要な成果となった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】モットロニクス、モット転移、強相関電子系、パリレン

【研究題目】ナノフォトニクス、画像認識技術、金属錯体の融合による菌類同定システム研究

【研究代表者】栗津 浩一（電子光技術研究部門）

【研究担当者】栗津 浩一、金里 雅敏、園田 与理子、藤巻 真、島 隆之（電子光技術研究部門）、高橋 栄一、村川 正宏、坂無 英徳、野里 博和（情報技術研究部門）（常勤職員9名）

【研究内容】

光ディスク技術では、その使い方により、通常の情報ピット (~ミクロンオーダー) と少なくとも同程度の微小構造物を計測することが可能となる。そのため、例えば菌類等の人々にとって有害な微小対象物を、高速・安価・ポータブルに検出できるセンサが、一般的な DVD プレーヤと同様に、実現することが期待される。本研究では、光ディスクを使った菌類の計測技術を開発することに加え、得られた計測情報から菌類を同定するための研究を行う。

まず計測について、光ディスク試料を高速回転させながら、計測ピッチが $0.74\mu\text{m} \times 0.125\text{--}0.5\mu\text{m}$ (半径方向

×接線方向)、強度は256階調の条件で、1回あたり半径幅2mm の範囲のイメージングデータを取得することが可能となった。今後は観察した菌類の形状情報からその種類を同定するため、画像認識技術の適用を進めるとともに、より詳細な形状観察のため、計測ピッチ条件を狭める検討を行う。

次に菌類からの蛍光観察について、当部門で開発した金属錯体を使い大腸菌を標識することに成功した。またその金属錯体 (+大腸菌) が大きさ数十 μm の塊状となっているときは、光ディスク試料が高速回転中に、波長405nm 励起にて蛍光を観察することに成功した。今後は菌個々の大きさである数ミクロン以下のときにも蛍光観察が行えるよう、光検出系を高感度化するなどの改良を行う。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光ディスク、光検出、センサ、画像認識技術、金属錯体

【研究題目】制御された異方的超高压力下の物理

【研究代表者】竹下 直（電子光技術研究部門）

【研究担当者】竹下 直（常勤職員1名）

【研究内容】

前年度に水銀系銅酸化物 Hg-1223 に対する圧力下電気抵抗率測定を行う事によって、 $T_c=153\text{K}$ の史上最も高い温度でのゼロ抵抗状態を観測することに成功した。この結果を踏まえて、 CuO_2 層が3枚の Hg-1223 の関連物質として、4-6枚の Hg-1234 , 1245 , 1256 に対する同様の実験を進めた。それぞれの物質はすべて6万気圧程度までの圧力までは Hg-1223 の示した $+2.5 \text{ K/GPa}$ 程度の上昇率で超伝導転移温度が上昇した。しかし、それ以上の圧力下ではこれまでとは異なる結果を示し、 CuO_2 面の数が多くなるほど高压側での上昇がより抑制される傾向がみられた。特に Hg-1256 では加圧によって T_c が下降する領域まで観測されている。この原因として、各 CuO_2 面におけるキャリアの再配分 (均等化) 現象が起き、結果的に高い転移温度を出していた面におけるキャリア濃度が低下しているためではないかと考えている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高温超伝導、水銀系銅酸化物、圧力

【研究題目】アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高感度スクリーニングチップへの応用

【研究代表者】福田 隆史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】福田 隆史、石田 尚之、安部 浩司、牛島 洋史、福田 伸子、江本 顕雄（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究では、制御されたアトリットル空間 (一辺がサブ波長以下の立体空間) を高分子膜中に構築し、プラズ

モン共鳴場を閉じ込めることによって局所増幅電場を発生させることを目的とした。

H25年度は、『微粒子を鋳型とするプロセス』によって高い面密度にて開口部に凸構造を持つサブ波長構造（外殻付孔構造）を得ることに成功し、所望のアトリットル空間の創成に成功した。さらに、当該構造が溶液中の分子や分散液中の微粒子を捕集する効果を示すことも見出した。また、量産化を念頭に置き、サブ波長スケールの構造を複製するための転写材料、および、プロセス条件の予備的検討も行った。さらに、チップのバイオセンシング性能の検証についてはインフルエンザ A 型 (H1N1) のウィルス核タンパク認識抗を物理吸着させたチップを用いて検討し、市販のイムノクロマトキット付属のバッファ溶液で希釈したウィルス試料（夾雑物が一定程度含まれる試料）についても定量的なセンシングが達成出来ることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】バイオセンサー、局在プラズモン、アトリットル空間、電場増幅効果、スクリーニングチップ、ポイントオブケアテストイング (POCT)

【研究題目】強磁性体効果を用いたトンネル接合型冷凍機の実現

【研究代表者】柏谷 聡（電子光技術研究部門）

【研究担当者】柏谷 聡、小柳 正男
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

トンネル接合型固体冷凍機は、超伝導センシングの冷却コストを劇的に改善する技術として期待されているが、現状では期待される冷凍能力の1%程度しか達成されていない。本研究では、従来型冷凍機の常伝導電極を強磁性体に置き換えた、強磁性体／絶縁体／超伝導体 (F/I/S) 接合型冷凍素子を開発し、強磁性体によるアンドレーエフ反射の抑制と、高いスピン偏極率に起因する準粒子緩和長の増大による排熱の効率化を実現する技術を確認する。これに基づき、冷凍能力を飛躍的に向上させた固体冷凍機を開発するとともに、エネルギー、電荷、スピンに関する多重非平衡超伝導の物理を開拓する。

本年度は正常金属として Mn をドーピングした Al、超伝導体としては Al を用いることで、スピン偏極を伴っていない N/I/S 型固体冷凍機の作成を行った。作成された接合の微分コンダクタンスを BCS 理論と比較することにより、ベース温度 0.4K において 0.37K まで冷却が起きていることを確認し、固体冷凍機としての動作確認に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】固体冷凍機、超伝導トンネル接合

【研究題目】クラディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発

【研究代表者】望月 博孝（電子光技術研究部門）

【研究担当者】望月 博孝（常勤職員1名）

【研究内容】

短距離光ネットワークでつながった情報家電の省エネ効果は大きく、益々そのシステムが拡大している。しかしこの短距離光ネットワークには、末端機器やセンサーなどを繋ぐために多数の分岐素子が敷設されており、分岐による微弱化した信号光強度を復元する必要がある。新しい概念の光増幅器として有機活性物質 (DCM) をコアではなくクラッドに導入することを着想した。現在までにコアに励起光を入射するとクラッドの (DCM) を励起し、(DCM) による自然放出増幅光を世界で初めてコアから観測した。本テーマの目的はクラッドに高活性色素を導入した光増幅器システムの構築をはかることであるが、強い励起光にダメージを負う色素が多く、目的を達成するためには固体状態でレージングする色素の探索が必要である。平成23年度は、結晶で強い発光能を有するチオフェン／フェニレンコオリゴマー (TPCO) を選出し、平成24年度は、貧溶媒中に加温した溶液を滴下するという結晶を簡便に作製する手法を開発した。平成25年度は、上記湿式結晶形成法の詳細な条件設定を積み上げた。貧溶媒の種類や温度（基板温度）によって形成される結晶の形態が異なることが分かった。ヘキサンの炭化水素系溶媒では、得られる結晶は六角形状であり、さらに貧溶媒の沸点が上昇するとともに得られる結晶が大きくなることを見出した。この手法を用いることで石英コア上に容易に TPCO 薄膜を形成することが可能になり、クラッド励起システムの簡便な評価が可能となった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体光増幅器、湿式結晶形成法、
（チオフェン／フェニレン）コオリゴマー

【研究題目】微小ジョセフソン接合における量子同期の理論

【研究代表者】川畑 史郎（電子光技術研究部門）

【研究担当者】川畑 史郎（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究においては微小超伝導体ジョセフソン接合において創発する協力的同期現象及び巨視的量子現象に関して理論的に研究を行う。昨年度までの研究成果を進展させて、本年度は高温超伝導体固有ジョセフソン接合集団における古典同期及びテラヘルツ波発振に関して大規模数値シミュレーションを行った。そして、人工的な温度制御によって、固有接合内のジョセフソンプラズマ波が強く励起され、THz 波発振強度が増大することを明らかにした。また、ジョセフソン接合の協力量子ダイナミ

クス理論を構築することを目指して多バンド超伝導体から構成されるジョセフソン接合における協力的量子トンネル現象について理論的に研究を行った。虚時間汎関数積分の方法を用いて二バンド超伝導体／一バンド超伝導体ジョセフソン接合の巨視的量子トンネル率の計算を行った。その結果、バンド間位相差モード (Leggett モード) と接合の位相差との協力現象により、トンネル効果が促進されることが明らかとなった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ジョセフソン接合、高温超伝導体、同期現象、鉄系超伝導体、テラヘルツ波、巨視的量子現象

【研究題目】電流注入型有機半導体マイクロレーザーの開発

【研究代表者】佐々木 史雄 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】佐々木 史雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究テーマでは室温での光学・伝導特性共に優れた性能を持つ有機半導体材料 (チオフェン/フェニレン) コオリゴマー (TPCO) に微細加工を施し、少ないキャリア注入でレーザー発振が得られるような微小共振器と電流注入デバイス構造とを両立させる有機結晶薄膜作製技術と加工プロセスの開発を進めている。本年度は結晶性の良好なダブルヘテロ構造を作製するための基盤となる薄膜結晶作製法として、スライディングボート装置を用いた液相エピタキシー装置の立ち上げに重点を置いて取り組んだ。しかしながら、液相エピ装置導入が年度後半で十分な立ち上げが出来ず、ルツボ先端部分からの液漏れが深刻で、本年度内の解決は出来なかった。但し、ルツボ先端部分の加工法や構造自身の改善によりこの問題の解決に目処が付きつつ有り、代表的な TPCO 系有機半導体材料である BP1T 単層での結晶膜形成が確認できた。今後、蒸着法などの気相成長法では良好な結晶膜作製が難しい、長い分子長を持つ BP2T や BP3T、さらに n 型 TPCO である AC5-CF₃などの成膜に適用し、光励起での発振が可能な結晶性多層化膜形成に向けて開発を続けていく予定である。

また、これら TPCO 系有機結晶からなる各種光学特性やデバイス試作などを共同研究で進め、共振器設計やデバイスプロセスに反映すべく取り組んでいる。特に溶液からの結晶成長条件やそれによる共振器形成、及びその光学特性評価では、順調に成果が出ており、全体として進捗状況は良好である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体レーザー、微小共振器、(チオフェン/フェニレン) コオリゴマー、pn 接合

【研究題目】異種ファイバレーザーのコヒーレント合

成による高繰返し極短パルス光源の開発

【研究代表者】吉富 大 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】吉富 大、鳥塚 健二 (常勤職員2名)

【研究内容】

超短パルス光源は、光と物質の相互作用における超高速なダイナミクスを探るツールとして必要不可欠なものである。特に、物質が光による励起を受けた後、格子振動・構造変形・相転移などに至る緩和過程は、きわめて高速であることが知られ、極短パルス光源の実現が重要な鍵を握る。一方で高繰返し・高平均出力性を有し、省エネ・低コストで、取扱も容易なファイバレーザーをベースにして、このような極短パルス光源を構築することには実用的意義がある。しかし、ファイバレーザーは一般に帯域が狭く、単一のレーザーによって極短パルスを得ることは難しい。本研究では、異なる波長のファイバレーザーの同期合成による帯域の拡張を利用した極短パルス光源の構築をめざしている。産総研ではこれまでに、異なる波長のフェムト秒レーザー間において、サブフェムト秒精度のタイミング同期が行える独自の受動的タイミング同期法を確立している。しかしながら、レーザー間の揺らぎによる許容差が小さいことから、長時間安定が困難であった。そこで、本年度は、温度安定化制御を同時に行い、簡便な能動制御と受動的同期のハイブリッド方式を試みた。これにより、サブフェムト秒の同期精度と6時間以上の長時間安定性の両方を兼ね備えたタイミング同期に成功した。通常、能動制御のみでサブフェムト秒精度を得るには、複雑な電子回路と高速なフィードバック系を必要とし、熟練度が要求されるが、本方式の利点は簡便な能動制御と受動的手法を融合することにより、全体として簡便な構成で実現できたことにある。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

【研究題目】多値多層記録と超解像再生を同時に達成する InSb 不定比酸化物薄膜の作製と機構評価

【研究代表者】島 隆之 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】島 隆之 (常勤職員1名)

【研究内容】

光ディスクを利用した情報アーカイブに関して、記録の多値多層化や超解像再生が共に可能な機能性材料 (InSbO_x, x<4) を用いた高密度大容量化を検討している。予め一定量の酸素を含むターゲットを Ar 雰囲気下でスパッタリングすることで成膜の再現性は向上した。多層化と超解像再生を両立させるため、波長405nmにおける光透過性が高くなるよう InSb/O 比を調整した結果、ラザフォード後方散乱分光法及び蛍光 X 線分析法で評価した組成比が In:Sb:O=21:17:62 (at%) のと

き、屈折率が約2.6、消衰係数が約0.5の薄膜が得られた。昇温時の二値化に係わる光学特性変化について、これまでのところ InSbOx 薄膜の組成比変化及び結晶性変化との関連性は認められていない。InSbOx 薄膜（膜厚：20nm）を ZnS-SiO₂ 薄膜で挟んだ3層構造（総膜厚：145nm）では、600℃加熱時に総膜厚が5%ほど増加する結果が得られており、光ディスク試料において凸の変形記録が成されている可能性がある。InSbOx 薄膜を予め300℃まで加熱した後では、少なくとも波長500-800nmの範囲において、室温と200℃の間で可逆的な光学特性変化があることを見出した。InSbOx 薄膜による超解像再生は、その半導体的性質に起因した昇温時のバンドギャップシフト効果に由来する可能性が指摘され、今後レーザー光波長の405 nm における効果の有無を検証していく。InSbOx 薄膜の記録/超解像再生機構が徐々にわかり始めた段階であり、今後その基礎物性をより詳細に明らかにするとともに、大容量化へのコンセプト構築に向けた取り組みを進める。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光ディスク、アーカイブ、大容量、高密度、酸化物

【研究題目】レーザー誘起ブレイクダウンを用いた密度分布測定

【研究代表者】屋代 英彦（電子光技術研究部門）

【研究担当者】屋代 英彦、欠端 雅之（常勤職員2名）

【研究内容】

レーザー誘起ブレイクダウンを用いた液滴粒子数密度測定は高時間分解で絶対値が測定できることから、ディーゼルエンジン等の間欠噴霧エアロゾルの測定が可能で燃費効率改善の診断手法として期待されている。一方で、空間分布測定に対し飛躍的に増加する測定点に比例して測定時間の増加が問題となる。この解決手段としての高繰返しレーザーの使用、ビーム分岐した多ビーム同時照射が挙げられる。一方、ブレイクダウンで過渡的に膨張する液滴アブレーションルームは測定点並びに周辺域の密度を変化させる。このため密度の回復時間、ルームの最大膨張距離を把握することが最適なレーザー照射方法となる。それにも増して高精度空間分布、高時間変化、高精度測定を必要とする場合、1ショットの照射でも相対密度分布が得られる散乱、蛍光等の測定と複数の絶対値測定点を標準とし結合することで対応できる。

H25年度はアブレーションルームが与える時間的、空間的影響を求め使用可能なレーザーの繰返し周波数、同時照射可能な測定点間隔等の照射条件を求めた。この結果、エアロゾルの流速にも依存するが、2kHz 以下の繰返し周波数のレーザー照射では測定点間隔に依存せず同時照射が可能である事がわかった。さらにフライアイレンズを用いた複数点でのブレイクダウン発生光学系を

CCD を用いた画像計測での観測可能なシステムを構築した。さらに、複数点での数密度計測を可能とするプログラムを作成し次年度の密度分布測定の実験につなげる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザー誘起ブレイクダウン、エアロゾル、液滴、粒子数計測

【研究題目】TDGL 方程式のシミュレーションによる超伝導ストリップライン検出器の高性能化

【研究代表者】馬渡 康徳（電子光技術研究部門）

【研究担当者】馬渡 康徳（常勤職員1名）

【研究内容】

超伝導ストリップ検出器は、分子イオン等が衝突したときの局所的な常伝導転移により発生する電圧パルスを計数する検出器であり、高検出効率、高速応答、および低暗計数といった優れた特長を活かして、ライフサイエンス等幅広い分野への実用化が期待されている。本研究では、超伝導ストリップ検出器を飛躍的に高性能化して質量分析への実用化に資することを目的とし、時間依存 Ginzburg-Landau (TDGL) 方程式に基づくシミュレーションを行っている。

H25年度は、TDGL 方程式、熱拡散方程式、および回路方程式を連立して数値的に解き、超伝導ストリップ検出器の動作を再現する数値シミュレーション方法の開発を行った。超伝導ストリップによる分子イオン検出器と同様な構成で単一光子を検出する光子検出器も世界的に研究開発が進展しているが、光子（エネルギー～1eV）の場合と分子イオン（エネルギー～20keV）の場合では、超伝導ストリップが受けるエネルギーレベルが大きく異なるため、局所的な常伝導転移の過程が異なることをシミュレーションにより明らかにした。また検出器の出力電圧パルスを定量的に再現できることを確認し、本シミュレーションが検出器を高性能化するための設計指針の確立に有用であることを明らかにした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超伝導、検出器、光子、分子イオン、時間依存 Ginzburg-Landau 方程式、シミュレーション

【研究題目】生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化

【研究代表者】吉川 佳広（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉川 佳広（常勤職員1名）

【研究内容】

自己組織化によって造られるナノマテリアルを、既存の機器と接続して利用するためには、それらを適切に基板上に集積化する必要がある。そこで、有機・高分子物質の基板上への環境低負荷な集積方法の開拓を目指し、基板上への自己組織化による分子集積化について検討を

行った。

本年度は、生分解性高分子や生体関連物質が基本骨格として有するエステル結合、アミド結合およびカルバモイル結合によってアルキル鎖を導入したモデル化合物について、二次元構造を走査型トンネル顕微鏡によって解析した。特に、単体での自己組織化挙動に加え、ブレンド体が織りなす二次元構造の検討を行った。その結果、エステルとカルバモイル型でアルキル鎖を導入した化合物のブレンドでは、単体で発現しなかったアルキル基の偶奇効果が、ブレンドすることによって発現するという新しい現象を発見した。このように、アルキル鎖長とブレンドによって、二次元構造を多様化させることに成功した。

次いで、生体関連物質の効率的な基板への集積化法を開拓するため、ポリヒドロキシブタン酸 (PHB) の重合酵素 (PhaC) の基板への固定化を行った。その後、生分解性高分子であるポリ (ϵ -カプロラクトン) で表面を全て被覆し、リパーゼによる酵素分解で特定領域の PhaC を露出させた。PHB のインビトロ重合を行ったところ、PHB が重合されたことが確認できたため、PhaC は活性保持しているといえる。したがって、一度包埋した酵素を必要な時に必要な量だけ露出させて機能させる、新しい生体分子集積化法を見出した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 自己組織化、走査型トンネル顕微鏡、ソフトマテリアル

[研究題目] 光誘導固体電気化学反応技術の確立

[研究代表者] 江本 顕雄 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 江本 顕雄 (他1名)

[研究内容]

エネルギー・環境問題に起因して、太陽電池関連の研究開発が急速に進んでいる。有機太陽電池材料の開発も同様であり、今日では高性能の光起電力材料が市販されている。これらは光を照射することで、大きな空間電荷あるいはこの電荷移動に基づく空間電界をバルク中に誘起することができる。光照射によって空間選択的に誘起される電荷や電界を利用することで、機能性素子の実現やデバイスプロセスへの応用が期待できる。本研究では、フラーレンをドーブした光導電性材料中で光誘起された電荷あるいはキャリアを電気化学反応に利用する技術を開発する。

H25年度は、電極界面での電気的・化学的变化をより高感度に観測する手法の検討を行った。微小な球あるいは半球の構造を細密状に配列し、この上に電極となる金属層を形成することで、電極界面での微小な変化を光学スペクトルの変化として観測できることを見出した。庫のことに、本題の光誘導された電気化学反応を、電極電流だけでなく光学スペクトルを用いて観測すること

ができるようになった。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 有機電子材料・素子、光導電性材料

[研究題目] フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開

[研究代表者] 則包 恭央 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 則包 恭央 (常勤職員1名)

[研究内容]

近年、有機材料を種々の電子デバイスに活用する開発研究が行われている。これらの有機電子デバイスの特徴は、既存の無機材料ベースのデバイスよりも軽く柔軟性があり、しかも蒸着等の真空プロセスに替わって印刷技術を用いて作成でき、低コストで低環境負荷であると期待されることである。このようなデバイスの実現には、新材料の開発に加え、適した印刷プロセスの開発が求められている。本研究課題では、有機電子デバイスを印刷プロセスによって簡便に作製するために、フォトクロミック反応を活用した新しい印刷方法を開発する。

H25年度は、光によって固体が液化する有機化合物を用いた薄膜形成に資する化合物の探索に加え、パターンニング作製プロセスに関する検討を行った。その結果、多彩な化合物において、光によって固体と液体の間を相転移する現象が起こることを見出し、分子デザインに関する知見を得た。さらに、開発した化合物を用いたパターンの作製と、それを用いたリソグラフィプロセスの開発に成功した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 結晶、固体、液体、光応答性材料、超分子化学

[研究題目] 強相関酸化物ヘテロ構造の競合性を利用した機能開拓

[研究代表者] 山田 浩之 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 山田 浩之 (常勤職員1名)

[研究内容]

強相関酸化物では、一つの物質において様々な電子状態が複雑に競合し、競合している状態間の電場・光・磁場などによるスイッチ現象が知られている。それを基礎原理としたエレクトロニクス～強相関エレクトロニクス～が近年注目されている。本研究課題においては、そのような強相関酸化物特有の相競合性を、強誘電体の電場制御性と組合せた新奇な不揮発デバイス機能を開拓することが目的である。H24年度研究においては、強相関酸化物半導体である CaMnO_3 薄膜をチャネルに用い、強誘電体である BiFeO_3 薄膜をゲートに用いた「強誘電電界効果トランジスタ」を作製し、 BiFeO_3 の分極反転に

伴って、 CaMnO_3 チャンネルの抵抗が大きく不揮発変調することを示すことを発見した（強誘電電界効果）。H25年度研究においては、ホール効果のチャンネル膜厚依存性および透過電子顕微鏡の解析からその起源を解明した。

その結果、（1）チャンネルと強誘電体界面においては、固定された分極が強誘電性とは無関係に形成されていること、（2）チャンネルに誘起されるキャリアは、その界面分極と強誘電分極の和ベクトルに相当することが分かった。この界面分極は、強誘電体と強相関酸化物でイオンの価数（ Bi^{3+} と Ca^{2+} 、または Fe^{3+} と Mn^{4+} ）が一致しないことによるものと考えられる。そこで、価数の一致する強誘電体と強相関酸化物の組合せとして、 $\text{Ba}^{2+}\text{Ti}^{4+}\text{O}_3/\text{Sr}^{2+}\text{Ru}^{4+}\text{O}_3$ および $\text{BaTiO}_3/\text{SrMnO}_3$ などの接合を作製した。その結果、このような界面分極が極めて小さいと考えられる系では、強誘電分極の向きが一方に固定される（つまり不揮発変調できなくなる）傾向があることが分かった。つまり、強相関酸化物の強誘電電界効果の発現において、界面分極は重要な役割を果たしていることと結論できる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電界効果トランジスタ、強誘電体、強相関酸化物、抵抗スイッチング

【研究題目】一次相転移系遷移金属酸化物の電界相制御

【研究代表者】渋谷 圭介（電子光技術研究部門）

【研究担当者】渋谷 圭介（常勤職員1名）

【研究内容】

多彩な物性を示す遷移金属酸化物の応用に向けて、電場・磁場・光・圧力などの外的刺激による電子相制御が重要となってきている。しかしながら、不揮発性と可逆動作を伴う相制御の研究は初期段階にあり、その理解は未だ不十分である。本研究では、遷移金属酸化物の不揮発かつ可逆的な電子相制御の手法を確立する。この目標達成のために一次相転移物質を使用する。これは、構造変化を伴うことで基底状態と遷移状態の双安定化が達成されるためである。

本年度は、フッ化マグネシウム（ MgF_2 ）基板上に高品質なエピタキシャル VO_2 薄膜を堆積することに成功した。 MgF_2 基板は幅広い波長領域において光学特性が優れていることから、光学デバイスの開発に適した基板である。また、 TiO_2 基板上に成長させた VO_2 の電気二重層電界効果トランジスタ構造を作製し、ゲート電圧によって VO_2 の透過率（赤外領域）を大幅に変調することに成功した。これにより、電界による VO_2 の電子相制御は、電気的なスイッチだけでなく、光学スイッチとしても応用できることを示した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電界効果トランジスタ、遷移金属酸化物、エピタキシャル薄膜

【研究題目】ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用

【研究代表者】KIM, Yeji（電子光技術研究部門）

【研究担当者】KIM, Yeji（他1名）

【研究内容】

近年、フレキシブル電子デバイスの実用化が急速に進んでおり、これらの技術によって素子の軽量、薄型化、大型化、低コスト化が期待できる。本研究ではこれらを踏まえてフレキシブル基板および多曲面基板にも適用可能な薄膜トランジスタの構築とセンサーへの応用について研究する。

H25年度は、前年度までに開発したカーボンナノチューブ（CNT）透明導電膜の技術を用いて、CNT 導電膜の感圧センサーなどへの応用を検討し、タッチパネルの試作を行った。また、伸縮性基材を含む種々の基材への製膜を試み、CNT 導電膜がある程度の基材の伸縮に耐え導電性を維持することを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、可溶化、フレキシブルデバイス、透明導電膜、センサー

【研究題目】固有ジョセフソンフォトリックデバイスの数値的研究：新奇テラヘルツ帯デバイスの提案

【研究代表者】川畑 史郎（電子光技術研究部門）

【研究担当者】浅井 栄大（他1名）

【研究内容】

本研究課題の目的である固有ジョセフソンフォトリックデバイスの提案に向けて、本年度は固有ジョセフソン接合の示す THz 波放射特性を調べた。近年メサ型固有接合において、自己発熱に起因する不均一な温度分布の出現が報告されている。昨年度の研究においてメサ内部の温度分布と THz 波放射強度の関係を詳細に調べ、メサ内部に存在する温度の不均一性が THz 波放射強度を高めている事を明らかにした。本年度はその成果に基づき、熱制御による THz 波放射の増大を目指した新たなデバイス構造を提案した。提案した新デバイスでは、外部からのレーザー照射によってメサ構造の温度分布を制御する。申請者はレーザーの照射強度や照射位置による放射強度の変化を数値解析により調べ、最大の放射強度を実現するレーザー照射の条件を明らかにした。また、このデバイス構造が 1mW に達する高出力の THz 波放射が可能である事を示した。以上の成果を Appl. Phys. Lett. 誌にて発表を行った。また本成果は同誌の表紙及び Featured article に採用された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】THz 発振、高温超伝導体、固有ジョセフソン接合、熱伝導

**〔研究題目〕ハイブリッド固体ゲート絶縁膜を用いた
新奇なモットランジスタの開発**

〔研究代表者〕 井上 公（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 井上 公（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本年度の研究では「パリレン層の作製プロセスを下部電極の作製前後の2回に分けることで、下部電極のパリとそれに起因するリーク電流の問題などを克服できるのではないか」という仮説が確かに効果的であることを検証できた。パリレン1層の厚さを4nmにまで薄くすることにも成功した。これほどの薄いパリレン薄膜の報告例は世界初である。さらにこのパリレン薄膜上に、高誘電率酸化物である HfO_2 と Al_2O_3 の薄膜を、原子層堆積装置を用いてわずか10nmの厚さで均質に積層させることにも成功した。この2層膜を収束イオンビーム加工装置（FIB）を用いて切断し、断面を透過型電子顕微鏡（TEM）や、走査型透過電子顕微鏡（STEM）と X 線発光分光（XES）の複合装置により詳細に検討した結果、パリレンと酸化膜（さらに基板に用いたチタン酸ストロンチウム（ SrTiO_3 ）と上部の金属電極）が互いに元素を混成することなく、きれいな2層膜が作製できていることが確認できた。研究実施計画で想定していなかったほどの極薄で良質のハイブリッド絶縁膜が得られたというのは非常に意義のある結果である。さらには、翌年度の計画の前倒しで、 SrTiO_3 単結晶上に作製したこの FET の伝導特性の極低温での評価を行ったが、これは装置の不具合でうまくいかなかった。これは次年度に予定通りの研究を行うための非常に良い準備実験となった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 モットロニクス、モット転移、強相関電子系、パリレン

**〔研究題目〕エネルギー回収型リニアック放射光源用
電子銃励起レーザーシステムの研究**

〔研究代表者〕 吉富 大（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 吉富 大（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エネルギー回収型リニアック（ERL）放射光源は、蓄積リング放射光源の非破壊性などの特徴を継承しつつ、その輝度、空間コヒーレンス、短パルス性が2桁以上も向上する次世代光源として期待されている（平均輝度は 10^{22} – 10^{23} [photons/s/mm²/mrad²/0.1%b.w.]、空間コヒーレント成分は10%以上、パルス幅は100フェムト秒以下）。ERL 放射光源が実現すれば、これらの特長により広範な利用研究を尖鋭化できると同時に、新しい研究分野を切り開くことができる。日本では、高エネルギー加速器研究機構（KEK）を中心に、日本原子力研究開発機構、東京大学物性研究所、分子科学研究所、産業技術総合研究所、SPring-8などの研究者が参画している

ERL 研究開発共同チームが発足し、平成18年度から要素技術開発と ERL 実証機（コンパクト ERL）建設のための研究開発を進め、平成25年度にコンパクト ERL のエネルギー回収運転に成功した。本研究では、ERL 放射光源の実現で必要とされる主要な開発要素の1つとして、低エミッタンスの光陰極電子銃を実現するための励起用レーザーシステムの開発を行った。イッテルビウムファイバーレーザー増幅システムを用いて、波長532nm、繰り返し周波数1.3GHzの高出力パルス光源を開発した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 レーザー、超短パルス、電子銃、加速器、放射光

**〔研究題目〕可視域位相制御ファイバー光源を用いた
実時間動的分子構造制御**

〔研究代表者〕 高田 英行（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 高田 英行、鳥塚 健二
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、可視域のコヒーレント制御光源を開発し、同帯域に反応性を持つ有機分子の量子状態を制御することを目的とする。

分子の高速な内部運動を制御するために MHz 繰り返しの可視域 Yb ファイバーレーザーを新規に開発し、所望の可視域超短パルスを得る。また、これまでに独自の着想で開発された「高速掃引量子波束分光計」を可視域用に改良し、これら2つの開発結果を総合し、分子の構造、特に、光応答性 DNA などにも応用されているアゾベンゼン系分子の構造を任意にスイッチングする励起パルス条件を調べることに最終的な目標とする。

本年度は主として、利得狭窄補正を行った2段の Yb ファイバーレーザー増幅器を開発し、基本波において出力エネルギー116nJ のとき、出力スペクトルから計算したフーリエ限界パルス幅約51fs が得られた。このとき、従来から用いられている白色光発生によるスペクトル拡幅に比べ、分子制御に適した滑らかな出力スペクトル形状を得ることができた。また、出力パルスの詳細な特性評価に必要な基本波と第2高調波の両方の波長域にわたってスペクトル位相を測定可能な SPIDER 装置の設計を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超短パルスレーザー、レーザー制御、レーザー光反応、超高速分光、フェムト秒レーザー、ファイバーレーザー

〔研究題目〕時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象

〔研究代表者〕 柏谷 聡（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 柏谷 聡、柏谷 裕美（計測フロンティア研究部門）、齋藤 広大（電子光技術

研究部門)、小柳 正男
(常勤職員2名、他2名)

[研究内容]

本研究の目的は、対称性の破れた量子凝縮系でしばしば発現する、トポロジカルに特徴付けられる量子現象を分野横断的に研究することで、「トポロジカル量子現象」としての普遍概念を創出し、新たな学術領域を形成することである。具体的にはスピン3重項伝導体である Sr_2RuO_4 や金属/強磁性体界面で起こる、トポロジーを起源とするエッジ状態の形成、奇周波数超伝導ペアの形成、自発電流の観測などの観測を行い、これらの現象に共通に見いだされる物理の解明を行う。

本年度はカイラル p 波超伝導体であることが強く示唆されている Sr_2RuO_4 の d ベクトルを確定させるために、 Sr_2RuO_4 と s 波超伝導体 Nb とのジョセフソン接合を作成し、接合サイズとジョセフソン特性との比較を行った。微小化するとともにフラウンホーファーパターンは conventional なジョセフソン特性に収束することから、カイラルドメインサイズは数ミクロン程度であることが見積もられる。一方期待された時間反転対象性の破れが観測されていない。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] トンネル分光、トポロジカル量子現象、トポロジカル超伝導、エッジ状態

[研究題目] 超臨界金属における金属絶縁体転移のミュエスアール法による研究

[研究代表者] 竹下 直 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 竹下 直 (常勤職員1名)

[研究内容]

前年度に高温に対応できるガasket素材として MgO 反焼結体によるガasket材料の試作を行ったが、あまり満足できる結果がえられなかった。本年度も引き続き焼結度を変えた MgO ガasket素材の吟味を行った。

結果的に、これまでよりもより高い焼結度の MgO を使うことで、ガasket素材としての能力と高温領域での耐久性を確認することができた。今後この素材をもちいて実験を行っていく予定である。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 超臨界、ミュエスアール、金属絶縁体転移、圧力、高温

[研究題目] 医療用マイルドプラズマによる創傷治癒の確立とプラズマ-組織細胞相互作用の解明

[研究代表者] 池原 謙 (糖鎖医工学研究センター)

[研究担当者] 池原 謙、池原 早苗、榊田 創、金 載浩 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

文科省・科研費・新学術領域「プラズマ医療科学の創成」にて実施している本研究の目的は、プラズマ止血デバイスの使用で生じる血液凝固とそれに続く良好な創傷治癒の分子メカニズムを明らかにし、見出した原理に照らして、その利用展開を図ることにある。

高周波電気凝固装置に代表される現在の止血デバイスは、円滑な手術の進行と手術時間の短縮を実現するが、出血点を焼きつぶすことで止血しているため、焼灼による組織の障害が生じる。その結果、術後障害が発生するほか、膵臓癌や胃癌等の腹部手術で使用された場合には、熱により生じた傷が癒化して、再手術や放射線療法を実施する際の妨げとなる。これに対し、産総研で開発したプラズマ照射装置を用いた止血は、熱による組織損傷を生じることはない。プラズマ止血デバイスは、低侵襲な外科手術を実現する医療機器として、その実用化が期待される新技術なのである。

[研究の目標]

高周波凝固を比較対象として、プラズマ止血デバイスの使用で生じる血液凝固とそれに続く良好な創傷治癒の分子メカニズムを明らかにし、見出した原理に照らして、その利用展開を図ることである。このため、1) プラズマが作用する生体分子ネットワークの探索と2) プラズマによるタンパク凝集・分散を解析の課題として実施している。

[年度進捗状況]

これまで止血効果の検討を重ねてきた医療用プラズマ装置を使用し、観察される「止血に始まる創傷治癒」のプロセスで発現する遺伝子・糖鎖について、網羅的解析を実施している。また、生体分子の量・体積に適した照射を可能とするプラズマ発生システムを完成させて、分子・細胞レベルでの実験への最適化を実施するとともに、当該プラズマの質を計測評価するため、近赤外分光法、可視分光法、及びリアルタイム電流計測法等を駆使した検討を実施している。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] プラズマ医療科学、止血・創傷治癒、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

[研究題目] 糖鎖機能の統合的理解を目指した糖鎖改変マウスの N-統合グライコプロテオーム解析 (科研費)

[研究代表者] 成松 久 (糖鎖医工学研究センター)

[研究担当者] 成松 久、梶 裕之、佐藤 隆、榊谷内 晶、安形 清彦、鈴木 奈美 (常勤職員4名、他2名)

[研究内容]

目的：

糖転移酵素遺伝子に欠失や突然変異を生じたモデル生物は、多様な生理機能の異常を呈す。種々の糖転移酵素が標的とする糖タンパク質を同定することは、生体内に

おける糖鎖の機能を理解する上で重要な鍵となる。本研究では、各糖転移酵素に特異的な標的タンパク質の大規模同定を行うために、これまでに作製した糖転移酵素の遺伝子ノックアウトマウス群を用い、糖鎖キャリア分子（糖ペプチド）をレクチン捕集し、*N*-結合型糖ペプチドを糖鎖付加位置特異的な安定同位体標識法（IGOT法）で標識し、LC/MS ショットガン法で同定することにより、野生型マウスとノックアウトマウスとの比較解析を行う。

研究内容：

グライコプロテオーム解析により、糖鎖キャリア分子を網羅的・ハイスループットに同定するための系の構築のモデルとして、まずは糖転移酵素 β 4GalT1 について実証実験を進め、 β 4GalT1 が標的とするタンパク質の分子に共通した特徴・傾向を見出すことに成功した。昨年度までに、基本解析技術、手順を確立したが、標的が別の糖鎖構造の場合は、レクチンの選定と捕集系の構築、最適条件を模索する必要がある、現在までにその作業を進めてきた。標的糖鎖遺伝子欠損マウスは既に樹立済みであるが、必要に応じて、遺伝子欠損培養細胞株の作製も進める。

標的糖鎖とした LacdiNAc (LDN) 糖鎖は、糖タンパク質ホルモンなどの限られた種類の糖タンパク質上に見出されているが、生体内でのその役割は明らかになっていない。LDN 糖鎖の生体機能を理解するために、そのキャリア糖タンパク質を明らかにする必要がある。そこで、マウス組織より LDN 糖鎖含有タンパク質を網羅的に同定する技術開発を行った。まず、*B4galnt3*、*B4galnt4* 遺伝子欠損マウスを用いて比較検証を行った。*B4galnt3* が発現する胃と *B4galnt4* が発現する大脳サンプルを用いて、LacdiNAc-omics を遂行し、数百種類のキャリアタンパク質候補の同定に成功した。マウス組織に加えて、培養細胞を用いても同様の解析を行った結果、LacdiNAc キャリア候補タンパク質は特徴的な細胞内局在を示す傾向があることが抽出された。また、ルイス x 糖鎖でもキャリア糖タンパク質を同定するための系の構築（ルイス x 合成酵素 *Fut9* 遺伝子欠損マウスあるいは培養細胞株）を行い、糖タンパク質の同定を進めているところである。

現在までの検討・解析により、基本となる解析技術、手順などが確立できたが、別の糖鎖構造（別の糖転移酵素）をターゲットにした場合は、捕集するレクチン（あるいは抗糖鎖抗体）の選択や、捕集条件なども異なるので、それぞれに適した条件を模索する必要があると考えられる。現在、他の糖転移酵素の遺伝子ノックアウトマウスや各種細胞でも同様の解析が出来るように系の構築を進めており、順次解析していく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、糖タンパク質、糖鎖機能、グライコプロテオミクス、*N*-結合型糖鎖、糖

転移酵素、遺伝子ノックアウトマウス

【研究題目】 分化能の異なるがん幹細胞の同定とがん免疫療法による治療可能性の検討

【研究代表者】 池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 池原 譲、山口 高志、池原 早苗、（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究課題は、文科省・科研費・基盤研究（C）にて実施しているもので、分化能の異なるがん幹細胞の同定とこれを検出できるバイオマーカーの探索を進めるとともに、がん幹細胞の多様性に対応できるがん免疫療法の開発を目的としている。

【目標】

これまでに池原研究室では、膵臓特異的に *Cre/loxP* 遺伝子組み換えを誘導することで、短期間のうちに、膵臓癌を生じるマウス発がんモデルを作成している。同マウスに生じた腫瘍組織より、培養細胞を樹立して用い、細胞分化能の異なるがん幹細胞を同定評価するとともに、これらを区別できるバイオマーカーの確立を目標として、研究を進めている。さらに、これまで開発を進めてきたオリゴマンノース被覆リポソーム（OML）を利用することで誘導される抗腫瘍免疫が、膵臓癌組織中に存在することになる多彩ながん幹細胞に対して有効かどうかを検討することで、OML の利用可能性を明らかにすることも目標として実施している。

【年度進捗状況】

膵臓上皮に特異的な *Cre/loxP* 遺伝子組換えにより、Rb と p53 の活性を阻害できる温度感受性 T 抗原（tsT 抗原）と *KrasG12D* を同時に発現するマウスモデルには膵臓癌が生じる。これより樹立した培養細胞株は三次元培養下で、sphere structure (SS)に加えて管状腺管 (Tubular Duct) (TD) 構造を再現させるなどして、分化能の異なる幹細胞の存在を明らかにした。さらに、発がん利用した T 抗原に対する免疫応答を指標に同定される幹細胞集団への腫瘍免疫に対する感受性を検討しているところである。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 がん、疾患モデルマウス、がん幹細胞、ワクチン療法

【研究題目】 糖鎖による細胞表面生体分子の機能の調節・制御機構の解明

【研究代表者】 梅谷内 晶（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 梅谷内 晶、梶 裕之（常勤職員2名）

【研究内容】

目的：

糖転移酵素遺伝子を欠損したモデル動物（マウス）は、多様な生物機能（表現型）の異常を認める。その生体メカニズムを解析する上で、対象糖転移酵素が標的とする

(合成に関与する)糖タンパク質を同定することは非常に重要な情報である。本研究では、基幹的糖鎖構造の一つであるポリラクトサミン糖鎖合成に関与する糖転移酵素(ポリラクトサミン合成酵素)遺伝子ノックアウトマウス(KOマウス)の細胞・組織を用いて、各種解析をすることによって、生合成されるポリラクトサミン糖鎖の標的分子と機能の解明を試みるものである。

研究内容:

ポリラクトサミン糖鎖の発現に関する基礎的な知見に関しては、未だ不足していると考えられるため、まず始めにポリラクトサミン糖鎖のキャリア分子の同定を目的とした。そこで本研究では、KOマウスと野生型マウスから、それぞれ糖鎖キャリア分子(糖ペプチド)をポリラクトサミン糖鎖に特異的なレクチンを用いて捕集し、これらの比較グライコプロテオーム解析を行うことにより、ポリラクトサミン合成酵素に特異的な標的タンパク質の大規模同定を進める。

まずは野生型マウスを用いて、グライコプロテオーム解析技術により、ポリラクトサミン糖鎖のキャリア分子を網羅的・ハイスループットに同定するための系の構築(捕集用レクチンを選定し、このレクチンによるキャリア糖タンパク質捕集系の構築)を進めた。その結果では、マウスB細胞由来のポリラクトサミン糖鎖キャリア糖タンパク質は50分子以上(また、マウスの脾臓において270以上の糖タンパク質分子)が同定できた。同定された分子の中には、文献上ポリラクトサミン糖鎖を持つとされているものが複数リストアップされているとともに、幾つかの分子については生化学実験を通して確認を行った。また、得られる分子情報が膨大な量にのぼるため、一部解析にバイオインフォマティクス技術(KeyMolnet等)を導入した。これを用いて得られたキャリア糖タンパク質分子群の解析を行ったところ、ポリラクトサミン糖鎖キャリア糖タンパク質の多くが細胞膜表面に局在すると考えられる糖タンパク質であることが予想された。今後繰り返し解析を行うことで、キャリア糖タンパク質の候補リストの精度を上げることを試みる予定である。また、レクチン捕集あるいは溶出の効率が悪いと考えられるため、現在も継続して系のブラッシュアップを行うと同時にキャリア分子の同定を継続して行っている。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 糖鎖、糖タンパク質、糖鎖機能、グライコプロテオミクス、ポリラクトサミン合成酵素、遺伝子ノックアウトマウス

[研究題目] 糖鎖遺伝子改変マウスを用いたコア3型O-結合型糖鎖の生体内機能解析

[研究代表者] 成松 久(糖鎖医工学研究センター)

[研究担当者] 成松 久、杜 東寧、梶 裕之、久野 敦、安形 清彦、富岡 あづさ、

藤田 弥佳(常勤職員3名、他4名)

[研究内容]

O結合型糖鎖はタンパク質のセリンまたはスレオニンに結合した糖鎖で、GalNAcが付加されたムチン型O結合型糖鎖は様々な疾患との関係が知られている。 β 3GnT6糖転移酵素によって合成されるコア3型糖鎖(GlcNAc β 1.3GalNAc-O-Ser/Thr)は、通常ムチンを産生する胃腸の細胞で発現が見られるが、一般に癌の悪性化により消失することが知られている。しかしながら、コア3型糖鎖の生体内での機能や癌抑制の機構は依然不明なままである。本研究では、コア3型糖鎖の機能を解明するために、コア3型糖鎖のキャリアータンパク質を同定する方法を開発した。

コア3型糖鎖を特異的に認識するプローブ(抗体など)が存在しないため、プローブとしてまずレクチンを探索した。ヒト大腸癌細胞LSCはコア1型糖鎖やコア2型糖鎖を発現せず、ムチン型O結合型糖鎖として単純な構造を発現している。LSC細胞に β 3GnT6を発現する安定株(LSC+ β 3GnT6)を作製し、コア3型糖鎖を発現するモデル細胞として用いレクチンアレイ解析を行った。その結果、レクチンXが有意に親株のLSCと区別出来ることを見出した。またレクチンXで前処理後、レクチンYによりコア3型糖鎖を持つ糖タンパク質を捕集できることが確認された。レクチンYで捕集した糖ペプチドに対してプロテオーム分析を行い、コア3型糖鎖を持つキャリアータンパク質を同定した。上記の方法により、コア3型糖鎖のキャリアータンパク質の同定方法を確立できた。今後、 β 3GnT6糖転移酵素を発現する組織においてコア3型糖鎖のキャリアータンパク質を同定し、B3gnt6欠損マウスでの発現量の変化や細胞内シグナルの変化を解析し、コア3型糖鎖を介した癌の抑制の機構やコア3型糖鎖の生理的機能を解明する予定である。

[分野名] ライフサイエンス分野

[キーワード] O結合型糖鎖、コア3型糖鎖、レクチンアレイ、ムチン、プロテオーム分析

[研究題目] 多様な三層型Bi系高温超伝導体を得るための改良型(温度勾配付与)TSFZ法の研究

[研究代表者] 伊藤 利充(電子光技術研究部門)

[研究担当者] 伊藤 利充(常勤職員1名)

[研究内容]

「レーザ加熱結晶育成技術」(LDFZ法)は分解溶融する材料の結晶育成を容易にする優れた手法であり、多くの材料に適用して有効性が実証されている。本研究は、分解溶融する材料の中でも特に結晶育成が困難である三層型Bi系高温超伝導体にLDFZ法を適用して結晶育成を行い、有効性を検証するのが目的である。今年度は、初めて当該物質にLDFZ法を適用した。その結果、安

定的に結晶育成を行うことができ、部分的に当該物質の結晶が生成されていることを確認した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕レーザ加熱結晶育成技術、LDFZ法、難育成高温超伝導体、三層型 Bi 系高温超伝導

〔研究題目〕構造生物学的解析による R 型レクチンのシアル酸含有糖鎖結合能獲得メカニズムの解明

〔研究代表者〕逸見 光（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所）

〔研究担当者〕久野 敦（糖鎖医工学研究センター）、平林 淳（幹細胞工学研究センター）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

これまで実施者らは、ガラクトースに特異的な糖結合活性を持つ R 型レクチン（EW29Ch）の糖結合部位において遅い分子内運動による構造の揺らぎが糖結合活性に関係することを明らかにした。また、このレクチンを分子進化工学的に改変させてシアル酸結合性レクチン（SRC: Sia-Recognition EW29Ch）を創製し、X 線結晶構造解析を行った。しかしながら、その特異的な糖鎖結合能獲得メカニズムについては十分な情報を得ることができていないことから、本研究では、NMR を用いて、そのメカニズムを解明することを目的とする。本年度は、昨年度に引き続き、NMR 測定に安定な¹³C および¹⁵N ラベル体タンパク質の調製法確立をめざした。また、ラク トース結合状態での SRC の主鎖構造の溶液状態と結晶状態間での比較、および遊離状態とシアルラク トース結合状態での SRC の NMR 測定およびシグナルの帰属、さらに¹⁵N 緩和測定も行った。¹³C および¹⁵N ラベル体タンパク質の調製法については、精製後の脱塩条件の変更などから、遊離状態でも NMR 測定に安定なラベル体タンパク質が調製可能になった。その¹⁵N-HSQC スペクトルにより安定性を評価した結果、15°C および25°Cにおいて十分安定であることが確認できた。ラク トース添加ラベル体 SRC を用い、残余双極子カップリング値を測定し、SRC-ラク トース複合体結晶構造との主鎖構造を比較した結果、おもにγサブドメインの分子内運動の高いループ領域に違いが観測された。この結果から、溶液状態と結晶状態では、おもにγサブドメインのループ領域の主鎖構造が異なることが判った。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕タンパク質、糖鎖、NMR、レクチン、糖認識ドメイン

〔研究題目〕プラズマ医療科学創成に関する総括研究

〔研究代表者〕池原 譲（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕池原 譲（常勤職員1名）

〔研究内容〕

〔研究目的〕

文科省・科研費・新学術領域研究「プラズマ医療科学創成」において実施する本研究の目的は、プラズマ工学とライフサイエンス領域の研究者との融合により、新たな学問領域としての『プラズマ医療科学』を創成し、新しい医療技術の開拓を押し進めることである。

このため、研究代表機関である名古屋大学に加えて、産業技術総合研究所、九州大学がその研究開発の拠点となって、プラズマ【活性粒子の集合体】と生体や生命組織との相互作用に関する研究開発を行う学術基盤の確立を行う。

〔研究の目標〕

総括研究の目標は、プラズマプロセス分野の研究者と生物、医学領域の研究者が有機的な連携を実現することである。

〔年度進捗状況〕

研究項目 A01：医療プラズマエレクトロニクス、A02：プラズマ分子生物科学、A03：プラズマ臨床科学よりなる3つの柱が設定されており、その成果が共有できるようにスキームが構築できたところである。

名古屋大学プラズマナノ工学研究センターと医学部を中心としたハブ拠点『プラズマ医療科学総合拠点』、九州大学プラズマナノ界面工学研究センターを中心とするサテライト拠点『プラズマ医療安全安心科学拠点』と連携して、交流活動を活発に進めた。

産総研では、池原が名古屋大学と連携して工学・医学・薬学の研究者とワーキンググループを構成し、プラズマの生物学的効果効能を、超微形態学的、分子イメージング、脳・神経科学的、原虫微生物学的、たんぱく質科学的なアプローチによって、解析を進めているところである。また、産総研・幹細胞工学研究センターからも研究開発へ支援をいただくことができ、アフリカツメガエルをモデルとしたプラズマデバイスの安全性・有効性評価を実施している。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕プラズマ医療科学、止血・創傷治癒、低侵襲性医療、病理学、プラズマ工学

2. 事業組織・本部組織業務

産総研発足時に、旧工業技術院傘下の各研究所等に分散していた研究関連業務、管理業務等を可能な限り集中し、研究開発を支援する業務を担う「研究関連・管理部門等」を設置した。電子化・ネットワークを活用した事務処理により各業務の効率化・迅速化を図り、無駄のない業務運営を行っている。また、各業務の実績と運営状況を常に把握し、評価結果、社会状況を踏まえた経営判断により、コンプライアンス対応体制や産学官連携体制の強化、個人情報保護のための体制整備等最適な体制に向けて不断の見直しを行っている。

平成22年10月に組織及び業務体制の見直しを行い、研究開発の支援業務に携わる従前の「研究関連・管理部門等」から、より効率的かつ質の高い研究支援体制（「事業組織」及び「本部組織」）へ変更した。

(1) 事業組織

「研究関連・管理部門等」に集中処理していた業務の一部を、現場で判断し、迅速に執行すべく、一体的かつ自律した業務執行体制を確立した。具体的には、「事業組織」のトップ（「管理監」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に、「産学官連携センター」を配置した。

【事業組織】

- ・ 東京本部
- ・ 北海道センター
- ・ 東北センター
- ・ つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
- ・ 臨海副都心センター
- ・ 中部センター
- ・ 関西センター
- ・ 中国センター
- ・ 四国センター
- ・ 九州センター
- ・ 福島再生可能エネルギー研究所

<凡 例>

地域拠点名 (English Name)

所在地：住所

代表窓口：TEL：、FAX：

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図

(3/31現在の役職者名)

1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters)

所在地：〒100-8921 東京都千代田区霞が関1-3-1

代表窓口：TEL：03-5501-0900

人員：54名 (33名)

概要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[東京本部] 管理監 中村 吉明
└── [総務室] 室長 小野瀬 克信
└── [企画本部]

総務室 (General Affairs Office)

(東京本部)

概要：

東京本部における職員等の勤務・服務管理、文書管理、安全衛生管理、施設管理等定常的な庶務業務を行うとともに、役員の秘書業務及び官庁との事務連絡等の業務を行っている。

2) 北海道センター (AIST Hokkaido)

所在地：〒062-8517 札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1

代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900

サイト：札幌大通りサイト

(住所：〒060-0042 札幌市中央区大通西5丁目8

TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351)

人員：62名 (47名)

概要：

北海道センターは北海道の中核研究機関として、「バイオものづくり」をテーマにした戦略的研究拠点の構築とともに、北海道経済産業局が推進する「北海道バイオイノベーション戦略」と連携してバイオ産業の活性化や、新産業創出に資するための地域連携拠点の構築を目指している。また、メタンハイドレート研究センターは、メタンハイドレート資源の実用化を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

研究拠点の強化として、生物プロセス研究部門では、

植物工場を活用した農工商連携、微生物による物質生産プラットフォームの開発などバイオテクノロジーを応用した研究を推進している。植物工場の研究では、民間企業との共同研究により動物用医薬原料製造の商業応用へ向けた展開を進め、平成25年10月にイヌインターフェロンαを産生する遺伝子組換えイチゴの果実を原薬としたイヌの歯肉炎軽減剤が動物用医薬品として認可され、世界初の遺伝子組換え植物体を原薬とした動物用医薬品が平成26年3月に販売開始となった。また、平成24年度に敷地内に建設された公益財団法人北海道科学技術総合振興センターが運営する「グリーンケミカル研究所」が産総研の植物工場と連携して世界的な植物バイオ研究拠点としての役割を果たしている。この他に、組換え微生物の遺伝子設計技術が経産省プロジェクト「革新的バイオマテリアルを実現するための高機能ゲノムデザイン技術開発」(H24～H28年度)に採択され、この技術研究組合の集中研を北海道センターに置いて研究開発事業を進めている。

地域連携拠点の強化として、道内4国立大学法人、4高専、市立大、公設・独法研究機関、北海道経済産業局、自治体、経済団体等22機関と協力して R&B パーク札幌大通サテライトの運営を支援し、企業の技術開発、新事業創出のための各種相談に対するワンストップサービス、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場の提供など、産業界・行政と産総研との連携強化を図ってきた。平成25年度のサテライトの利用者数は3,804人、技術相談の件数は137件であった。

北海道センター独自の活動として平成15年度より「バイオテクニシャン育成事業」を実施し、専門学校生を受け入れ、バイオ技術者としての人材育成支援を推進してきた。平成25年度は5名を受け入れ、これまでに総数37名のバイオテクニシャンを輩出している。

広報活動として、産総研本格研究ワークショップ、産総研北海道センター講演会(全4回)等の開催、ビジネス交流会等のイベント出展(他3件)、近隣住民を対象にした一般公開、中高生の職場体験、見学者(420名)の受入などを行った。

機構図 (2014/3/31現在)

[北海道センター]
所長 松岡 克典
所長代理 扇谷 悟
└ [北海道産学官連携センター]
センター長 (兼)松岡 克典
産学官連携イノベーションコーディネータ
(兼)扇谷 悟、太田 英順、千葉 繁生
総括主幹 鈴木 正昭、中川 充、
永石 博志
└ [北海道研究業務推進室]

室長 尾崎 ひろ美
 総括主幹 加瀬 治

---[生物プロセス研究部門]

---[メタンハイドレート研究センター]

3) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839

(サイト)

仙台青葉サイト (東北サテライト)

〒980-0811 仙台市青葉区一番町4-7-17

TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425

人員：43名 (32名)

概要：

産業技術総合研究所東北センターは、東北経済産業局が推進する産業クラスター計画「TOHOKU ものづくりコリドー」と連携しながら地域産業の振興に向けて、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学プロセス分野の COE 化を目指すとともに、東北6県の公設研との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、環境負荷の小さい機能性材料の開発と低環境負荷かつ省エネルギー型の化学プロセス技術の研究開発を集中的に実施し、これらの新素材・化学プロセスのシステム化を目指す「コンパクト化学システム研究センター」が置かれている。また、当センターの研究成果をもとに化学産業分野におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術開発と、実用化及び新しい産業創出を目的として企業会員60社が参加する「グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC)」を組織し、産学官連携活動による産業ニーズと研究シーズのマッチングの促進を図っている。GIC では、研修セミナーを開催するなど研究情報の交流促進に努めており、その結果、会員企業との共同研究を9件実施し、研究ユニットのシーズを核とした連携強化が図られている。さらに、特に当センターが開発した粘土膜系新素材「クレースト®」の実用化に向けた取り組みを促進するコンソーシアム「Clayteam」では、企業会員48社の参画により具体的な製品づくりを積極的に進めている。また、東北地域のものづくり産業基盤を支える各種計測技術に関して、東北分析・計測科学技術コンソーシアム (TCAST) を組織し、計測関連技術力の向上に向けた活動を行っている。

また外部研究機関との共同研究、受託・委託研究、技術研修、研究助成金等に係わる契約業務、フェロウシップや研究交流 (派遣・招へい) 等の手続きの円滑化、さらには質の高い特許取得のための弁理士相談を

積極的に推進している。

高温高圧実験室、防塵室、除振室を備えた東北産学官連携研究棟 (とうほく OSL) では、平成25年度末で、32実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。

主な成果普及活動としては、8月に東北センター一般公開を開催し555名の来場者が訪れ、平成26年1月には産学官連携フェア2014Winter みやぎを経済団体等と共催し、研究成果の紹介や技術相談を通して成果普及に努めた。

市内連携オフィスとして設置している東北サテライトでは、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局、東北再生可能エネルギー研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動するとともに、産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「新技術セミナー」をほぼ毎月開催した。また、市民向け科学普及事業として「まちなかサイエンス」を随時開催すると共に、7月には東北大学等と「学都『仙台・宮城』サイエンス・デイ」を共催した。さらに積極的な企業訪問を行う「東北コラボ100」を各県の公設試験研究機関の協力のもとに行うなど、連携活動を強化した。

業務報告データ：

○刊行物

名 称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No. 39~40	不定期	900部/回

○主な行事 (主催・共催・協賛)

開催年月日	名 称
25. 4. 22	第25回産総研・新技術セミナー
25. 4. 23	GIC 平成25年度総会及び第33回研修セミナー
25. 4. 25	第18回産総研・仙台まちなかサイエンス
25. 5. 10	第13回 Clayteam セミナー
25. 5. 23	GIC 第1回研究開発相談会
25. 5. 23	第19回産総研・仙台まちなかサイエンス
25. 5. 24	第26回産総研・新技術セミナー
25. 6. 12	平成25年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 総会・幹事会
25. 6. 20	第27回産総研・新技術セミナー
25. 7. 16	第20回産総研・仙台まちなかサイエンス
25. 7. 21	学都「仙台・宮城」サイエンス・デイ2013
25. 7. 24	産技連 東北再生可能エネルギー研究会 第1回幹事会・講演会

25. 7. 25	第28回産総研・新技術セミナー
25. 7. 26	GIC 第34回研修セミナー
25. 8. 10	独立行政法人産業技術総合研究所 東北センター 一般公開
25. 8. 21	産技連 東北再生可能エネルギー 研究会 第1回見学会
25. 8. 27	第14回 Clayteam セミナー
25. 9. 20	第29回産総研・新技術セミナー
25. 10. 3~10. 4	産技連 資源・環境・エネルギー 分科会
25. 10. 11	研究ユニット研究成果報告会・ GIC 第35回研修セミナー
25. 10. 15	第30回産総研・新技術セミナー
25. 10. 16~10. 17	産技連 物質・材料・デザイン分 科会
25. 10. 24~10. 25	産技連 プラスチック成形加工技 術研究会総会・見学会
25. 10. 24~10. 26	エコプロダクツ東北2013
25. 10. 25	産技連 電子情報・エレクトロニ クス分科会
25. 10. 25~10. 26	おおさき産業フェア2013
25. 10. 31~11. 1	産総研オープンラボ2013
25. 11. 7~11. 8	産技連 機械・金属分科会
25. 11. 7~11. 8	産技連 食品バイオ分科会
25. 11. 11	第15回 Clayteam セミナー
25. 11. 19	産総研本格研究ワークショップ in 東北
25. 11. 19	GIC 第2回研究開発相談会
25. 11. 19	第31回産総研・新技術セミナー
25. 12. 4	産技連 東北再生可能エネルギー 研究会 第2回見学会
25. 12. 10	GIC 第35回研修セミナー
25. 12. 11	産技連 東北航空宇宙産業研究会 総会および第1回東北航空宇宙産 業広域連携フォーラム2013
25. 12. 19	第32回産総研・新技術セミナー
26. 1. 21	第33回産総研・新技術セミナー
26. 1. 28	産学官連携フェア2014winter みや ぎ
26. 2. 6	平成25年度 東北大学-産総研 連絡協議会
26. 2. 13	第16回 Clayteam セミナー
26. 2. 19	産技連 東北航空宇宙産業研究会 第2回東北航空宇宙産業広域連 携フォーラム2013
26. 2. 24	第34回産総研・新技術セミナー
26. 2. 25	GIC 平成25年度報告総会／第36回 研修セミナー
26. 3. 4	産技連 東北再生可能エネルギー 研究会 第2回講演会

26. 3. 7	第35回産総研・新技術セミナー
26. 3. 18	TCAST 平成25年度総会・講演会

機構図 (2014/3/31現在)

所 長：三石 安
所長代理：松永 英之

— [東北産学官連携センター]
センター長：(兼) 三石 安
イノベーションコーディネータ：
(兼) 松永 英之 南條 弘

— [東北研究業務推進室]
室 長：佐藤 学

[コンパクト化学システム研究センター]

4) つくばセンター (AIST Tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1
人 員：2,258名 (1,750名)

概 要：

産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核として、およそ75パーセントの研究者や施設が集積した大規模研究拠点である。その特徴を生かし、幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合したこれまでにない新規研究分野の創出を目指している。

また、それらの研究ユニットとともに本部組織・事業組織の大部分が集中配置され、東京本部との密な連携によって、産総研の中核を担う役割を持っている。

つくばセンターは、全国に展開する地域センターと連携して、また、その立地する茨城県やつくば市そして首都圏の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果たしている。地域から国際社会までを視野に入れて、社会や産業界が直面している困難な問題について、科学技術の立場から解決策を提供している。

また、つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究拠点の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[つくばセンター] 所長 一村 信吾

— [つくば中央第一] 管理監 久保田 喜嗣
└── [第一研究業務推進室]
 室長 小林 昭彦
 └── [図書業務チーム]

<ul style="list-style-type: none"> —[つくば中央第二] 管理監 立石 裕 <ul style="list-style-type: none"> └── [第2研究業務推進部] 部長 渡邊 修治 —[つくば中央第三] 管理監 八瀬 清志 <ul style="list-style-type: none"> └── [第三研究業務推進室] 室長 助川 友之 —[つくば中央第四] 管理監 関口 智嗣 <ul style="list-style-type: none"> └── [第四研究業務推進室] 室長 吉岡 有三 —[つくば中央第五] 管理監 中岩 勝 <ul style="list-style-type: none"> └── [第五研究業務推進部] 部長 黒羽 義雄 —[つくば中央第六] 管理監 織田 雅直 <ul style="list-style-type: none"> └── [第六研究業務推進室] 室長 井佐 好雄 —[つくば中央第七] 管理監 矢野 雄策 <ul style="list-style-type: none"> └── [第七研究業務推進室] 室長 竹原 淳一 —[つくば西] 管理監 長谷川 裕夫 <ul style="list-style-type: none"> └── [西研究業務推進部] 部長 関 芳明 —[つくば東] 管理監 村山 宣光 <ul style="list-style-type: none"> └── [東研究業務推進室] 室長 浦井 聡子 	<ul style="list-style-type: none"> ---[幹細胞工学研究センター] ---[情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室] ---[知能システム研究部門] ---[情報技術研究部門] ---[ナノエレクトロニクス研究部門] ---[電子光技術研究部門] ---[セキュアシステム研究部門] ---[ネットワークフォトンクス研究センター] ---[ナノスピントロニクス研究センター] ---[サービス工学研究センター] ---[フレキシブルエレクトロニクス研究センター] ---[ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室] ---[先進製造プロセス研究部門] ---[ナノシステム研究部門] ---[ナノチューブ応用研究センター] ---[集積マイクロシステム研究センター] ---[計測・計量標準分野研究企画室] ---[計測標準研究部門] ---[計測フロンティア研究部門] ---[計量標準管理センター] ---[地質分野研究企画室] ---[地圏資源環境研究部門] ---[地質情報研究部門] ---[活断層・地震研究センター] ---[地質調査情報センター] ---[地質標本館] ---[企画本部] ---[コンプライアンス推進本部] ---[イノベーション推進本部] <ul style="list-style-type: none"> [イノベーション推進企画部] [知的財産部] [産学官連携推進部] [国際部] [ベンチャー開発部] [国際標準推進部] [イノベーションスクール] —[つくばイノベーションアリーナ推進本部] <ul style="list-style-type: none"> [つくばイノベーションアリーナ企画室] [つくばイノベーションアリーナ連携推進室] [共用施設調整室] [スーパークリーンルーム運営室] [パワーエレクトロニクス拠点運営室] ---[研究環境安全本部] <ul style="list-style-type: none"> [研究環境安全企画部] [環境安全管理部] [研究環境整備部] [情報環境基盤部] ---[総務本部] <ul style="list-style-type: none"> [業務推進支援部]
<ul style="list-style-type: none"> ---[環境・エネルギー分野研究企画室] ---[環境管理技術研究部門] ---[環境化学技術研究部門] ---[エネルギー技術研究部門] ---[安全科学研究部門] ---[新燃料自動車技術研究センター] ---[メタンハイドレート研究センター] ---[先進パワーエレクトロニクス研究センター] ---[太陽光発電工学研究センター] ---[触媒化学融合研究センター] ---[再生可能エネルギー研究センター] ---[ライフサイエンス分野研究企画室] ---[生物プロセス研究部門] ---[バイオメディカル研究部門] ---[ヒューマンライフテクノロジー研究部門] ---[糖鎖医工学研究センター] 	

[人事部]
[財務部]
[ダイバーシティ推進室]

---[評価部]
---[広報部]
---[監査室]

研究業務推進部室

(General Affairs Division/Office)

(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東)

概要：

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、職員等の勤務及びサービス管理、物件の調達業務、施設及び設備等の管理等の業務、環境及び安全衛生の業務等を行っている。

これらの業務を迅速に行うことにより、効率的な組織運営を図っている。

図書業務チーム (Library Office)

(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば東、つくば西)

概要：

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行っている。

オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進並びに所蔵データの整理・統一を推進している。

5) 臨海副都心センター
(AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目3番地26号

人員：73名 (55名)

概要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一流級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設けている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究

開発まで積極的な事業活動を展開している。

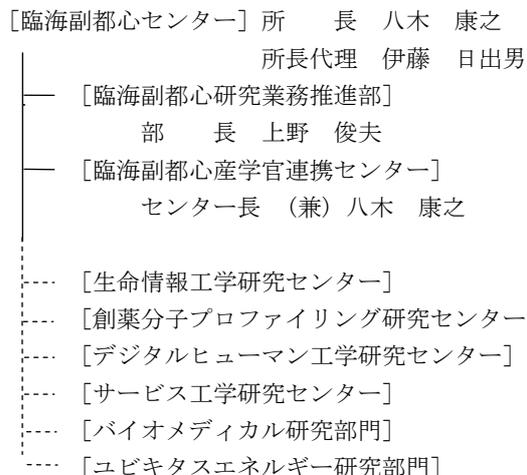
そして6つの研究ユニット（生命情報工学研究センター、創薬分子プロファイリング研究センター（平成24年度新設）、デジタルヒューマン工学研究センター、サービス工学研究センター、バイオメディカル研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端の技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

当センターへは、平成25年度に内外の大学・企業・政府関係者等約400名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成25年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究146件、受託研究32件である。

また、展示コーナー（サイエンス・スクエア臨海）を平日に公開するとともに、国際研究交流大学村を舞台に開催された、サイエンス・アゴラ2013の開催に合わせて臨海副都心センターの一般公開を実施するなどの広報活動を行っている。

機構図 (2014/3/31現在)



6) 中部センター (AIST Chubu)

所在地：〒463-8560

名古屋市守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266-98

代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400

サイト：名古屋駅前サイト：

〒450-0002名古屋市中村区名駅4丁目4-38

TEL：052-583-6454

人員：137名 (113名)

概要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域における研究開発ゾーンの一つである「なごやサイエンスパーク」に立地し、

その中核的研究機関となっている。当センターは、地域における伝統的なものづくりである窯業や機械・金属に関わる技術の開発を出発点として発展し、ファイナセラムックスや金属などの工業材料の創製・部材化とそのプロセス技術を軸として研究開発を行い、新産業の創生と産業競争力強化に寄与してきている。当センターは、現在、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門及び計測フロンティア研究部門を擁し、持続的発展可能な社会の構築に貢献できる産業技術を確立するため、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部における産業政策の展開に貢献するため、中小企業の戦略的基盤技術高度化支援事業等に協力・支援するとともに、地域の企業・大学・公設研と連携し、各種研究開発事業への提案を行っている。

連携・協力提携協定を締結した名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS調査研究を実施した。地域の公設試験研究機関とは産業技術連携推進会議の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。中部地域における産学官連携に携わる機関が活動拠点を共同で運営することにより、当地域のイノベーションの創出基盤の強化に資することを目的として、平成20年度に関係の7機関（平成22年度より8機関）により設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。平成25年度の代表的な活動状況を以下に示す。

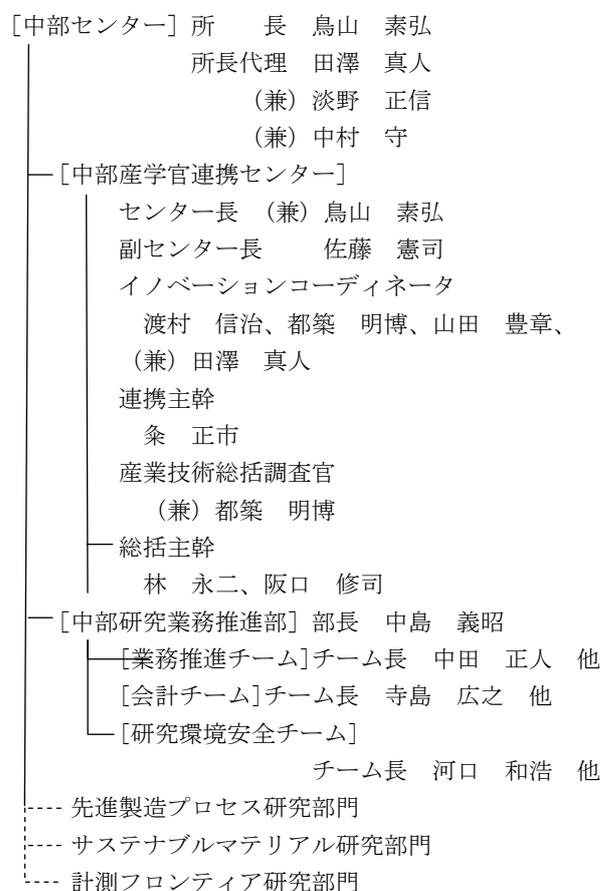
中部センター所属の3研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボを開催し、研究発表会では25件の研究発表、オープンラボでは11件の研究現場紹介を行った。研究発表会には350名の、オープンラボには153名の参加者があり、中部センターの研究活動と成果をアピールした。また「TECH Biz EXPO 2013」（来場者19,885名）において、産総研中部センターならびに中部地域の公設試験研究機関（9機関）が各機関の紹介などの展示を合同で行った。北陸地域でのシーズ発信活動として金沢市で技術普及講演会（参加者47名）を開催した。産総研の技術シーズを定期的に発信する技術シーズ発表会を昨年度に引続き行った。科学技術の啓蒙活動として8月に一般公開を開催した（参加者2,660名）。本年度の延べ見学者数は272名に達している。

知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許51件、外国特許25件を出願した。技術相談件数は645件あった。

産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究227件、受託研究24件を行った。大学とは、連携大学院の拡充強化に努め、10大学（名古屋

工業大学、岐阜大学、大同大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、長岡技術科学大学、上智大学、北海道大学、金沢工業大学）に11名の教授と3名の准教授が就任している。平成22年度から愛知県が開始した「知の拠点あいち」重点研究プロジェクトに、中部センターからも17名の研究者が加わり、「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発」と「超早期診断技術開発プロジェクト」に取り組んだ。また、戦略的基盤技術高度化支援事業3テーマ、復興促進プログラム（A-STEP）2テーマ、新あいち創造研究開発補助事業1テーマに参加した。

機構図(2014/3/31現在)



7) 関西センター (AIST Kansai)

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31

代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-754-1939

サイト：

尼崎支所：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺3-11-46

TEL：06-6494-7854

人員：167名（138名）

概要：

産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクト

ロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

現在、当センターには、4研究部門（ユビキタスエネルギー研究部門、健康工学研究部門、計測標準研究部門、セキュアシステム研究部門）が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も積極的に展開している。

近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

産総研の研究活動を紹介するため、「AIST 関西懇話会」、「ダイヤモンド・イノベーション・クラブ」（池田市）、「第9回 UBIQEN フォーラム：蓄電池・燃料電池関連技術の国際標準化」（豊中市）、「本格研究ワークショップ：蓄電池技術開発におけるオープンイノベーション」（大阪市）、「次世代ナノテクフォーラム」（豊中市）、「分子複合医薬研究会」（池田）、「炭素繊維シンポジウム」（大阪市）等を開催した。

連携業務の平成25年度実績（共同研究209件、技術研修99件、受託研究41件、国内特許出願（単願31件、共願53件）、外国特許出願（単願17件、共願51件））は活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所一般公開（尼崎7月26日：551名、池田8月3日：1550名）、池田市教育特区事業による市内小学校への科学教室や、全国の科学館や地方自治体等の要請による科学教室を実施した（81回：6558名）。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

セキュアシステム研究部門と協力して組込みシステム産業との連携活動を進めている。人材高度化プログラムである「組込み適塾」（関西、東北から延べ108名の技術者が受講）、国内各地域の組込み関連団体との連携強化を図る「全国組込み産業フォーラム」、製品開発の現場で技術展示を行う「出張展示会」などを組込みシステム産業振興機構と開催した。

機構図（2014/3/31現在）

[関西センター] 所 長 小林 哲彦
 所長代理 牧原 正記
 尼崎支所管理監（兼）坪田 年

[関西産学官連携センター]

センター長（兼）小林 哲彦
 副センター長 松原 一郎
 イノベーションコーディネータ
 （上席）上原 斎、堀野 裕治、
 坪田 年、松原 一郎、
 若林 昇、宮崎 義憲
 総括主幹 齋藤 俊幸 他

[関西センター研究業務推進部] 部長 芝原 徹

 [業務推進チーム] チーム長 橋本 朗
 [会計チーム] チーム長 青木 一彦
 [研究環境安全チーム] チーム長 村岡 忍
 [尼崎業務推進チーム] チーム長 稲田 正利

 [計測標準研究部門]
 [健康工学研究部門]
 [ユビキタスエネルギー研究部門]
 [セキュアシステム研究部門]

8) 中国センター（AIST Chugoku）

 所在地：〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32
 TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820

人 員：32名（22名）

概 要：

産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、バイオマスリファイナリー研究センターでは木質系バイオマスからの化学品原料（ケミカル）、高性能複合材料（マテリアル）、液体燃料を製造するための基盤技術の研究開発を、地質情報研究部門沿岸海洋研究グループでは瀬戸内海などの沿岸・閉鎖性水域の環境修復のための研究を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブ基地として、企業の技術相談・支援に注力するとともに、大学、公設研との連携を推進している。

バイオマスリファイナリー研究センターでは、木質系バイオマスを分解して糖、セルロースナノファイバー、リグニンなどを効率よく取り出す技術の開発、糖を出発物質としてバイオ変換により液体燃料や化学品原料を製造する技術の開発、セルロースナノファイバーとプラスチックを混ぜることで高性能複合材料を製造する技術の開発を進めている。またバイオマスの糖化に欠かせない糖化酵素について、生産性の向上、バランスの最適化、高機能化を目指した研究を行っている。さらに木質系バイオマスをガス化した後、合成ガスから触媒合成によってジェット燃料を製造するプロセスの開発や、微生物により有用物質やエタノールに変換するための基盤技術の研究開発にも取り組んでいる。

沿岸海洋研究グループでは、瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体を軸に現地観測、水理模型実験、数値シミュレーション等の手法並びに阿賀臨海実験施設（呉市阿賀）を活用し、流況改善やアマモ場再生による沿岸域環境修復と環境評価の技術開発を推進した。

中国産学官連携センターは、地域企業の技術課題と産総研の研究成果のマッチングの強化等を目的に創設した産総研中国センター友の会（産友会）の活動として、会員企業訪問、メルマガ発信等を行っている。さらに産業技術連携推進会議中国地域部会、中国地域産総研技術セミナー、中四国地域公設試験研究機関研究者合同研修会等を開催するとともに、中国5県公設研究機関の開放機器データを中国センターホームページに公開している。平成25年度には、地域の中小企業、公設研究機関、知能システム研究部門との連携による産総研戦略予算「中小企業支援のためのランダムピックアップロボットシステムの開発」をコーディネートした。

機構図（2014/3/31現在）

[中国センター]	所長	中村 修
	所長代理(兼)	平田 悟史
— [中国産学官連携センター]	センター長(兼)	中村 修
	副センター長	松井 眞一
— [中国研究業務推進室]	室長	関河 敏行
--- [バイオマスリファイナリー研究センター]	成分分離チーム	
	酵素利用チーム	
	微生物変換チーム	
	セルロース利用チーム	
	BTLプロセスチーム	
	実証・実用化チーム	
--- [地質情報研究部門]	沿岸海洋研究グループ	
	瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体	

9) 四国センター（AIST Shikoku）

所在地：〒761-0395 香川県高松市林町2217番地14号

代表窓口：TEL(087)869-3511、FAX(087)869-3553

人員：34名（24名）

概要：

産業技術総合研究所四国センターは、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り

組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門（平成22年4月1日設立 研究拠点：四国センター、関西センター）は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッションとし、四国センターでは特に、1)バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発、2)健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発を戦略課題として、境界型糖尿病マーカー、酸化ストレスマーカー、炎症性糖脂質マーカーなどの探索と疾患予知診断のためのバイオデバイス開発、および感染症の超早期診断機器の開発などに取り組んでいる。

四国地域の企業を中心に組織化した「四国工業研究会」をもとに、下部組織である“次世代バイオナノ研究会”での研究成果の発信や普及、イノベーションコーディネータを中心とした個別企業との対話や技術相談等、四国地域における工業技術の振興、産業の発展を目指した活動を実施した。

「四国地域イノベーション創出協議会」の副事務局として、産総研と経済局・自治体との情報共有を主とした連絡会議の開催に加え、産業支援機関などの支援ツールを活用することで企業の多様なニーズに応える活動を実施した。また“四国産業技術大賞・革新技術賞”として、技術開発成果が特に優秀であった四国内企業3社の表彰を実施した。

「産業技術連携推進会議四国地域部会食品分析フォーラム分科会」では、新たに3つの公設研究機関が加入し、公設研究機関の会員が20機関となった。本分科会は、地域特産食品の機能性成分について信頼性の高い分析法を確立して分析精度を高め、食品商品への機能性成分表示を容易にすることにより、生鮮食品や加工食品の付加価値向上とブランド化に貢献し、我が国の地域食品関連産業の振興を期することを目的としている。会員公設研究機関協力のもと、フォーラム標準化2件、室間共同分析4件を実施した。

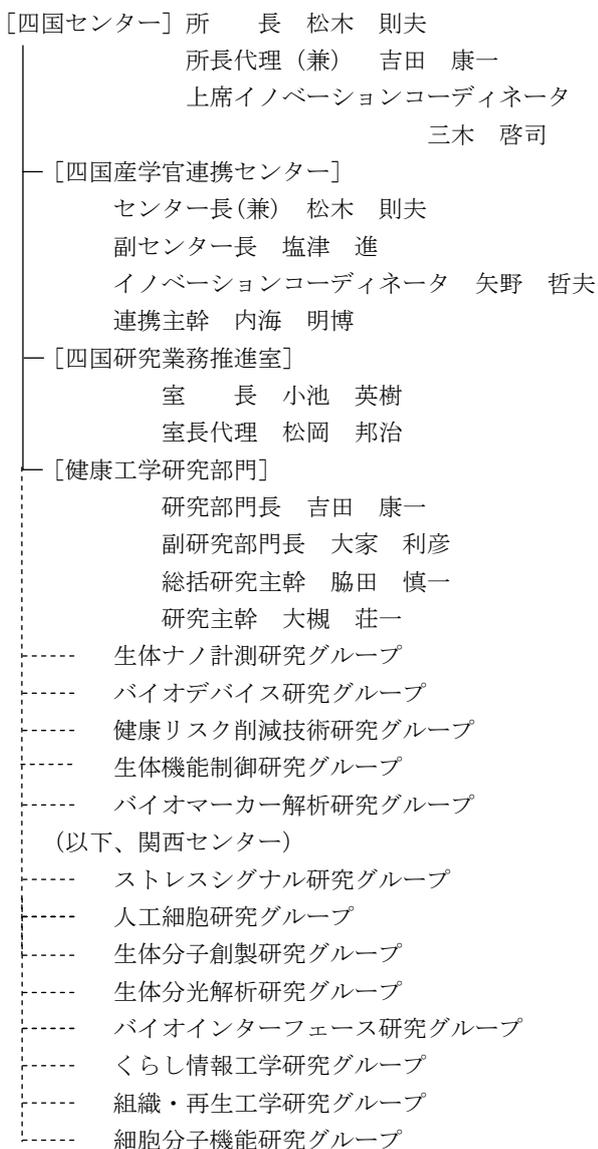
四国内の6大学（連携協定締結大学：徳島大、鳴門教育大、香川大、愛媛大、高知大、高知工大）と産総研との四国研究プラットフォームでは、昨年度に引き続き「四国・住みたいまちに生きる」をテーマに議論を行った。外部有識者を招き、都市論や地域の産業創生、過疎地域における地域活性化の事例などを取り上げ、講演と意見交換を行い、その内容を中間報告としてとりまとめた。また、遍路中の健康に対する効果を科学的に実証することを目的として“お遍路が心と体に与える影響調査”を高知大学との共同で実施した。

11月には“四国が拓く新素材・デバイスの未来”を

テーマに愛媛県松山市において「本格研究ワークショップ in 松山」を伊予銀行と共同で開催した。化学素材産業の集積がある愛媛県において、企業の最新動向と産総研の関連研究の事例を紹介し、新素材・デバイスの将来を四国から展望することを目的として、講演、ポスター展示及び技術相談を行い約200名の参加があった。

その他、産業界向けの講演会として、四国4県の公設試や産業支援機関の協力のもと「新技術セミナー」を計6回開催した。また、青少年に科学技術のおもしろさを体験する機会を提供し、理解増進を図ることを目的に一般公開を開催、香川県内のスーパーサイエンスハイスクール指定校2校（高松第一高等学校、観音寺第一高等学校）の協力もあり、約500名の参加があった。

機構図（2014/3/31現在）



10) 九州センター（AIST Kyushu）

所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1

代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690

福岡サイト：〒812-0013 福岡市博多区博多駅東二丁目
13-24（財）九州産業技術センター内 2F

TEL：092-292-5051、FAX：092-292-5998

人員：43名（32名）

概要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活かすための研究開発に取り組んでいる。

九州は半導体、自動車関連分野における製造業の集積地であることから、「研究拠点」としては、「マイスター型連携制度」を導入し、半導体産業などの生産現場における品質・生産性の向上、安全確保などに資する新たな計測ソリューションをオンタイムで提供することを目指す「生産計測技術研究センター」を設置している。

「連携拠点」としては、「太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体」を設置し、民間企業等とともに太陽電池モジュールの長期信頼性評価のための産学官連携拠点形成を進めている。

この他の「連携拠点」の活動として、11月に産技連九州・沖縄地域部会等が一体となって地域企業等へ技術情報提供、情報交換等を行う交流の場として「第3回九州・沖縄 産業技術オープンデー」を鳥栖市にて開催し、企業から多数の参加者を得た（来場者：375名）。また、九州経済産業局、中小機構九州本部、九州産業技術センターおよび九州ニュービジネス協議会との5者共同主催による「産学官交流研究会 博多セミナー」を中小機構九州本部において毎月第一金曜日に開催し、産学官の出会いと交流・相談の場を提供した（参加者：延べ854名）。

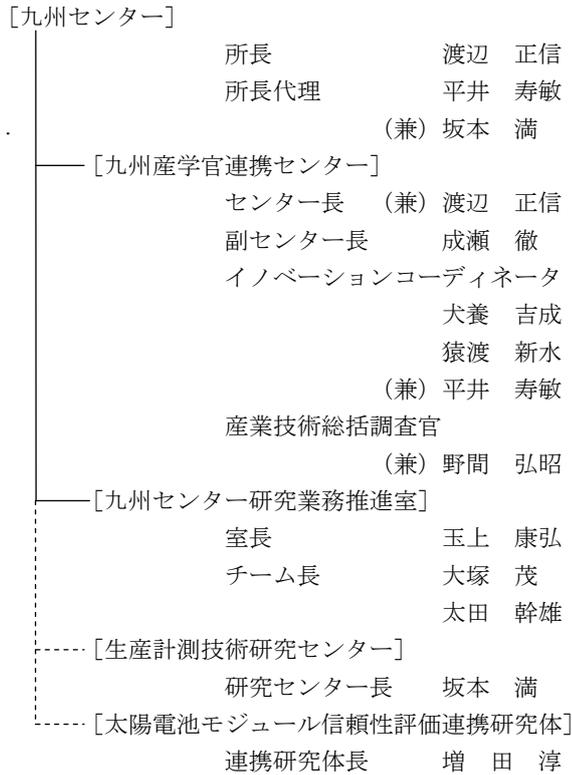
8月には、九州センターを一般公開し、科学の楽しさや不思議さを体験させる機会を提供した（来場者：1,195名）。1月には、「産総研本格ワークショップ in 大分」を開催し、講演会、地元企業との意見交換会、技術相談の他、産総研の成果展示も行き、産総研の技術活用を地域企業に広報した（参加者：212名）。

また、佐賀県と平成24年5月に締結した連携・協力に関する協定に基づき、県内中小企業向けセミナーを1回（2月、参加者：27名）、産総研との連携企業見学会を1回（5月、参加者：約40名）開催した。九州工業大学および北九州市とは、平成24年2月に締結した連携・協力に関する協定に基づく連携事業として、10月の「北九州学術研究都市第13回産学連携フェア」において合同セミナー「オープンリサーチによる環境エレ

クトロニクス研究と拠点化構想」を開催（参加者：101名）するとともに、研究成果を展示した。

産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」では、傘下の5研究会による講演会等を15回、出前シンポジウムを1回開催（参加者：延べ569名）した。

 機構図（2013/3/31現在）



再生可能エネルギーの研究開発の推進」と「新しい産業の集積を通じた復興への貢献」をミッションとする、再生可能エネルギーに関する研究開発に特化した事業組織である。研究実施ユニットとして再生可能エネルギー研究センターを擁し、再生可能エネルギーの大量導入を支えるための、導入制約解消のためのシステム開発、一層のコスト低減、環境負荷低減や社会受容のための適切なデータ提供の研究を実施する。また、当所の施設の一部を使用して文部科学省の「革新的エネルギー研究開発拠点形成事業」が実施される。

当所独自の連携活動として、平成25年度に「被災地企業のシーズ評価プログラム」を開始した。この事業は「産業集積による復興への貢献」という当所のミッションの一つとして、東日本大震災の被災3県（福島、宮城、岩手）に所在する企業が開発した再生可能エネルギーに関連したシーズに対する技術支援を産総研が経費を負担して実施し、その成果の当該企業への移転を通じて、地域における新産業の創出を支援する事業である。平成26年度事業は事業名を「被災地企業のシーズ支援プログラム」とし、平成26年1月に募集を行った（4月に採択課題決定予定）。

その他の連携・広報活動として、産総研オープンラボでの福島再生可能エネルギー研究所特別展示と講演会開催（10月）、ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェアへの出展（11月）、郡山市市主催産学官交流会（10月）、いわき市主催産学官交流会（12月）への参加等を実施した。産総研は、平成26年2月に東北大学と「東日本大震災からの復興・再生を目指した産学官連携・協力に関する協定」を、また同年3月に福島県と連携・協力に関する協定を締結し、それらにおいて福島再生可能エネルギー研究所は連携の中核を担う。

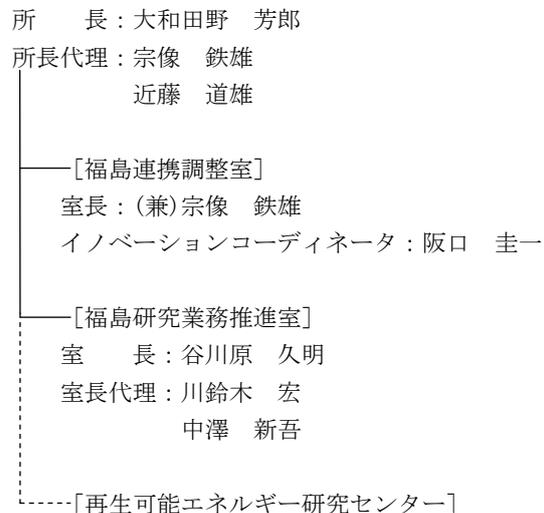
11) 福島再生可能エネルギー研究所
 (Fukushima Renewable Energy Institute)

 所在地：〒963-0298 郡山市待池台2-2-9
 代表窓口：TEL：024-963-1805、FAX：024-963-0824
 人員：23名（16名）
 概要：

福島再生可能エネルギー研究所は、東日本大震災復興基本法第3条に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」および「福島復興再生基本方針」などを受けて、産総研が「再生可能エネルギー先駆けの地、福島」に設立することを決定した新たな研究拠点である。平成26年4月の拠点開所に先行して、平成25年10月1日に設立された。設立から平成26年1月の拠点建物竣工まではつくば研究センターにおいて研究・業務活動を実施し、拠点建物竣工後は段階的に現地駐在者を増員して研究実施環境の整備を進め、3月に開所準備を完了した。

福島再生可能エネルギー研究所は「世界に開かれた

 機構図（2014/3/31現在）



◆図書蔵書数

蔵書

平成25年度末

センター・事業所	区分	単行本					雑誌					
		24年度受入数(冊)				総蔵書数 (冊)	24年度受入数(冊)				製本冊数 (冊)	総蔵書数 (冊)
		購入	寄贈	除籍・移動	計		購入	寄贈	除籍・移動	計		
北海道センター	外国	0	22	△ 17	5	1,404	43	0	0	43	43	15,852
	国内	0	85	△ 87	△ 2	4,525	35	0	0	35	35	8,126
	計	0	107	△ 104	3	5,929	78	0	0	78	78	23,978
東北センター	外国	0	0	△ 199	△ 199	316	0	0	△ 6,215	△ 6,215	43	186
	国内	0	0	△ 325	△ 325	1,144	0	0	△ 2,629	△ 2,629	35	23
	計	0	0	△ 524	△ 524	1,460	0	0	△ 8,844	△ 8,844	78	209
つくばセンター												
第2事業所	外国	0	4	0	4	75	0	0	0	0	0	0
	国内	4	14	0	18	410	0	0	0	0	0	0
	計	4	18	0	22	485	0	0	0	0	0	0
第3事業所	外国	0	0	0	0	206	0	0	0	0	0	0
	国内	0	0	0	0	176	0	0	0	0	0	124
	計	0	0	0	0	382	0	0	0	0	0	124
第5事業所	外国	0	0	0	0	167	0	0	0	0	0	0
	国内	0	0	0	0	801	0	0	0	0	0	0
	計	0	0	0	0	968	0	0	0	0	0	0
第6事業所	外国	0	0	0	0	149	0	0	0	0	0	15,168
	国内	1	0	0	1	573	0	0	0	0	0	1,798
	計	1	0	0	1	722	0	0	0	0	0	16,966
第7事業所	外国	150	1,849	△ 59	1,940	80,749	1,652	1,019	△ 203	2,468	2,066	143,559
	国内	2	2,139	△ 372	1,769	68,190	126	222	△ 936	△ 588	254	40,760
	計	152	3,988	△ 431	3,709	148,939	1,778	1,241	△ 1,139	1,880	2,320	184,319
東事業所	外国	137	281	△ 1	417	17,115	147	2	△ 1	148	148	37,533
	国内	0	477	△ 1	476	14,116	321	6	△ 21	306	347	9,839
	計	137	758	△ 2	893	31,231	468	8	△ 22	454	495	47,372
西事業所	外国	2	144	0	146	8,486	82	0	0	82	82	23,031
	国内	11	411	0	422	10,287	228	4	0	232	215	10,943
	計	13	555	0	568	18,773	310	4	0	314	297	33,974
中部センター	外国	6	13	△ 49	△ 30	7,249	24	0	△ 218	△ 194	24	44,492
	国内	0	110	△ 329	△ 219	9,654	39	10	△ 144	△ 95	49	12,024
	計	6	123	△ 378	△ 249	16,903	63	10	△ 362	△ 289	73	56,516
関西センター	外国	89	194	0	283	11,167	160	1	0	161	161	36,070
	国内	79	125	0	204	8,992	43	42	0	85	85	10,116
	計	168	319	0	487	20,159	203	43	0	246	246	46,186
中国センター	外国	0	2	△ 1	1	1,486	55	0	0	55	22	5,812
	国内	0	91	△ 6	85	3,594	26	20	0	46	26	3,005
	計	0	93	△ 7	86	5,080	81	20	0	101	48	8,817
四国センター	外国	0	1	0	1	1,568	2	0	0	2	2	6,672
	国内	0	35	0	35	3,807	50	9	0	59	59	2,748
	計	0	36	0	36	5,375	52	9	0	61	61	9,420
九州センター	外国	0	0	0	0	2,218	18	0	0	18	18	15,043
	国内	0	7	0	7	5,338	19	0	0	19	19	7,329
	計	0	7	0	7	7,556	37	0	0	37	37	22,372
産総研 合計	外国	384	2,510	△ 326	2,568	132,355	2,183	1,022	△ 6,637	△ 3,432	2,609	343,418
	国内	97	3,494	△ 1,120	2,471	131,607	887	313	△ 3,730	△ 2,530	1,124	106,835
	計	481	6,004	△ 1,446	5,039	263,962	3,070	1,335	△ 10,367	△ 5,962	3,733	450,253

※平成24年度よりつくばセンター内の第2、第3、第5、第6の単行本及び製本雑誌は第7及び第6書庫に集約済

※関西センターには尼崎事業所の蔵書の一部も含む

(2) 本部組織

研究の円滑な実施と社会への還元を、より効率的・効果的に支援すべく、平成22年10月の組織改編に際し「研究関連・管理部門等」のうち15部署を3本部に統合・スリム化等を行った。具体的には、産学官連携に関連する業務を総合的かつ横断的に実施する「イノベーション推進本部」、施設の維持・管理に関連する業務を一体的に実施する「研究環境安全本部」、事業所等の研究支援業務を統括する「総務本部」を設置した。

平成25年4月につくばイノベーションアリーナ推進関連の業務に係る意思決定の効率化等のため、「つくばイノベーションアリーナ推進本部」を設置した。更に、平成25年10月には内部監査体制の見直しを行い、「監査室」を「コンプライアンス推進本部」から理事長直下の本部組織として再配置した。

【本部組織】

- ・企画本部
- ・コンプライアンス推進本部
- ・イノベーション推進本部
- ・つくばイノベーションアリーナ推進本部
- ・研究環境安全本部
- ・総務本部
- ・評価部
- ・広報部
- ・監査室

<凡 例>

本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図（2014/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）

（つくば中央第○）

概要：業務内容

△△室（英語名）

（△△センター）

概要：業務内容

業務報告データ

1) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第2

人員：64名 (42名)

概要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門・研究ラボの新設及び改廃案の策定等を行っている。研究企画業務として、研究方針の企画立案、研究戦略の策定、分野融合による重点研究テーマの設定、研究スペースの調整、研究計画の取りまとめ等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術会議や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総括的な対応を担っている。

機構図 (2014/3/31現在)

【企画本部】

企画本部長	川上 景一
企画副本部長	中村 吉明
	宇都 浩三
審議役	廣田 正典
	野口 哲男
—【総合企画室】	
室長	今泉 博之
総括企画主幹	中村 浩之
	原 重樹
—【組織企画室】	
室長	屋代 久雄
—【研究戦略室】	
室長	加納 誠介
総括企画主幹	石井 順太郎
—【産業技術調査室】	
室長	関根 重幸

総合企画室

(General Planning Office)

概要：

企画本部4室を総括し、研究所の総合的な経営方針及び研究方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行っている。

組織企画室

(Organization Planning Office)

概要：

組織企画室は、研究所の組織及び人員配置にかかる基本方針の企画及び立案並びに総合調整、研究所の運営諮問会議、及び理事長が参加する外部委員会等への対応に関する業務を行っている。

研究戦略室

(Research Strategy Office)

概要：

研究戦略室は、研究所の研究戦略及び研究所の人事に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整を行っている。

産業技術調査室

(Industrial Technology Research Office)

概要：

産業技術調査室は、研究所の経営方針の企画立案に資する調査並びに産業技術や国等の政策動向に関する情報の収集、分析を行っている。

2) コンプライアンス推進本部

(Compliance Headquarters)

所在地：つくば中央第2

人員：11名 (3名)

概要：

コンプライアンス推進本部は、産総研における各部署や職員等のコンプライアンスに関する取組みを支援するとともに、リスク管理の最終責任部署として関連部署等と連携を図りながら、社会の信頼に応える組織の構築を推進している。

平成25年度の主な活動は以下のとおりである。

- 参加型によるコンプライアンス推進の周知徹底
 - 新規採用職員や契約職員に対してコンプライアンスに関する基礎知識の理解を目的とした研修を実施し、また、グループ長等及び研究ユニットの研究員等を対象にコンプライアンスに関する知識の再確認・管理意識の徹底を目的とした研修を実施した。
 - コンプライアンス推進活動の一環として、身近な事例をもとに、コンプライアンスに関する理解をより深めるため、啓発資料「コンプラ便り」を作成し、所内に4通発信した。
 - 職員一人一人のコンプライアンスに対する意識を高めるため、役職員等を対象として、「コンプライアンスに関するセルフチェック」を実施し、対象者全員 (5,820名) が基本的な考え方を再確認した。

2. 利益相反マネージメントの実施

- ・役職員等を対象として、年2回（上期:8月、下期:3月）の「利益相反に係る定期自己申告」を実施し、対象者全員（上期3,153名、下期3,135名）からの申告を受けた。また、今年度は利益相反が懸念される職員7名に対し、外部の利益相反カウンセラーによるヒアリング等を実施した。

3. 組織的なリスク管理能力の向上

(1) リスク管理のPDCAサイクル

- ・各部署等におけるリスク管理活動プランの策定及び自己評価の結果を基に、リスク管理におけるPDCAを実施した。
 - ・コンプライアンス推進本部が4研究センター及び11研究部門のリスク管理責任者等とリスク管理活動等に関する意見交換を行い、リスク管理に対する意識や取り組み状況の把握に努めた。
 - ・コンプライアンス推進本部が各部署等との意見交換によって得られた、リスク管理における取り組み事例や教訓となる事例等を整理し、今後のリスク管理活動への参考資料をイントラに掲載するとともに、今後の組織のあり方を検討するための参考資料として研究ユニット活動総括・提言委員会等に提供した。
- (2) 業務継続計画（BCP）の立案及び調整
- ・BCPの実効性を確保し継続的改善を図るため、優先業務担当部署と情報共有を行った。

機構図（2014/3/31現在）

[コンプライアンス推進本部]			
—	本部長	(兼)	一村 信吾
	副本部長	(兼)	福岡 徹
	総括企画主幹		岡村 雄治
[法務室]			
—	室長(兼)		岡村 雄治
	総括主幹		小賀野 功
[リスク管理室]			
—	室長		白井 智宏
	総括主幹		北川 由紀子
	総括主幹		稗田 一郎
	総括主幹		大川 裕之

法務室（Legal Office）

概要：

法務室は、(1)コンプライアンスの推進の基本方針の企画及び立案並びに総合調整、(2)不服審査及び訴訟に係る業務、(3)規程類の整備、(4)業務及び生活に関する法律相談、(5)利益相反マネージメントに係る業務を行っている。

リスク管理室（Risk Management Office）

概要：

リスク管理室は、(1)研究所全体のリスク管理のとりまとめ及び組織横断的なリスクの管理・対策に係る企画立案・総合調整、(2)研究所におけるリスクの定量的な評価の実施、重大リスク（優先的に取り組むべきリスク）の掌握、(3)過去の教訓事例やリスク評価の結果に立脚した重大リスクの低減策の策定、(4)事故・事件等の危機に対応し、被害を最小限に留める対策、(5)適切なコミュニケーション（情報提供・公表等）による信頼の維持・確保に向けた各部門等との調整、(6)リスク管理委員会の事務局に係る業務、(7)内部通報制度に係る業務を行っている。

3) イノベーション推進本部

(Research and Innovation Promotion Headquarters)

所在地：つくば中央第2

人員：14名（14名）

概要：

イノベーション推進本部は、産学官連携、知的財産の活用、国際標準の推進、ベンチャー創出・支援、国際連携、イノベーション人材の育成などの業務を一体化かつ密接に連携して実施する体制を敷き、これらのイノベーション推進業務を一元的なマネージメントの下、総合的かつ横断的に執行する。また、産学官が結集する研究拠点（ハブ）を構築し、研究開発に加えて評価や標準化を見据えた産総研の「人」と「場」を活用する連携を推進している。

さらに、企業や大学などの外部機関とのインターフェースとなって連携コーディネーションを担う「上席イノベーションコーディネータ」、「イノベーションコーディネータ」、それらを補佐する「連携主幹」を配置し、本部、研究分野、研究ユニットが一体となって外部との連携を推進する体制をとっている。

当本部はこの体制の下、産業技術に関する産業界や社会からの多様なニーズを迅速かつ的確に捉え、有望な技術シーズの発掘と育成、研究開発プロジェクトの企画立案と推進・支援、さらには中小企業支援や新産業の創出を行う。

機構図（2014/3/31現在）

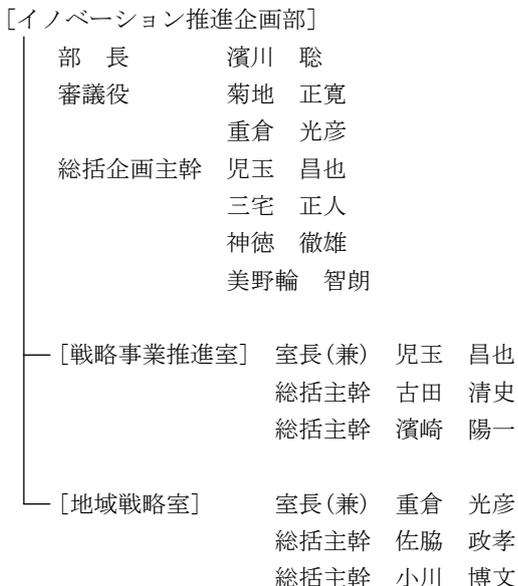
[イノベーション推進本部]	
—	本部長 瀬戸 政宏
—	研究参与 田中 芳夫

<p>河野 満男 石川 正俊</p>	<p>①【イノベーション推進企画部】 (Planning Division)</p>
<p>— 上席イノベーションコーディネータ</p> <p>上原 斎 米田 晴幸 近藤 道雄 三木 啓司 渡利 広司</p>	<p>所在地：つくば中央第2 人 員：20名（12名）</p> <p>概 要： イノベーション推進本部6部1スクール（イノベーション推進企画部、知的財産部、産学官連携推進部、国際部、ベンチャー開発部、国際標準推進部、イノベーションスクール）を総括し、イノベーションの創出及び推進のための戦略策定、企画の立案、及びプロジェクト等の推進を行っている。 イノベーション推進企画部の当該年度における主な活動は、次の通りである。</p>
<p>— イノベーションコーディネータ</p> <p>綾 信博 横地 俊弘 元吉 文男 古沢 清孝 高井 一也 黒澤 茂 山中 忠衛 山田 豊章 小高 正人 菅原 孝一 清水 聖幸 石川 純 池田 喜一 天神林 孝二 渡辺 一寿 内田 利弘 樋口 哲也 尾崎 浩一 名川 吉信</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・産総研の「看板」であるグリーン・テクノロジーとライフ・テクノロジーで、我が国産業をリードする世界最高水準の研究開発成果の創出を目指す研究プログラムとして「産総研 STAR 事業」を創設し、2課題（約5億円）をスタートさせた。併せて、課題解決型研究開発とオープンイノベーションハブ機能の強化を推進することを目的とした「戦略予算事業」を実施し、58課題（約25億円）を採択した。 ・本格研究ワークショップを全国7ヶ所で開催し、オール産総研の技術シーズとそれらを活用した研究開発事例の紹介を通じて、理事長をはじめとする経営層・研究者と、地域の産業・行政との間で本格研究の理念・方法論について共有化を進めた。 ・産総研が参画する23の技術研究組合により実施される延べ27の大型外部資金プロジェクトを推進するとともに、技術研究組合に関する運用方針の取り決め、事務手続きフロー整備等の総合調整を行った。 ・産総研の研究施設等を民間企業等が使用し、研究成果等を社会に普及する為に次の3事業を実施した。 <ul style="list-style-type: none"> i 「完全密閉型遺伝子組換え植物工場」を利用した遺伝子組換えイヌインターフェロンα発現イチゴの生産・調整及びそれを原料とする動物用医薬品の製造。 ii 「イオン注入装置」を使用した単結晶ダイヤモンドの供給。 iii 「スーパーグロース法 CNT 合成実証プラント」を使用したスーパーグロース法による単層 CNT 試験サンプルの配布。 ・「産総研オープンラボ2013」（来場者のべ5,179名）の開催に係る総合調整を行い、産総研の研究リソースや技術シーズの公開等、外部機関との連携促進のための支援を行った。 ・「産総研研究戦略」において、イノベーション推進戦略に関わる部分（第二部）を改訂した。 ・日本経済新聞社との協働事業「日本を元気にする産業技術会議」にて、シンポジウム等を8回開催し、ダイバーシティや食産業、国際標準化など、分野横
<p>— 連携主幹</p> <p>伊達 正和 吉田 晴男 児玉 泰治 小林 秀輝 新聞 陽一 泉 和雄</p>	
<p>— イノベーション推進企画部</p> <p>— 知的財産部</p> <p>— 産学官連携推進部</p> <p>— 国際部</p> <p>— ベンチャー開発部</p> <p>— 国際標準推進部</p> <p>— イノベーションスクール</p>	

断的テーマを議論した。

- ・ 個々の研究開発（実施テーマ）とその従事研究者、資金、研究業績などの関連情報を登録・収集する研究テーマデータベースを用いて、研究ユニットにユニット評価のデータ提供を行った。

 機構図（2014/3/31現在）



 戦略事業推進室
 (Strategic Research Promotion Office)
 (つくば中央第2)

概要：
 イノベーションの創出及び推進に係る企画・立案及び総合調整、並びにイノベーションの創出のための戦略策定及びプロジェクトの推進に関する業務を行っている。

地域戦略室
 (Regional Research Promotion Office)
 (つくば中央第2)

概要：
 地域の産学官連携戦略の策定及び地域センターの産学官連携活動の支援等を行っている。

②【知的財産部】
 (Intellectual Property Division)

 所在地：つくば中央第2

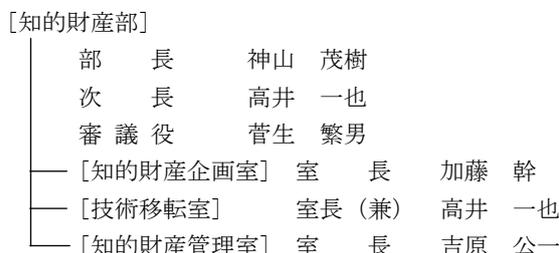
人員：25名（6名）

概要：
 産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産部においては、

研究成果が技術移転につながるよう知的財産権を戦略的に取得し、適切に維持・管理すると共に、産総研所有の知的財産を広く一般に紹介し、技術移転マネージャーが中心となり、イノベーションコーディネータ等とも協力し、技術移転を強力に推進している。

また、職員に対して研修や説明会を開催することにより、研究開発等において創製される発明等について、知的財産権を強く意識するよう促すとともに、内部弁理士（パテントリエゾン）、技術移転マネージャー並びにイノベーションコーディネータと連携し、産総研内外の知的財産に関する各種ニーズに対応している。さらに、ベンチャー開発部と連携し、産総研開発ベンチャーへの知的財産に関する支援も行っている。

 機構図（2014/3/31現在）



 知的財産企画室
 (Planning Office)
 (つくば中央第2)

概要：
 産総研の知的財産に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務を行うことで、産総研職員の知財マインドの向上及び産総研研究成果の技術移転を推進している。

具体的には、発明者補償金に関する業務、知的財産に関する研修企画業務、共同研究契約や技術研究組合の知財関連規程等に関する支援業務等、知的財産に関する業務を幅広く行っている。

技術移転室 (Technology Licensing Office)
 (つくば中央第2)

概要：
 産総研の研究成果を社会に普及するため、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転戦略の構築、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、マーケティング活動、ライセンス交渉および契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

知的財産管理室

(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の研究成果を戦略的かつ効率的に知的財産権化するため、パテントリエゾンや連携企業等と協力し、研究ユニットで創製した発明等を速やかに国内外特許庁に対し出願するとともに、適切な知的財産の保護と権利満了までの管理業務を行っている。

出願時には、研究者、イノベーションコーディネータ、パテントリエゾン並びに技術移転マネージャーと連携し、速やかな特許相談対応、明細書等の作成及び出願等手続を行っている。

また、特許権等の維持管理にあたっては、「産総研知的財産ポリシー」を踏まえ、権利維持の可否を判断するための特許出願プレビューや特許審査委員会の事務局業務を行っている。

産総研平成25年度特許関連統計

国内特許	出願件数	740件
	登録件数	837件
国外特許	出願件数	245件
	登録件数	226件
実施 (国内+国外)	実施契約件数	890件
	技術移転収入	265百万円

産業技術総合研究所

平成25年度ユニット別出願件数（届出時のユニット名）

(2014/3/31 現在)

研究ユニット	25年度国内出願件数			25年度外国出願件数			25年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
触媒化学融合研究センター	8	11	19	2		2	2		2
再生可能エネルギー研究センター		1	1			0			0
新燃料自動車技術研究センター	4	5	9	1		1	1		1
メタンハイドレート研究センター	2		2			0			0
コンパクト化学システム研究センター	5	9	14	1	2	3	1	1	2
先進パワーエレクトロニクス研究センター	12	33	45	2	6	8	2	5	7
太陽光発電工学研究センター	9	6	15	2	7	9	2	2	4
バイオマスリファイナリー研究センター	6	5	11	1	2	3	1	2	3
ユビキタスエネルギー研究部門	20	33	53	4	7	11	4	6	10
環境管理技術研究部門	13	14	27	2		2	2		2
環境化学技術研究部門	8	14	22	3	1	4	3	1	4
エネルギー技術研究部門	24	23	47	8	1	9	6	1	7
安全科学研究部門	1	9	10		2	2		2	2
糖鎖医工学研究センター			0	2	2	4	2	2	4
創薬分子プロファイリング研究センター	1	1	2		1	1		1	1
幹細胞工学研究センター	4	4	8	1	3	4	1	3	4
バイオメディカル研究部門	18	15	33	4	5	9	4	5	9
健康工学研究部門	23	9	32	1	4	5	1	4	5
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	8	3	11	5		5	5		5
生物プロセス研究部門	8	11	19	1	2	3	1	2	3
サービス工学研究センター	3	1	4	1	1	2	1	1	2
ネットワークフォトンクス研究センター	6	2	8			0			0
ナノスピントロニクス研究センター	1		1	1		1	1		1
デジタルヒューマン工学研究センター	2		2			0			0
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	8	6	14	4	2	6	3	1	4
知能システム研究部門	8	3	11	1	2	3	1	2	3
情報技術研究部門	3		3	2	5	7	2	2	4
電子光技術研究部門	10	7	17	5	4	9	4	3	7
ナノエレクトロニクス研究部門	55	28	83	63	23	86	36	14	50
セキュアシステム研究部門	2	2	4	2		2	2		2
ナノチューブ応用研究センター	15	2	17	2		2	2		2
集積マイクロシステム研究センター	13	7	20	4	5	9	2	3	5
先進製造プロセス研究部門	23	36	59	4	2	6	3	1	4
サステナブルマテリアル研究部門	8	12	20	2	1	3	2	1	3
ナノシステム研究部門	21	20	41	8	5	13	8	5	13
生産計測技術研究センター	11	9	20	3	3	6	3	3	6
計測標準研究部門	12	10	22	2	1	3	2	1	3
計測フロンティア研究部門	3	5	8	1		1	1		1
地圏資源環境研究部門		5	5			0			0
地質情報研究部門			0	1		1	1		1
地質標本館	1		1			0			0
合計	379	361	740	146	99	245	112	74	186

※外国基礎出願件数：外国出願を行う基礎となった国内出願の件数。

平成 25 年度研究分野別登録件数（届出時の研究分野）

(2014/3/31 現在)

研究分野	国内			外国		
	単願	共願	合計	単願	共願	合計
環境・エネルギー分野	180	149	329	24	57	81
ライフサイエンス分野	70	49	119	17	19	36
情報通信・エレクトロニクス分野	79	51	130	24	13	37
ナノテクノロジー・材料・製造分野	125	76	201	28	27	55
標準・計測分野	31	20	51	8	8	16
地質分野	6	1	7	1	0	1
合計	491	346	837	102	124	226

③【産学官連携推進部】

(Collaboration Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人 員：45名（7名）

概 要：

産業界、大学、公的研究機関、自治体等との連携の構築を通して、第三期中期計画における取組の大きな柱と位置付けている「21世紀型課題の解決」と「オープンイノベーションハブ機能の強化」に貢献することを目的とした活動を行っている。具体的には、産学官が一体となって研究開発や実用化等を推進するために、共同研究や受託研究の受入等を含めた各種産学官連携制度の企画・立案及びそれらの制度の効率的かつ着実な運用、地域技術施策の立案・調整、技術相談窓口、関東甲信越静地域における産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築、中堅・中小企業等への技術移転の推進等に関する業務を行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[産学官連携推進部]

部 長 清水 聖幸
次 長 鈴木 光男

—[連携企画室] 室長 宮本 健一
—[産学・地域連携室] 室長 尾崎 浩一
総括主幹 後藤 浩平
—[関東産学官連携推進室] 室長 黒澤 茂
総括主幹 松本 成司
—[プロジェクト支援室] 室長 小林 良三
—[共同研究支援室] 室長 三田 芳弘
—[検査管理室] 室長 小林 富夫

連携企画室

(Collaboration Promotion Division Planning Office)

(つくば中央第2)

概 要：

産学官連携活動全般について企画・立案を行うとともに、産学官連携推進部全体の業務を円滑に推進させ

るための総合調整を行っている。さらに、外部機関との連携協定の締結に関する事、連携大学院協定の締結と運用に関する事、産総研コンソーシアムの設立手続に関する事等の業務を行っている。

産学・地域連携室

(Collaboration Promotion Division Corporate, Academic and Regional Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概 要：

地域技術施策の立案・調整業務、中小企業との共同研究の推進、技術相談窓口業務、産業技術連携推進会議事務局として産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務等を実施している。

産業技術連携推進会議事務局業務では、産総研と公設試験研究機関によるプロジェクト共同提案へ向けた取組として「研究連携支援事業」や、研究会として持ち回り計測や依頼試験等の計測値に関する公設試験連携のための「技術向上支援事業」を行っている。

さらに、地域・中小企業ニーズを取り込み、産総研の技術を活用し製品化を目指して、公設試験研究機関・中小企業と共同で研究開発を実施する「地域産業活性化支援事業」を行っている。

中小企業と共同研究を推進するための事業として、研究開発規模が数千円から億円レベルでプロジェクト化が必要な共同研究の提案を支援する「中小企業共同研究スタートアップ事業」を実施している。

また、産総研の技術シーズを基に高性能な製品を開発し海外展開を図る中小企業に対し、その製品性能を評価する手法を確立して製品及び評価手法を海外に向けて発信することにより、中小企業のグローバル展開を支援する「中小企業グローバルトップ性能製品の評価手法の開発」事業を実施している。

関東産学官連携推進室

(Collaboration Promotion Division Kanto Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概要：

関東甲信越静地域における、産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等を発掘・育成し、技術開発支援を行うことにより、共同研究等の技術移転を促進している。また、産学官連携共同研究施設(つくば)の運営に関する業務を行っている。

プロジェクト支援室

(Collaboration Promotion Division National Project Support Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究及び請負研究並びに産総研から他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究及び研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。

共同研究支援室

(Collaboration Promotion Division Collaborative Research Support Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務を行っている。

また、産総研の「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入に関する覚書締結及び技術研究組合事業に参加する職員に関する協定書締結等の支援業務を行っている。

検査管理室

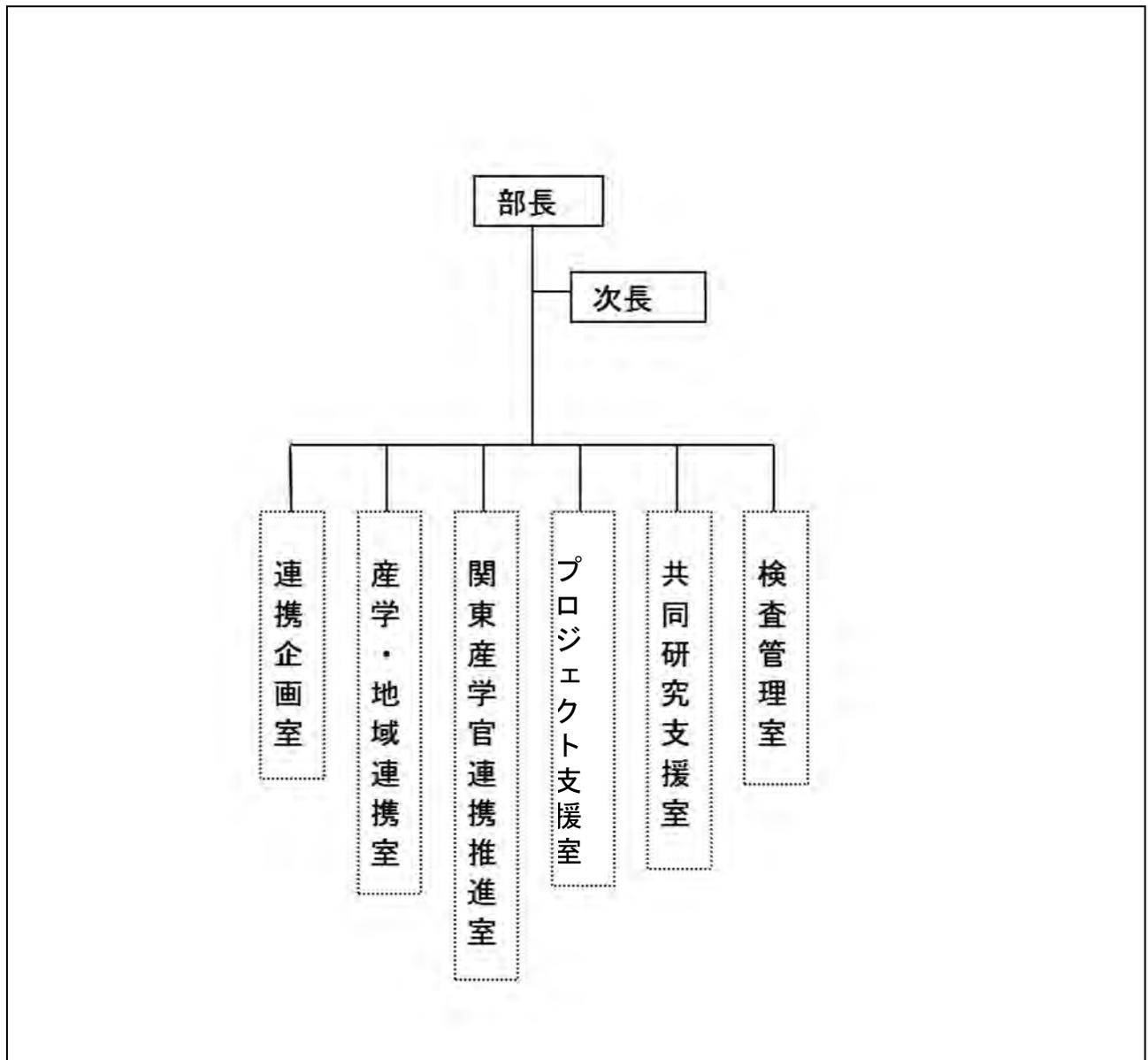
(Collaboration Promotion Division Inspection and Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：

受託研究等外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、職員に対するコンプライアンスの向上に努めている。また、組織内外からの外部研究資金に係る相談窓口の設置及び不正使用等に係る通報窓口を設置している。

1. 産学官連携推進部の組織



産業技術総合研究所

1) 共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

共同研究ユニット別件数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	14	3	7	2	1	27
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31	3	1	12	1		17
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	4	4	1	2	1	12
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	21	6	15	23	4	69
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	15	4	4	1		24
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	1	1	7	2		11
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	6	1			4	11
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	2		2			4
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	25	3	11	5		44
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	8	3	12	2		25
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1		5			6
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	2	5	17	14	3	41
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	11	3	31	16	1	62
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	8	3	47	8		66
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	6	2	13	10		31
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	26	7	89	21	10	153
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	5	2	20	10		37
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	8	1	14	2	4	29
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	29	23	22	10		84
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～			11	2		13
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～	5		23	11		39
小計			200	72	363	142	28	805
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	33	28	53	52	30	196
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	11	7	18	13	5	54
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	28	15	33	21	4	101
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	37	15	24	18	2	96
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	30	8	59	22		119
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	41	10	67	41	6	165
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	30	10	41	49	12	142
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	9	9	2	1	3	24
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	29	12	37	24	11	113
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	15	2	2	26
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	46	11	35	13		105
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	6	4	17	12		39
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	8	8	18	6		40
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	65	10	29	21	8	133
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	48	24	25	23	5	125
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	54	10	27	27	2	120
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	41	7	36	21	5	110
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	44	8	58	31	1	142
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	40	7	39	28	3	117
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	38	5	21	23	2	89
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	10	1	18	13	3	45
小計			653	211	672	461	104	2,101
フェロー、事業組織・本部組織等	その他				2		4	6
計			853	283	1,037	603	136	2,912

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

2) 委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

委託研究ユニット別件数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計	
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	1					1	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31	1					1	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31						0	
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～						0	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						0	
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						0	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	1					1	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	10	2	3	3		18	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1					1	
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1					1	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						0	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	3		1			4	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～			1			1	
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	1					1	
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0	
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	1					1	
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	2	1		2		5	
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～	4					4	
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～			1			1	
	小計		26	3	6	5		40	
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	2		2			4	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	4	1		1	2	8	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	3	1		2		6	
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～			1			1	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						0	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	8	1			1	10	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4					4	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						0	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	2					2	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	1	1				2	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	4			3	1	8	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	4	1				5	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2					2	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1	1	1	1		4	
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	6	3				9	
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	2		1			3	
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～						0	
	小計		43	9	5	7	4	68	
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		9	1				10	
			計	78	13	11	12	4	118

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

3) 受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

受託研究ユニット別件数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	2	3			1	6
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31		3	8		3	14
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31		7				7
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～		12	1	4		17
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～		2				2
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						0
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	1	1		1	3	6
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					2	2
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	2		1	1	6
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		5	1		1	7
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		4	1			5
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		4				4
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		10	2	2	1	15
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		1	1			2
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	2	9	1	1	3	16
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～		9	6		2	17
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		5	1	1		7
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	3	6			4	13
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～		3			2	5
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～		2	1		1	4
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～		3		1	3	7
	小計		10	91	23	11	27	162
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	1	15	13	7	5	41
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	1	6	5	4	6	22
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～		10		1	3	14
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～		7	3	3	2	15
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	3	21	2	1	2	29
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	26	1	4	2	34
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～		9				9
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	7		1	4	14
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4	13	2	5	5	29
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	1	7	2		2	12
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	4	24	11	4	13	56
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～		7				7
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	2	2		4	10	18
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	11	2			14
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～		10	1	4	2	17
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	13	1	5	3	23
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	6	3	1	2	13
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	2	12		3	7	24
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	3	12	1	6	2	24
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		11		5		16
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～		5	2	2	2	11
	小計		27	234	49	60	72	442
フェロー、事業組織・本部組織等	その他			4			5	9
	計		37	329	72	71	104	613

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

4) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

請負研究ユニット別件数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計	
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31						0	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31			1			1	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31						0	
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～						0	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						0	
ネットワークフォトリソニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						0	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31		1				1	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～						0	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～					1	1	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						0	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						0	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						0	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～			1	2		3	
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～			1			1	
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0	
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～			2			2	
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	2		3			5	
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～						0	
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～			1			1	
	小計		2	1	9	2	1	15	
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～				2		2	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～			1	1		2	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～						0	
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～						0	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～			4			4	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～			1			1	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						0	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～						0	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～				1		1	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						0	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～		2	1	1		4	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～						0	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～					3	3	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						0	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～			1	1		2	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						0	
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0	
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						0	
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～						0	
	小計		0	2	10	4	3	19	
フェロー、事業組織・本部組織等	その他				1			1	
			計	2	3	20	6	4	35

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

5) 技術研修

外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。

技術研修ユニット別人数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	5					5
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31	9					9
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	14		3			17
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	13					13
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	3	4				7
ネットワークフォトリクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3					3
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	5				7	12
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	15	3		5	10	33
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	24			1		25
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	31					31
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	3					3
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	29			2	2	33
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	14		2			16
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	5					5
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	15					15
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	20		1	2		23
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9		3	4	1	17
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	3					3
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	1		11			12
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～	6			1		7
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～	1					1
小計			228	7	20	15	20	290
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	17	11	6	9	1	44
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	11		3	2	1	17
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	22		1	1		24
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	38	3	20	7	4	72
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	55		9	2		66
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	46		3	2	3	54
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	6					6
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	13				1	14
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	36		3		1	40
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	10		1			11
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	57		3	2	1	63
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	20					20
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	17		7	3	1	28
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	75			2		77
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	55			3	5	63
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	73	5	11	1	1	91
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	38	2				40
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	33	2	11	1		47
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	50	16	49	21	2	138
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	54	4	2	1		61
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～						0
小計			726	43	129	57	21	976
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		39	1	14	11	3	68
			計	993	51	163	83	1,334

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

6) 外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

外来研究員ユニット別人数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計	
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	1				1	2	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31	3	10	2	2	5	22	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	12	2	1	1	1	17	
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	5		8	3	5	21	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～							
ネットワークフォトリクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2			2	2	6	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	21	11			6	38	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	6		11			17	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	4			1	4	9	
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	8	1	1	2	3	15	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	4		6			10	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5			3	2	10	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	11			1		12	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	5		10	1	9	25	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	12	1		1	1	15	
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	5		1	1	8	15	
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	8	3	3	1	6	21	
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～		2				2	
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	3	6	2	2	1	14	
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～		2	3			5	
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～	1		1		2	4	
小計			116	38	49	21	56	280	
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	5	1			12	18	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	11	2	4		12	29	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	14	2	1	1	15	33	
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	1	1		1	4	7	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	12			1	10	23	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	18	1		2	17	38	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	3	2		1	4	10	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	49	8	6	3	25	91	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	13	4		2	17	36	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4	1	1		5	11	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	48	10	4	10	18	90	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	7	1				8	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	9	7			8	24	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	42	4	2	3	22	73	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	5	2	3	9	26	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	11	7	1	6	10	35	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	51	13		3	15	82	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	16	5		7	7	35	
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9	3	7	4	27	50	
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	10	5	1	6	10	32	
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	6			1	1	8	
小計			346	82	29	54	248	759	
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		2	2			1	31	36
			計	464	122	78	76	335	1,075

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

7) 連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

(参考：大学院設置基準「第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」)

○連携大学院派遣教員ユニット別人数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	派遣教員数				計	
			国公立大学		私立大学			
			教授	准教授	教授	准教授		
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	1	2			3	
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31		1			1	
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	2	5	2	4	13	
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	8	3			11	
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	4	1			5	
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～			1		1	
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	1	1			2	
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					0	
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1			2	
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1	1	1	1	4	
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1		1	1	3	
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～					0	
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	1	6		9	
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	3		2		5	
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	2			5	
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	7	3	3	1	14	
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		1		2	
バイオマスマリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～		1			1	
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	2	1	1		4	
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～	1		1		2	
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～					0	
	小計		38	23	19	7	87	
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	1	1	2	2	6	
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	5	2			7	
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	7	6	2	1	16	
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	1	1	2		4	
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	4	3	5	1	13	
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	7	2	11		20	
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2		2		4	
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	1			3	
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	2	4		9	
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	2		9	
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	10	4	6	1	21	
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	4	3	2	2	11	
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	1	1	1		3	
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	3	4	5	18	
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	13	4	1		18	
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	10	8	4	2	24	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	2	3	1	14	
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	6		4		10	
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1		5		6	
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～			7	1	8	
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～		1			1	
	小計		96	46	67	16	225	
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		14	2	5	1	22	
			計	148	71	91	24	334

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

事業組織・本部組織業務

○連携大学院派遣教員一覧

平成26年3月31日現在

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数		
					教授	准教授	計
1	北海道	国立	北海道大学	生命科学院	3	3	6
				総合化学院	2		2
				農学院	3	2	5
2	東北	国立	東北大学	環境科学研究科	1		1
				理学研究科	3	4	7
3	東北	国立	福島大学	システム理工学研究科	12	3	15
				理工学研究科	1		1
4	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	2		2
5	関東	国立	筑波大学	システム情報理工学研究科	15	6	21
				人間総合科学研究科	5	4	9
				数理解物質科学研究科	12	4	16
				生命環境科学研究科	5	5	10
				知的コミュニティ基盤研究センター		1	1
6	関東	国立	宇都宮大学	工学研究科	2		2
7	関東	国立	群馬大学	理工学府	2	1	3
8	関東	国立	埼玉大学	理工学研究科	8	2	10
9	関東	国立	千葉大学	工学研究科	2		2
				理学研究科	1		1
10	関東	国立	東京大学	新領域創成科学研究科	4	5	9
11	関東	国立	東京工業大学	総合理工学研究科	3	1	4
				理工学研究科	7		7
12	関東	国立	電気通信大学	情報理工学研究科	1		1
13	関東	国立	東京農工大学	工学研究科	4		4
14	関東	国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科	1	1	2
15	関東	国立	横浜国立大学	環境情報研究院		1	1
16	関東	国立	長岡技術科学大学	工学研究科	2	2	4
17	関東	国立	信州大学	総合工学研究科	2		2
18	関東	公立	首都大学東京	理工学研究科	5	2	7
19	関東	公立	横浜市立大学	生命医科学研究科	1	1	2
20	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	1	1	2
21	中部	国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	4	2	6
				情報科学研究科		3	3
				知識科学研究科	1	2	3
22	中部	国立	岐阜大学	工学研究科	3		3
		国立		連合創薬医療情報研究科	1	1	2
		国立		連合農学研究科	2		2
23	中部	国立	名古屋工業大学	工学研究科	1	1	2
24	関西	国立	福井大学	工学研究科	1		1
25	関西	国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科		1	1
26	関西	国立	大阪大学	理学研究科	2	1	3
27	関西	国立	神戸大学	工学研究科	3	3	6
		国立		人間発達環境学研究科	1	1	2
28	関西	国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	1	4
29	中国	国立	広島大学	工学研究科	2	1	3
				生物圏科学研究科	1		1
30	四国	国立	香川大学	農学研究科	3	1	4
31	九州	国立	九州大学	総合理工学府	2	1	3
32	九州	公立	九州工業大学	生命体工学研究科	1		1
33	九州	国立	佐賀大学	工学系研究科	4	2	6
34	九州	国立	熊本大学	自然科学研究科	1		1
35	九州	国立	鹿児島大学	理工学研究科	2	1	3
				国公立大学小計	148	71	219
36	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5		5
37	関東	私立	東邦大学	理学研究科	5	3	8
38	関東	私立	千葉工業大学	工学研究科	2		2
39	関東	私立	東京理科大学	基礎工学研究科	3	3	6
				理学研究科	3		3
				理工学研究科	18	4	22
40	関東	私立	東京電機大学	先端科学技術研究科・工学研究科	3		3
41	関東	私立	芝浦工業大学	理工学研究科	2		2
42	関東	私立	日本大学	工学研究科	3		3
43	関東	私立	上智大学	理工学研究科	1		1
44	関東	私立	立教大学	理学研究科	4		4
45	関東	私立	青山学院大学	理工学研究科	1	2	3
46	関東	私立	早稲田大学	理工学術院	2	5	7
47	関東	私立	東京都市大学	工学研究科	1	1	2
48	関東	私立	明治大学	理工学研究科	4		4
49	関東	私立	神奈川工科大学	工学研究科	9		9
50	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	9		9

産業技術総合研究所

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数	No.	地域
51	中部	私立	大同大学	工学研究科	1		1
52	中部	私立	名城大学	理工学研究科	1		1
53	中部	私立	中部大学	工学研究科	1		1
54	中部	私立	愛知工業大学	工学研究科	2		2
55	関西	私立	関西大学	理工学研究科	7	4	11
56	関西	私立	関西学院大学	理工学研究科	4	2	6
				私立大学小計	91	24	115
				合計	239	95	334

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

8) 技術相談

産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成25年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 4,899件 (内 GSJ 708件)

2) 拠点件数

拠点名	相談件数
北海道センター	176
東北センター	100
つくばセンター	3,215
東京本部	10
臨海副都心センター	165
中部センター	644
関西センター	292
中国センター	153
四国センター	222
九州センター	187
福島再生可能エネルギー研究所	8
上記の合計	5,172
相談件数	4,899

一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類

相談者の分類	全体件数	全体%	GSJ 以外	GSJ 以外	GSJ	GSJ
大企業	1,563	31.9%	1,504	35.9%	59	8.3%
中小企業	2,078	42.4%	1,956	46.7%	122	17.2%
教育機関	263	5.4%	206	4.9%	57	8.1%
公的機関	426	8.7%	337	8.0%	89	12.6%
放送出版マスコミ	97	2.0%	21	0.5%	76	10.7%
個人	373	7.6%	75	1.8%	298	42.1%
その他	99	2.0%	92	2.2%	7	1.0%
合計	4,899	100.0%	4,191	100.0%	708	100.0%

4) 分野別問い合わせ件数

環境・エネルギー	826
ライフサイエンス	386
情報通信・エレクトロニクス	435
ナノテクノロジー・材料・製造	1,783
計測・計量標準	555
地質	708
その他	206
合計	4,899

産業技術総合研究所

9) 依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	1	4			1	6
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31		3				3
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	2	3				5
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～	3	1			1	5
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	5		1		1	7
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	1					1
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	22	6			10	38
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～		1				1
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	4	1			1	6
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						0
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	2			1	4
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～					1	1
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～						0
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	7	1			2	10
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～					1	1
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～	1				3	4
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	41	1				42
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～	2	1			1	4
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～		1			7	8
小計			91	25	1	0	30	147
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	13	9	1		2	37
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	5	6			3	16
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	16	11			6	33
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	6	1				7
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	4	2	1		10	17
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	7			2	10
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	5			5	11
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	27	24	1	7	18	77
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	9	18			4	31
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						0
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	12	4			3	19
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	1	2		2		5
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	5	8	1		2	16
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	9	10		1	2	22
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	3	1			5
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1	1		6	9
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	20	7	1	1	3	32
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	30	5			1	36
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	6	2				8
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	11					11
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	4	1	1			6
小計			182	126	8	16	76	408
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		4	10	1	1	42	58
計			277	161	10	17	148	613

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

10) 委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成26年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～2014.03.31	4	1			2	7
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～2014.03.31	2	31			4	37
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～2014.03.31	7	4			4	15
生産計測技術研究センター	計測・計量標準	2007.08.01～		15			7	22
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～		8			2	10
ネットワークフォトリクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2	4	1			7
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～2014.03.31	12	41			41	94
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～		3				3
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	7		1	4	14
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	3	22		1	10	36
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	2				4
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	8	22	1		3	34
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		9				9
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		9	1		1	11
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	1	7			2	10
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	3	22	1		16	42
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		11			1	12
バイオマスリファイナリー研究センター	環境・エネルギー	2012.04.01～		3			1	4
創薬分子プロファイリング研究センター	ライフサイエンス	2013.04.01～	8	2			1	11
触媒化学融合研究センター	環境・エネルギー	2013.04.01～	1	10		1	2	14
再生可能エネルギー研究センター	環境・エネルギー	2013.10.01～		11			3	14
小計			55	244	4	3	104	410
計測標準研究部門	計測・計量標準	2001.04.01～	2	484	4		84	574
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～		76	2	2	84	164
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	5	85	3	1	31	125
計測フロンティア研究部門	計測・計量標準	2004.04.01～	4	43	2		22	71
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	14	90	1	1	40	146
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	112	1	1	20	139
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	50	1		11	67
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	11	59		2	113	185
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	6	48			32	86
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	1	43			18	62
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	11	125	6	5	29	176
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	6	67	1	3	10	87
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	6	39	6	2	39	92
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	17	22			4	58
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	11	1	1	13	33
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	11	25	1	1	18	56
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	15	122	1	4	32	174
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	9	62	2	1	14	88
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	5	65	1	4	15	90
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9	33	1		5	48
セキュアシステム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2012.04.01～	15	62			10	87
小計			164	1,723	34	32	655	2,608
フェロー、事業組織・本部組織等	その他		19	231	8	3	228	489
計			238	2,198	46	38	987	3,507

※国内案件のみ

11) 産業技術連携推進会議

93の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

平成19年度4月には本会議の組織改正を図り、技術分野を6部会に再編するとともに、新たに地域部会（事務局：地域産学官連携センター）を設置し産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

また、経済産業局ブロックごとに設置されている地域産業技術連携推進会議とも協力して地域関連施策の連携強化を図っている。

産業技術連携推進会議開催実績

平成26年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総 会		1
企画調整委員会		1
技 術 部 会	ライフサイエンス部会	6
	情報通信・エレクトロニクス部会	6
	ナノテクノロジー・材料部会	34
	製造プロセス部会	20
	環境・エネルギー部会	8
	知的基盤部会	15
地 域 部 会	北海道地域部会	10
	東北地域部会	22
	関東甲信越静地域部会	12
	東海・北陸地域部会	31
	近畿地域部会	33
	中国地域部会	20
	四国地域部会	19
	九州・沖縄地域部会	24
地 域 産 技 連	北海道地域産業技術連携推進会議	0
	東北地域産業技術連携推進会議	1
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	1
	近畿地域産業技術連携推進会議	3
	中国地域産業技術連携推進会議	2
	四国地域産業技術連携推進会議	2
	九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	2
合 計		274

※技術部会・地域部会の開催回数には傘下の分科会・研究会の開催回数を含む。

④【国際部】

(International Affairs Division)

所在地：つくば中央第2

人 員：18名（8名）

概 要：

- 1) 先進国の研究機関との互いの強みを生かした研究協力や、アジア・BRICs 諸国の研究機関との現地資源を生かした研究協力の推進を支援。
- 2) 国際連携の強化に向けて、海外の主要研究機関等と研究協力覚書等を締結。研究者の派遣・招へいなど、人材交流を推進。12ヶ国から16の研究機関長が参加した、第2回世界研究機関長会議を開催するな

ど、トップレベルの交流を促進。

- 3) 産総研の海外ネットワークを活用し、日本企業の海外展開を支援。在インドネシア日系企業等を対象に、産総研イノベーション・ワークショップ in インドネシアを開催し、再生可能エネルギーに関する研究成果や共同研究の事例を紹介。
- 4) 政策的要請に基づき、政府ミッションに貢献。ブラジルや南アフリカにおける資源探査を支援し、資源外交に貢献。経済産業省委託事業として、米国エネルギー省傘下の11の国立研究所や欧州研究機関等と、環境・エネルギー分野を中心に30テーマの研究協力を展開。
- 5) 海外への技術の提供ならびに貨物の輸出に関し、

法令遵守の徹底を図るための取り組みを継続。海外での危機管理については、海外での危機発生時に現地出張等している研究者に対して情報提供を実施し、リスク回避に貢献。

 機構図（2014/3/31現在）

[国際部]

部 長	宮崎 芳徳
審 議 役	二タ村 森
審 議 役	坂西 欣也
審 議 役	鹿野 郁夫
総括主幹	橋本 佳三
総括主幹	Oleg Ryabov
総括主幹	劉 彦勇

[国際連携企画室]

室 長	丹波 純
総括主幹	村井 保夫
総括主幹	森本 慎一郎

[安全保障貿易管理室]

室 長	(兼) 鹿野 郁夫
-----	-----------

国際連携企画室

(Global Collaboration Office)

(つくば中央第2)

概 要 :

- 海外の主要研究機関等と良好な研究ネットワークを構築し、国際研究協力や人材交流を推進。
- 1) 研究協力覚書等の締結により、組織的連携を推進。
 - 2) 産総研フェローシップ事業や、研究者の派遣・招へい制度により、国際的な人材交流を支援。
 - 3) 産総研に来訪する海外要人の視察対応や、産総研幹部の海外研究機関への往訪など、トップ外交を推進。
 - 4) 海外研究機関とのワークショップ企画等を通して、産総研が重点化している研究事業の推進を支援。

安全保障貿易管理室

(Security Export Control Office)

(つくば中央第2)

概 要 :

- 外国為替及び外国貿易法及び関係法令等を確実に遵守するため、産総研の安全保障輸出管理体制の整備・輸出管理を実施。また、大学や研究機関での輸出管理体制整備への協力を実施。
- 1) 研究ユニット等に対し輸出管理に関する研修を実施。
 - 2) 研究ユニット等の具体的案件に対して、輸出管理相談、輸出管理指導を実施。
 - 3) 具体的な輸出案件等の審査等を実施。
 - 4) 大学や研究機関での輸出管理体制整備への協力として、経済産業省主催の研修会において講演を実施。
-

1) 海外出張

研究の推進を目的とした職員の海外出張について、平成25年度の出張者総数（国・地域別）は、3485名。実出張者数（組織別）は、3220名。分類のカテゴリーは以下のとおり。

産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）…運営費交付金等により行う出張

外部予算による出張…文部科学省科学研究費補助金等、外部予算により行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

表1 平成25年度外国出張者数（国・地域別）

人数 国・地域名	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
アジア・太平洋地域				
インド	74	50	22	2
インドネシア	91	79	6	6
カンボジア	3	2		1
シンガポール	59	34	25	
スリランカ	7	6		1
タイ	163	124	33	6
フィリピン	16	13	2	1
ベトナム	35	24	9	2
マレーシア	12	8	4	
ミャンマー	9	6	2	1
モンゴル	6	1	5	
ラオス	3	1	2	
韓国	223	148	56	19
台湾	185	146	30	9
中国	258	131	94	33
日本（海外在住）	14	12	2	
オーストラリア	71	43	23	5
ニュージーランド	9	6	3	
フィジー	1			1
米州地域				
米国	908	440	433	35
カナダ	53	26	26	1
アルゼンチン	5	4		1
コスタリカ	2	2		
ジャマイカ	4	1	3	
チリ	3	1	2	
トリニダード・トバゴ	2	1	1	
プエルトリコ	1	1		
ブラジル	40	12	27	1
ボリビア	1			1
メキシコ	16	7	7	2
ヨーロッパ地域				
アイスランド	2	1	1	
アイルランド	4	3		1
イタリア	94	40	46	8
ウズベキスタン	1	1		

事業組織・本部組織業務

人数 国・地域名	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
英国	142	69	68	5
エストニア	2	1	1	
オーストリア	23	11	11	1
オランダ	33	21	9	3
ギリシア	16	3	12	1
クロアチア	1	1		
スイス	54	24	20	10
スウェーデン	25	14	9	2
スコットランド（英国）	1	1		
スペイン	59	35	20	4
スロバキア	5	4	1	
スロベニア	6	3		3
セルビア・モンテネグロ	1	1		
チェコ	22	8	13	1
デンマーク	16	11	5	
ドイツ	251	149	91	11
ノルウェー	8	5	1	2
ハンガリー	4	1	3	
フィンランド	27	16	10	1
フランス	237	156	72	9
ブルガリア	2		1	1
ベルギー	42	25	15	2
ポーランド	26	11	13	2
ポルトガル	22	16	5	1
モナコ	1	1		
リトアニア	2	1	1	
ルーマニア	2		2	
ルクセンブルク	2	2		
ロシア	14	7	4	3
北アイルランド	1	1		
その他				
アラブ首長国連邦	3	3		
アルジェリア	1			1
ウガンダ	6	5		1
エチオピア	7	7		
カタール	1	1		
サウジアラビア	3	1	1	1
トルコ	15	11	4	
南極	1			1
パキスタン	1			1
南アフリカ	25	11	13	1
合 計	3485	2011	1269	205

※1つの出張で数ヶ国にまたがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表2 平成25年度外国出張者数（組織別）

組織別	人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
理事長、理事、フェロー、顧問		60	54	3	3
研究ユニット		-	-	-	-
研究センター		760	408	320	32
研究部門		2162	1202	830	130
本部組織		160	111	22	27
地域センター		10	7	3	
その他		68	55	10	3
合 計		3220	1837	1188	195

表3 平成25年度外国出張者数（目的別）

目的	人数	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
国際会議		1515	898	510	107
学会等		792	460	322	10
動向調査		161	103	53	5
実地調査		139	61	66	12
在外研究		54	40	14	
共同研究		301	135	149	17
技術協力		53	17	27	9
交渉折衝		46	30	16	
在外研修		9	8	1	
その他		150	85	30	35
合 計		3220	1837	1188	195

【各区分の定義】

- 国際会議・学会等：国際会議や学会への参加
 動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査
 実地調査：地質調査等の野外における調査
 在外研究：海外の大学・研究所等における研究
 共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施
 技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力
 交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝
 在外研修：海外の大学・研究所等における研修
 その他：上記に属しないもの

2) 外国人研究者受入

研究の推進を目的として、海外の研究機関、大学等から外国人研究者の受け入れを実施している。平成25年度は、145名を受け入れた。

表4 平成25年度外国人研究者受入実績

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 (内 JSPS フェロー26人)	145
合 計	145

※ 新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

- ・ 外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。
- ・ JSPS フェロー：JSPS フェローシップにより来日している外国人外来研究員

表5 平成25年度外国人研究者受入実績（国・地域別）

国・地域別	人数	外来研究員
アジア・大洋州地域		
インド		11
インドネシア		5
韓国		11
シンガポール		1
スリランカ		1
タイ		11
台湾		2
中国		18
ベトナム		8
マレーシア		3
モンゴル		1
オーストラリア		3
米州地域		
米国		7
カナダ		2
アルゼンチン		1
ブラジル		3
ベネズエラ		1
メキシコ		1
ヨーロッパ地域		
イタリア		4
ウクライナ		1
英国		1
オーストリア		1
オランダ		1
スウェーデン		2
スペイン		3
スロベニア		1
セルビア		1
チェコ		1
デンマーク		3
ドイツ		9
フランス		13
ベルギー		1
ポーランド		2
ルーマニア		1
ロシア		4
その他の地域		
アルジェリア		1
エジプト		1
ガーナ		1
ジンバブエ		1
トルコ		1
南アフリカ		1
合 計		145

表6 平成25年度外国人研究者受入実績（組織別）

組 織 別	人数	外来研究員
ユビキタスエネルギー研究部門		11
環境管理技術研究部門		17
環境化学技術研究部門		
エネルギー技術研究部門		9
安全科学研究部門		2
新燃料自動車技術研究センター		1
メタンハイドレート研究センター		
コンパクト化学システム研究センター		
先進パワーエレクトロニクス研究センター		
太陽光発電工学研究センター		9
バイオマスリファイナリー研究センター		
触媒化学融合研究センター		
再生可能エネルギー研究センター		
健康工学研究部門		3
生物プロセス研究部門		5
バイオメディカル研究部門		8
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		1
糖鎖医工学研究センター		
生命情報工学研究センター		1
幹細胞工学研究センター		2
創薬分子プロファイリング研究センター		2
知能システム研究部門		11
情報技術研究部門		5
ナノエレクトロニクス研究部門		1
電子光技術研究部門		8
セキュアシステム研究部門		
ネットワークフォトニクス研究センター		2
デジタルヒューマン工学研究センター		
ナノスピントロニクス研究センター		1
サービス工学研究センター		
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		
先進製造プロセス研究部門		
サステナブルマテリアル研究部門		
ナノシステム研究部門		9
ナノチューブ応用研究センター		1
集積マイクロシステム研究センター		
計測標準研究部門		15
計測フロンティア研究部門		
生産計測技術研究センター		
計量標準管理センター		
地圏資源環境研究部門		7
地質情報研究部門		13
活断層・地震研究センター		1
地質調査情報センター		
関西産学官連携センターバイオベースポリマー連携研究体		
合 計		145

3) 技術研修

「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」(13規程第23号)に則り、外国の大学及び研究機関等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構(JICA)や(独)日本学術振興会(JSPS)、(公社)科学技術国際交流センター(JISTEC)、からの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、JSPS サマープログラム研修、ウインターインスティテュートプログラム研修を実施している。

平成25年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は47名、5日以下3名の総数50名を受け入れた。

(平成24年度から継続滞在[6日以上滞在6名]を含むと、56名となる。)

表7 平成25年度 国際技術研修受入実績(制度別)

制 度	6日以上	5日以下	計
技術研修(JICA/サマー/ウインター 研修以外)	41	3	44
JSPS サマープログラム研修	3		3
ウインターインスティテュート研修	3		3
JICA 個別研修			0
小 計	47	3	50

平成24年度からの継続

技術研修	6		6
小 計	6		6
合 計	53	3	56

表8 平成25年度 国際技術研修受入実績(組織別) (6日以上滞在)

組織別	人数	計	JICA	ウインター インスティテュート	サマープログラム	技術研修
ユビキタスエネルギー研究部門		4				4
環境管理技術研究部門		3				3
エネルギー技術研究部門		1				1
太陽光発電工学研究センター		4				4
健康工学研究部門		1				1
生物プロセス研究部門		5			1	4
バイオメディカル研究部門		4				4
知能システム研究部門		1				1
情報技術研究部門		5				5
電子光技術研究部門		6				6
デジタルヒューマン工学研究センター		3		1	1	1
ナノスピントロニクス研究センター		2				2
サービス工学研究センター		1		1		
サステナブルマテリアル研究部門		1			1	
ナノシステム研究部門		1				1
ナノチューブ応用研究センター		1		1		
計測標準研究部門		3				3
活断層・地震研究センター		1				1
計		47	0	3	3	41

表9 平成25年度 国際技術研修 国・地域別受入一覧表 (6日以上滞在)

国・地域別	人数	受入人数	JICA	ウインター インスティテュート	サマープログラム	技術研修
アジア・大洋州地域						
インド		1				1
インドネシア		3				3
韓国		9		3		6
タイ		5				5
中国		4				4
香港		2				2
台湾		3				3
マレーシア		3				3
日本		1				1
米州地域						
米国		4				4
ブラジル		1				1
ヨーロッパ地域						
ドイツ		6			2	4
フランス		5			1	4
その他の地域						
合 計		47	0	3	3	41

表10-1 平成25年度 国際技術研修受入実績 (組織別；平成24年度からの継続；6日以上滞在)

組織別	人数	計	JICA	技術研修
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		1		1
ナノエレクトロニクス研究部門		1		1
サービス工学研究センター		1		1
計測標準研究部門		3		3
計		6	0	6

表10-2 平成25年度 国際技術研修国・地域別受入一覧表 (平成24年度からの継続；6日以上滞在)

国・地域別	人数	受入人数	JICA	技術研修
アジア・大洋州地域				
韓国		1		1
タイ		2		2
米州地域				
メキシコ		1		1
ヨーロッパ地域				
マルタ		1		1
ロシア		1		1
合 計		6	0	6

4) 外国機関等との覚書・契約等

外国機関等との組織的な研究協力を推進するにあたり、研究協力覚書を締結している。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。平成25年度に有効な包括研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表11、12のとおりである。

平成25年度は、組織的な研究協力や人材交流の促進、国際共同研究の提案等のための基盤整備を継続して行うために、マレーシア標準・工業研究所（SIRIM）との間で1件の包括研究協力覚書の更新を行った。また研究協力覚書に基づいて、研究機関との間でワークショップ等を実施し、連携成果の確認や新たな研究連携課題の探索等、情報交換の場を設けた。これにより各外国機関等との科学技術分野での連携を実施し、研究協力活動、研究者交流の促進を図っている。

表11 外国機関等との包括研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー局（DBT: Department of Biotechnology）
	科学技術省科学産業研究機構（CSIR: Council of Scientific and Industrial Research）
中国	中国科学院（CAS: Chinese Academy of Sciences）
	上海交通大学（SJTU: Shanghai Jiao Tong University）
台湾	工業技術研究院（ITRI: Industrial Technology Research Institute）
韓国	韓国産業技術研究会 （ISTK: Korea Research Council for Industrial Science and Technology）
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁 （BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology）
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所（SIRIM Berhad）
ベトナム	ベトナム科学技術院（VAST: Vietnam Academy of Science and Technology）
タイ	国家科学技術開発庁 （NSTDA: National Science and Technology Development Agency）
	タイ科学技術研究所 （TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research）
シンガポール	科学技術研究局（A*STAR: Agency for Science, Technology and Research）
オーストラリア	連邦科学産業研究機構 （CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation）
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE: Ministry of Mineral Resources and Energy）、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）
米州地域	
米国	国立標準技術研究所 （NIST: National Institute of Standards and Technology）
	ローレンス・バークレー国立研究所 （LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory）
	国立再生可能エネルギー研究所 （NREL: National Renewable Energy Laboratory）
	ロスアラモス国立研究所（LANL: Los Alamos National Laboratory）
	ローレンス・リバモア国立研究所 （LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory）
	サンディア国立研究所（SNL: Sandia National Laboratories）
	ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部 （CNSE: College of Nanoscale Science and Engineering of the University at Albany - State University of New York）
	オークリッジ国立研究所（ORNL: Oak Ridge National Laboratory）

国・地域名	機関名
	サバンナリバー国立研究所 (SRNL: Savannah River National Laboratory)
ヨーロッパ地域	
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)
	エネルギー技術研究所 (IFE: Institute for Energy Technology)
	産業科学技術研究所 (SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research)
フィンランド	フィンランド技術研究センター (VTT: Technical Research Centre of Finland)
フランス	国立科学研究センター (CNRS: Centre national de la recherche scientifique)
	原子力代替エネルギー庁技術研究部門 (CEA-DRT: Direction de la recherche technologique, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)
ドイツ	ヘルムホルツ協会 (Helmholtz Association of German Research Centres)
	カールスルーエ技術研究所 (Karlsruhe Institute of Technology)
	ユーリッヒ研究センター (Forschungszentrum Jülich GmbH)
ベルギー	フラウンホーファー研究機構 (FhG: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V.)
	IMEC インターナショナル (IMEC: Interuniversity Microelectronics Center International)
その他の地域	
南アフリカ共和国・日本	地質調査所 (CGS: Council for Geosciences)、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)

注) 平成25年度に有効な包括研究協力覚書。

表12 外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	研究ユニット名
アジア・大洋州地域		
タイ	国立計量研究所 (NIMT: National Institute of Metrology, Thailand)	計量標準総合センター
	鉱物資源局 (DMR: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment)	地質調査総合センター
	アジア工科大学 (AIT: Asian Institute of Technology) *	情報技術研究部門
ニュージーランド	ニュージーランド地質・核科学研究所 (GNS: GNS Science)	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁 (MRPAM: Geological Department of Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia)	地質調査総合センター
韓国	韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
	韓国技術標準院 (KATS: Korean Agency for Technology and Standards)	計量標準総合センター
	韓国地質資源研究院 (KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	地質調査総合センター
	韓国窯業技術院 (KICET: Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology)	先進製造プロセス研究部門
台湾	国立成功大学 (Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University)	活断層・地震研究センター
中国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)	計量標準総合センター
	上海交通大学 (SJTU: Shanghai Jiao Tong University)	集積マイクロシステム研究センター
	華東理工大学 (ECUST: East China University of Science and Technology)	ナノシステム研究部門

産業技術総合研究所

国・地域名	機関名	研究ユニット名
中国・韓国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)、 韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター
米州地域		
カナダ	国立ナノテクノロジー研究所 (NINT: National Institute for Nanotechnology, National Research Council of Canada)	ナノシステム研究部門
米国	米国地質調査所 (USGS: United States Geological Survey)	地質調査総合センター
メキシコ	メキシコ計量センター (CENAM: Centro Nacional de Metrología)	計量標準総合センター
	メキシコ国立自治大学 (UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México)	健康工学研究部門
ブラジル	国立工業度量衡・品質規格院 (INMETRO: National Institute of Metrology, Quality and Technology)	計量標準総合センター
	ブラジル鉱産局 (DNPM: National Department of Mineral Production)	地質調査総合センター
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 (GBA: Geological Survey of Austria)	地質調査総合センター
ドイツ	ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター
	パウル・ドルーテ固体電子工学研究所 (PDI: Paul Drude Institute for Solid State Electronics)	ナノエレクトロニクス研究部門
オランダ	オランダ計量研究所 (NMI: Van Swinderen Laboratorium B.V.)	計量標準総合センター
スイス	国立放射性廃棄物協議機構 (NAGRA: National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste)	地圏資源環境研究部門
スロバキア	スロバキア科学アカデミー (IMS SAS: Institute of Measurement Science, Slovak Academy of Sciences)	電子光技術研究部門
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 (VNIIMS: Russian Scientific-Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia)	計量標準総合センター
英国	シェフィールド大学 (University of Sheffield)	エネルギー技術研究部門
その他の地域		
トルコ	トルコ共和国鉱物資源調査開発総局 (MTA: Mineral Research & Exploration General Directorate)	地質調査総合センター
米国・ドイツ	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL: National Renewable Energy Laboratory)、 フラウンホーファー研究機構太陽エネルギーシステム研究所 (Fraunhofer ISE: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.)	太陽光発電工学研究センター
APMP 加盟国	アジア太平洋計量計画 (APMP: Asia Pacific Metrology Program)	計量標準総合センター
アボガドロ定数協定加盟国	国際度量衡局 (BIPM: Bureau International des Poids et Mesures)、イタリア計量研究所 (INRIM: L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)、オーストラリア国立標準研究所 (NMIA: National Measurement Institute, Australia)、ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター

注) 平成25年度に有効な個別研究協力覚書。 *印は25年度新規締結分。

5) その他の連携活動

表13 平成25年度 主な国際シンポジウム等（国際部扱い）

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
第10回バイオマス・アジアワークショップ	バンコク(タイ)	2013年8月5日～6日	共催
第8回日タイ連携ワークショップ	バンコク(タイ)	2013年8月7日～8日	共催
第4回台湾工業技術研究院・産総研 共同シンポジウム	新竹(台湾)	2013年9月15日～16日	共催
第2回世界研究機関長会議	京都(日本)	2013年10月5日	共催
日米研究協力ワークショップ	リバモア(米国)	2013年12月13日	主催
産総研イノベーション・ワークショップ inインドネシア	ジャカルタ(インドネシア)	2013年12月20日	主催
産総研・上海交通大学 合同シンポジウム	つくば(日本)	2014年2月18日	共催

※ 国際シンポジウム等開催 全14件

研究ユニット等が主催し国際部が関与しない国際会議等のうち、重要なものは下記URLにて紹介されております。

http://www.aist.go.jp/db_j/list/l_event_old_event_main.html

表14 平成25年度 主な外国要人來訪（時系列順）

国地域名・機関名・役職	来訪者
ノルウェー科学技術大学（NTNU）学長	トールビョルン・ディゲルネス
ボツワナ投資貿易センター理事長	ビクター・センエ
タイ科学技術研究所（TISTR）所長	ヨンブット・サオバブラック
インド科学アドバイザー	ラジャゴバラ・チダムバラム
駐日南アフリカ大使	モハウ・ペコ
インド文部科学省バイオ局（DBT）局長	ビジェイ・ラグハバン
タイ科学技術大臣	ピーラバン・パールスク
モザンビーク科学技術大臣	ルイス・ペレンベ
フランス高等教育・研究大臣	ジュヌヴィエーヴ・フィオラゾ
フランス政府特命原子力最高顧問	イヴ・プレシェ
サウジアラビア・キングアブドゥルアジズ科学技術都市（KACST） 研究所担当副総裁	トウルキ・サウド・モハマド・ アルサウド
フランス原子力代替エネルギー庁・最先端技術局（CEA-DRT）顧問	マーセル・モラビト
シンガポール情報通信大臣	ヤコブ・イブラヒム
米国立標準技術研究所（NIST）研究担当副所長	ウィリィー・メイ
タイ国立科学技術開発庁長官	タウィザック・コナンタクル
アイルランド上院議員議長	パディ・バーク
シンガポール科学技術研究開発庁（A*STAR）長官	リム・チュアンポー

※ 公式訪問 全100件

⑤【ベンチャー開発部】
(Division for Start-ups)

所在地：つくば中央第2

人員：8名（2名）

概要：

「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー企業を創出する取組みとベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づくベンチャー創出後の支援を柱に、より成功確率を高めるべくベンチャーの創出・支援に注力した。

2013年度の取組みは以下の通り。

○ベンチャー企業創出の取組み

1) 新規タスクフォース4件と継続タスクフォース3件を実施し、ベンチャー創業に向けたビジネスモデルの策定や技術開発等の集中的な取組みを行った。継続タスクフォースからベンチャー企業1社を創業し、産総研技術移転ベンチャーは累計117社（内タスクフォース発ベンチャーは累計46社）となった。2) タスクフォースの候補案件について、先行技術調査、市場性調査等を実施し、事業性の把握に努め、次年度の新規タスクフォース候補を絞り込んだ。3) 人材育成の一環として、創業に関心を有する研究者を対象としたビジネスモデル策定のための研修や各種セミナーを企画・開催した。

○ベンチャー創業後の支援

1) 法務・経営・財務等各種専門家と9件の請負契約のもと、起業家及び既存ベンチャーに専門家相談の場を提供した。2) 2社については審査のうえ、産総研技術移転ベンチャーの称号を付与するとともに、知的財産権および施設等の使用に関する技術移転促進措置を実施した。3) 創出したベンチャー間の交流促進、およびベンチャー支援機関等関係者とのネットワーク構築・連携のための組織であるスタートアップスクラブの活動の一環として（株）ケイエスピー、（独）中小機構と「協創マッチングフォーラム」を開催した。4) 新たな支援策として、研究成果を実用化、事業化しているベンチャー2社を当部のウェブサイトで紹介、リーフレットを作成し、広報活動を支援した。5) 研究開発力強化法の改正に伴う出資業務のための規程等実施体制の検討を行った。

○ベンチャー創出支援事業に関する検証結果の公表

産総研公式ホームページ、「第9回ベンチャー開発成果報告会」及び「ベンチャーフォーラム」等において検証結果を公表した。これまでの知見やノウハウは NEDO のベンチャー創出支援に関わる新制度であるプラットフォーム事業の構築等に際し、参考情報として提供した。また、所内においても検証結果を踏まえて、有望な産総研技術移転ベンチャー及びタスクフォースを部署横断的に支援する「AIST ハン

ズオン支援チーム（HOST）」を立ち上げ、活動を開始した。

機構図（2014/3/31現在）

[ベンチャー開発部]

— 部長	米田 晴幸
— 次長	岩崎 孝志
— スタートアップ・アドバイザー	
	平林 隆
	竹生 一行
	岡本 裕重
	工藤 泰彦
— [ベンチャー開発企画室]	室長 北川 良一
— [ベンチャー支援室]	室長 大曾根 均

スタートアップ・アドバイザー（Start-up Advisor）

（つくば中央第2）

概要：

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズの発掘とともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な追加的研究開発やビジネスモデルの策定等を行う。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。

ベンチャー開発企画室（Planning Office）

（つくば中央第2）

概要：

ベンチャー開発部の活動計画の企画・立案、活動に伴う総合調整、部予算の管理及びタスクフォースの運営管理に関する業務を行う。また、ハイテクベンチャーの創出を担うイノベーションプラットフォーム化に向けて組織改革や制度改革を推進するとともに、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行う。

ベンチャー支援室（Office of Business Development）

（つくば中央第2）

概要：

ベンチャー支援のための業務を企画及び立案、並びにベンチャー支援業務を実施する。

具体的には、産総研の知財を用いて起業を希望する者からの事業プラン、資金調達及び販路開拓等、創業前後に関する相談等に室員もしくは専門家により対応する。

また、「産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程」に基づく称号付与及び技術移転促進措置の実施に関する事務を行う。併せて、産総研内外と連携し新たな支援策の創出を図る。

2013年度実績

○スタートアップ開発戦略タスクフォース

- ・ベンチャー創出・支援研究事業 7件
 - 新規案件 4件
 - 継続案件 3件

○ベンチャー支援室が受けた創業関連相談件数
96件

○会社設立等支援業務の実施数
2件

○産総研技術移転ベンチャー

- ・産総研技術移転ベンチャー企業数
新規 2社（累計117社）

- ・支援期間中ベンチャー企業数
16社（2014年3月31日現在）

- ・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ
開発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
新規 1社（累計46社）

○研修

- ・「研究成果の実用化のための事業戦略研修」
実施回数：3回（延べ16名が受講）

表1 2013年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット	備考
1	(株) SCHAFT	2013/07/01	デジタルヒューマン工学研究センター	
2	行動ラボ (株)	2013/07/01	サービス工学研究センター	TF 案件

○ベンチャー開発部の主催のイベント

- ・「第9回ベンチャー開発成果報告会
ー産総研の挑戦を振り返ってー」

開催期間：2013年7月24日
開催場所：日経ビル6階 日経カンファレンスルーム、セミナールーム
参加者数：244名

開催期間：2013年10月30日～11月1日
開催場所：東京ビッグサイト

- 4. 産総研オープンラボ2013
開催期間：2013年10月31日～11月1日
開催場所：産総研

○ベンチャー開発部の共催のイベント

- ・協創マッチングフォーラム
開催期間：2013年11月29日
開催場所：産総研 臨海副都心センター 別館 11階会議室
参加者数：142名

- 5. SAT テクノロジー・ショーケース2014
開催期間：2014年1月24日
開催場所：つくば国際会議場
- 6. つくば産産学連携促進市 in アキバ
開催期間：2014年3月26日
開催場所：秋葉原ダイビル2階コンベンションホール

- ・産総研オープンラボ2013 ベンチャーフォーラム
～ベンチャーを介した連携推進～

開催期間：2013年10月31日
開催場所：産総研つくばセンター第3会場
参加者数：126名

⑥【国際標準推進部】
(International Standards Promotion Division)

所在地：つくば中央第2
人員：9名（5名）

概要：

産総研の研究ポテンシャルを活用した標準化研究開発を実施することにより、標準化に貢献し、もって我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する各種活動を行っている。

産総研が研究開発と標準化を一体的に推進するための大枠の活動方針について、外部有識者を含む委員による「標準化戦略会議」や各業界団体との意見交換により検討を進めている。

標準化を目的とした研究開発は、社会ニーズや行政

○展示会・見本市への出展

1. BIO-tech2013
開催期間：2013年5月8日～5月10日
開催場所：東京ビッグサイト
2. BioJapan2013
開催期間：2013年10月9日～10月11日
開催場所：パシフィコ横浜
3. 産業交流展2013

からの要請を受けて運営費交付金によって行う「標準基盤研究」、経済産業省からの委託を受けて行う「工業標準化推進事業」などの事業として行っている。これら研究開発の成果は、国内標準（JIS）、国際標準（ISO、IEC）などの公共財として世の中に出され、社会に貢献する。

機構図（2014/3/31現在）

〔国際標準推進部〕

	部長	松田 宏雄
	審議役	奈良 広一
—	〔標準企画室〕	室長 服部 浩一郎
—	〔標準化推進室〕	室長 田中 伸一
—	〔試験システム開発支援室〕	室長 川原崎 守

標準企画室（Standards Planning Office）

（つくば中央第2）

概要：

標準に係る企画及び立案並びに総合調整、研究ユニット等における標準化計画の策定の支援、標準化戦略会議の事務局を行っている。

標準化推進室（Standardization Promotion Office）

（つくば中央第2）

概要：

研究成果の規格化の推進、標準化に関する活動の支援、ナノテク標準化活動等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、標準化普及のための広報活動、研究情報公開データベースの整備を行っている。

試験システム開発支援室

（Testing System Cooperation Office）

（つくば中央第2）

概要：

標準への適合性評価に関する活動の調査・支援、認証及び認定に関する活動の調査・支援、鈹工業の科学技術に係る依頼試験等の受付、管理及び立ち上げ支援を行っている。

1) 標準提案

標準化を通じた研究開発成果の普及や社会からの要請への対応のため、標準基盤研究や工業標準化推進事業等の外部制度の活用を通じて、標準化のために必要な研究を実施している。

平成25年度 標準提案数	計36件
国際標準 (ISO、IEC 等)	26件
国内標準 (JIS、TS)	10件

2) 国際会議の役職者等

産総研の研究者は、ISO 等の国際会議の議長、幹事、コンビーナといった役職者や、技術専門家（エキスパート）として審議に貢献している。役職者および将来の役職者候補への渡航旅費補助などを行い国際標準化活動を支援している。

議長、幹事、コンビーナ	のべ 49人
エキスパート	のべ199人

3) 鉱工業の科学技術に係る依頼試験

産総研の研究成果に基づく試験、分析、校正を有料で実施している。

平成25年度 依頼試験実施件数	計9件	
材料及び製品の試験	火薬類の試験 (自動車用緊急保安炎筒試験)	1件
基準太陽電池セル校正	一次基準太陽電池セルの校正	8件

⑦【イノベーションスクール】
(Innovation School)

所在地：つくば中央第2、つくばセンター

人員：1名 (1名)

概要：

「産総研イノベーションスクール制度」は、産総研特別研究員および産総研にて技術研修を行う博士課程の学生を対象として、特定の専門分野について科学的・技術的な知見を有しつつ、より広い視野を持ち、異なる分野の専門家と協力するコミュニケーション能力や協調性を有する人材の輩出を目指す事業である。

気づきをもとに必要とされる知識や技能を習得するための講義・演習、ホスト研究者の指導のもと産総研の研究室にて実施する本格研究の実践、キャリアカウンセリング、人材育成に協力いただける企業にて実施する実践的な **On-the-Job Training (OJT)** などの産総研独自のカリキュラムを通じて、即戦力として活躍できる人材を輩出し、社会的なニーズと有用な人材とのミスマッチの解消に寄与することを目的としている。

具体的に、イノベーションスクールは、次の業務を行う。

- ・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること
- ・その他イノベーションスクールの運営等に関すること

平成25年度の活動の概要

- ・イノベーションスクールの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること：

平成25年度は、ポスドクコースの博士研究員20名、博士課程コースの博士課程学生9名、講義専門コースの博士研究員2名の計31名に対して第7期生として開講した。具体的には、標準化と研究、適合性評価、知的財産と研究、技術経営とイノベーション、太陽光発電や震災復興への産総研の取り組み、リスク評価、公的研究機関の研究戦略・研究経営、経済産業省の人材育成政策、企業の研究経営・研究開発、キャリア開発などについて講義し、インクルーシブデザイン、構成学輪講、研究発表会などの演習や、マナー・コミュニケーション研修などを行った。そして、ロールモデルとして就業している先輩スクール生を招聘した「先輩との交流会」を6月と10月に企画した。また、企業 OJT をポスドクコースの全てのスクール生20名に対して実施した。

産総研内部に対するスクールの効果の検証のため、過去のスクール生の指導研究者に対するアンケート調査を行った。

- ・その他イノベーションスクールの運営等に関すること

講義・演習に関し受講者の提出した受講レポートや構成学輪講・研究発表レポート、企業 OJT 参加報告書を取りまとめた。また、研究の意義を異分野の方々の説明する実践の場として、SAT テクノロジーショーケース (2014. 1. 24) にてスクール生の研究紹介を行った。

より大きな効果を得るために、企業・大学等との連携を推進し、筑波大学と「企業と博士人材との交流会」(36名参加)を共催するとともに、関連イベントに講師を派遣することで、スクールのノウハウ普及につと

めた。また、経済産業省の人材育成政策策定のために審議官との意見交換に協力した。

 機構図 (2014/3/31現在)

[イノベーションスクール]

イノベーションスクール長	一村 信吾
副スクール長	瀬戸 政宏
事務局長	神徳 徹雄

 出版物・プレス発表等業務報告データ

【広報誌「産総研 TODAY」】 (かっこ内は掲載年・月)

- ・AIST Network : 「平成25年度「産総研イノベーションスクール」6期生修了式」、Vol. 13、No. 5 (2013. 5)
 - ・座談会 : 「産総研イノベーションスクールを体験して～6期生からのメッセージ」 Vol. 13、No. 7 (2013. 7)
 - ・AIST Network : 「2013年度「産総研イノベーションスクール」第7期開校式」、Vol. 13、No. 7 (2013. 7)
 - ・AIST Network : 「産総研イノベーションスクール講義「理事長と語る」」、Vol. 13、No. 8 (2013. 8)
- 【取材対応等】 (かっこ内は発表日)
- ・茨城新聞「未来は来たか 学園都市50年 第3部模索② 雇用の受け皿不十分 ～ ポスドク」 (2013. 4. 29)
- 【シンポジウム開催】
- ・「企業と博士人材との交流会」、共催：産総研／筑波大学、筑波大学、8企業、参加者36名 (2013. 12. 25)
- 【活動紹介等】
- ・「国立研究所における博士人材の育成」、日本生化学会第53回生命科学夏の学校、東伊豆町 (2013. 9. 1)
 - ・「産業技術総合研究所における博士人材育成の取り組み-イノベーションスクール第7期生の活動紹介-」、第5回横幹連合コンファレンス、香川大学 (2013. 12. 21)
 - ・「産総研の産業技術人材の取り組み」、若手研究者成果報告会 基調講演、早稲田大学 (2014. 3. 12)

4) 【つくばイノベーションアリーナ推進本部】 (Tukuba Innovation Arena Headquarters)

 所在地：つくば中央第2、つくば西

人員：27名 (13名)

概要：

つくばイノベーションアリーナ推進本部は、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点 (TIA-nano) の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」をその業務としている。

TIA-nano は、世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、内閣府、文部科学省及び経済産業省からの支援を得て、産総研、物質・材料研究機構、筑波大学及び高エネルギー加速器研究機構が中核となり、産業界が加わって、世界的なナノテクノロジー研究・教育拠点構築を目指している。

1. 所内運営体制の強化

平成25年4月につくばイノベーションアリーナ推進本部を設立し、意思決定の迅速化、企画機能の強化、窓口の一元化を図った。

2. TIA 連携棟の運用

平成25年6月より TIA-nano の中核施設となる TIA 連携棟の運用を開始し、各種セミナーや講演会開催による TIA 拠点活用プロジェクト相互の交流の加速や、企業および政府機関、研究機関等からの現地視察の受入により連携活動の強化に努めた。また、TIA 連携棟を中心として開催した「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル2013」 (開催期間：7/15～9/3、参加者：846名) や、TIA 連携棟内のパワエレ寄付講座の実験室開設によって人材育成に努めた。

3. 共用施設の運営

スーパークリーンルーム (SCR) の24時間稼働を平成25年5月より開始するとともに、より簡便に SCR 施設を利用できる新しい制度「共用施設等利用制度」の運用を同年12月より開始した。また、TIA-nano 中核4機関、産業界、政府関係機関等産学官をメンバーとする共用施設 WG を発足させ活動を開始するとともに、「つくば共用研究施設検索データベース」を整備し、平成25年8月より公開を開始した。各種イベントにおける利用説明会やポスター展示によりこれらの外部利用促進に努めた。

4. 所外連携と広報

TIA-nano の中核4機関での知財取扱いの調和と連携に向けて、平成26年3月に「TIA-nano に係る共同研究に関する協定」を締結し、発生した知財のワンストップライセンスの仕組みを規定した。また、つくば国際戦略総合特区の推進機関と TIA-nano の相互で広報活動を中心に協力体制を具体化させ、茨城県、つくば市との連携を深めた。各種展示会への出展、公開シンポジウムの開催、学術誌における TIA-nano 関連記事の投稿、パンフレット・ホームページの更新等、幅広い広報活動を行った。

機構図 (2014/3/31現在)

(つくば中央第2他)

[つくばイノベーションアリーナ推進本部]

本部長	金山 敏彦
審議役	岩田 普
審議役	岡谷 重雄
審議役	岡田 道哉
審議役	鈴木 浩一
総括企画主幹	榊原 陽一

[つくばイノベーションアリーナ企画室]	
室長 (兼)	榊原 陽一
[つくばイノベーションアリーナ連携推進室]	
室長 (兼)	鈴木 浩一
[共用施設調整室]	
室長	村上 純一
[スーパークリーンルーム運営室]	
室長	井上 靖朗
[パワーエレクトロニクス拠点運営室]	
室長	奥井 富士雄

つくばイノベーションアリーナ企画室

(Tsukuba Innovation Arena Planning Office)

(つくば中央第2)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点の施策の推進 (以下「つくばイノベーションアリーナ推進」という。)に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する事。
2. つくばイノベーションアリーナ推進におけるプロジェクトの企画、立案及び総合調整に関する事。
3. つくばイノベーションアリーナ推進に関する情報の収集、分析及び調査に関する事。
4. つくばイノベーションアリーナ推進に関する業務であって、他の所掌に属しないものに関する事。

つくばイノベーションアリーナ連携推進室

(Tsukuba Innovation Arena Collaboration Promotion Office)

(つくば西)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナ推進に関する外部機関との調整等の総括に関する事。
2. つくばイノベーションアリーナ推進に関する研究所の関係部署との調整に関する事。

共用施設調整室

(Open Research Facility Coordination Office)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. 共用施設調整室に登録された施設、機器及び装置の利用 (技術指導を含む。)に係る制度の整備及び運用並びに総合調整に関する事。
2. 共用施設調整室に登録された施設、機器及び装置を利用した依頼分析並びに研究用品の依頼試作及び工作に関する事。

スーパークリーンルーム運営室

(Super Clean Room Management Office)

(つくば西)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る研究開発支援に関する事 (産学官連携推進部の所掌に属するものを除く。)
2. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等の設計、試作、評価及び実証に係る技術基盤の整備及び高度化に関する事。
3. スーパークリーンルーム等を利用したデバイス等に係る技術指導又は成果の普及に関する事 (広報部の所掌に属するものを除く。)
4. スーパークリーンルームの運営に関する事。

パワーエレクトロニクス拠点運営室

(Power Electronics Innovation Management Office)

(つくば西、つくば中央第2)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナ推進のうち、パワーエレクトロニクス拠点の運営に関する事。
2. つくばイノベーションアリーナ推進のうち、パワーエレクトロニクスに係るイノベーションの推進の支援に関する事。
3. パワーエレクトロニクスに係る人材の育成に関する事。

5) 研究環境安全本部

(Research Environment and Safety Headquarters)

①【研究環境安全企画部】

(Research Environment and Safety Planning Division)

所在地: つくば中央第1

人員: 24名 (3名)

概要:

研究環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環境を持続的に提供することを目的として、研究環境安全本部傘下各部との有機的連携の下に、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務を行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[研究環境安全企画部]

部長 中村 安宏
次長 五十嵐 直幸

[研究環境安全総括室]

室長 金田 孝雄 他

[ファシリティマネジメント室]

室長 菊地 義男 他

平成25年度の主な活動

1. 省エネルギー及び地球温暖化対策

・夏期のピークカットに貢献するため、輪番・一斉休暇の実施、大電力消費設備の一部停止や負荷分散運転等の対策を講じることで、平成22年度比、つくばセンター10%、地域センター4～13%のピーク電力削減を達成した。

- i) つくばセンターの各事業所及び全ての地域センターにおいて1週間の夏季輪番・一斉休暇の実施
- ii) 研究廃水処理施設やヘリウム液化施設などの輪番運転、休日・夜間シフト運転、空調負荷の低減
- iii) 技術研究組合に対して、夏季のピークカットへの協力を依頼
- iv) 昨年度に引き続き、使用電力を可視化したページにより節電意識の向上を図った

2. 中期施設整備計画の実行と見直し

・閉鎖決定された建物について、7棟4,108m²の解体撤去を完了し、18棟5,176m²の解体撤去の手続きを開始した。

・平成24年度補正予算により、研究拠点の再構築等を目的とした前例にない規模の施設整備費補助金が措置されたことから、これまでの中期施設整備計画をより効果的に活用できるよう見直し、次期施設整備計画の検討に着手した。

3. 産総研レポートの作成

・環境配慮の取組及び実績について、SR 報告書「産総研レポート2013社会・環境報告」として公表した。特に、環境トピックスとして、つくばセンターに新設された TIA 連携棟における省エネルギー対策について紹介した。

4. スペースの有効活用の推進

・スペースを有効活用するため、管理監・地域センター所長による年2回の巡視を実施した。これに加え、原則年2回の開催としていたスペース有効活用審査委員会を毎月開催することとし、スペース配分及びスペースに関する方針決定に迅速に対応し、効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進した。

5. 工事及び工事関連役務の提供等の契約業務

契約業務の実績として、工事及び工事関連役務の提供等の総契約件数は343件、うち入札によるものは219件。

施設の整備（平成25年度に産総研資産になった主なもの）

1) 新営棟建設

①福島県再生可能エネルギー研究開発拠点整備事業

(1)目的

再生エネルギー技術の早期の実用化を目指した応用中心の研究拠点の整備。

(2)整備費用 50.0億円（平成23年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	施 工	工 期
福島県再生可能エネルギー研究開発拠点（仮称）整備事業	株式会社大林組東北支店	平成24年11月28日 ～平成26年 3月28日

2) 東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測点整備

①東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測施設

(1)目的

産総研の地下水観測点の整備及びそのデータ収集システムの強化を行い、東南海・南海地震に対する観測ネットワーク体制を確立。

(2)整備費用 11.0億円（平成23年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	施 工	工 期
東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測施設整備工事（愛知県西尾市地区）	株式会社日さく	平成24年 5月14日 ～平成25年 6月28日

3) 老朽化対策

①老朽化施設・設備の緊急改修

(1)目的

安全な研究環境の整備のため、特に老朽化が進んでいる施設・設備について、外壁建具改修、電力関連設備改修、給排水関連設備改修、排ガス処理設備改修、空調設備改修、廃水処理設備改修、エレベーター設備改修などの緊急改修を行う。

(2)整備費用 20.9億円（平成24年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	施 工	工 期
つくば中央5-1 B棟他機械設備（換気）改修その他工事	正和工業株式会社	平成25年 5月 9日 ～平成25年 9月10日
つくば西-4 B棟他機械設備（空調）改修その他工事	株式会社日立製作所	平成25年 5月17日 ～平成25年12月27日
つくば中央共用講堂（大講堂）石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社小川建設東関東支店	平成25年 5月10日 ～平成25年 9月13日
つくば中央第7事業所エレベーター改修その他工事	エス・イー・シーエレベーター株式会社千葉支社	平成25年 5月24日 ～平成26年 3月11日
つくば中央2-1 3棟空調改修その他工事	高砂熱学工業株式会社 茨城営業所	平成25年 6月 7日 ～平成26年 3月31日
つくば中央第1事業所他受変電設備改修工事	日本メックス株式会社	平成25年 6月 7日 ～平成26年 2月21日
つくば西事業所他受変電設備改修工事	浅海電気株式会社東京本店	平成25年 6月 5日 ～平成25年11月29日
つくば中央3-4 M棟他電気室受変電設備（コンデンサ）改修工事	株式会社明電舎茨城営業所	平成25年 8月 9日 ～平成26年 1月24日
つくば中央第5事業所エレベーター監視盤改修その他工事	東芝エレベーター株式会社東関東支社	平成25年 8月21日 ～平成26年 3月28日
つくば中央本館他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社小川建設東関東支店	平成25年 9月18日 ～平成26年 3月28日

産業技術総合研究所

つくば中央3-1棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	松本建設株式会社	平成25年 9月13日 ～平成26年 3月31日
つくば中央5-1棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社小川建設東関東支店	平成25年 9月13日 ～平成25年 3月25日
つくば東-2A棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社大鶴	平成25年11月 5日 ～平成26年 3月27日
つくば西-2A棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	フジミビルサービス株式会社	平成25年10月 2日 ～平成26年 3月28日
つくば中央第1 さくら館太陽光発電用パワーコンディショナー改修工事	イガラシ綜業株式会社	平成25年10月18日 ～平成26年 3月31日
臨海副都心センター本館4階サーバー室空調設備改修その他工事	株式会社エアコンサービス	平成25年 4月15日 ～平成25年 7月26日
関西センター電気設備改修工事	大浪電設株式会社	平成25年 5月24日 ～平成25年 9月30日
関西センター先端材料合成実験棟他蓄電池等改修工事	大浪電設株式会社	平成25年 9月12日 ～平成25年 2月14日

②石綿関連改修

(1)目的

石綿含有吹き付け材及び関連する設備の改修。

(2)整備費用 0.1億円（平成25年度施設整備費補助金）

工事発注：産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	施 工	工 期
つくば東-4E棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社篠崎工務店	平成25年12月17日 ～平成26年 3月20日

②【環境安全管理部】

(Safety and Environmental Management Division)

所在地：つくば中央第1

人員：26名（11名）

概要：

環境安全管理部は、研究所の環境及び安全衛生の管理並びに防災対策等に関する業務を行っている。環境及び安全管理は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の環境及び安全にも関わる重要な事項である。また、産総研の組織にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業を実施するにあたって最優先事項であると位置付けている。

環境安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載する基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部署との密接な連携と協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び設備整備と改善等のハード及びソフト両面での積極的活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故発生数抑制のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[環境安全管理部]

部長 飯田 光明
次長 丸山 明彦
部総括 草間 常夫

[安全衛生管理室]

室長 安富 正
総括主幹 森本 研吾
総括主幹 白波瀬 雅明
総括主幹 長沢 順一 他

[施設環境管理室]

室長 長山 隆久
室長代理 富澤 和男 他

[ライフサイエンス実験管理室]

室長 石村 美雪
室長代理 飯田 和治 他

[放射線管理室]

室長 上岡 晃
室長代理 吉成 幸一 他

平成25年度の主な活動

1. 安全衛生管理体制の水準向上及び維持

1) 安全衛生管理の徹底、強化等

- ・安全衛生委員会（各事業所月1回）及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
- ・グループ／チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び実施の徹底、指導を行った。
- ・高圧ガス及び薬品管理に関する安全講習会を各事業所において実施した。
- ・事故、ヒヤリハット報告の原因分析等を行い、再発防止策等の周知及び安全意識の醸成等による事故低減の対策を行った。
- ・安全ガイドラインについて、適宜法改正の反映や実状にあわせた新たな対策の追加等の改定を行った。
- ・資格取得講習会や安全教育の企画及び開催を行った。

2) 環境安全マネジメントシステム（ESMS）

- ・各事業所の内部監査に立会い、運用に関するアドバイスをを行った。また、全国安全衛生管理担当者会議において、各事業所における改善点や参考となる取り組み事例などの情報共有を図った。

3) 事故防止活動

- ・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故ヒヤリハット報告及び環境安全に関する各種情報等の共有及び周知を行った。
- ・全国安全衛生管理担当者会議（年2回）を開催し、安全衛生に関する意見交換及び情報共有を行った。
- ・全国の地域センター所長及び管理監とTV会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の事業所会議等を経由して職員等全員へ周知した。

2. 環境影響低減化活動

- ・水質汚濁防止法、下水道法、労働安全衛生法等の法令に基づく特定施設等の届出を行った。
- ・廃棄物処理を委託している中間処理場及び最終処分場の現地調査を実施した。
- ・水質汚濁防止法にかかる特定施設の点検を、地域センター及びつくばセンターにおいて実施した。
- ・有害物質の漏えい・流出を想定した緊急事態対応訓練を6事業所で実施した。

3. 個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用

環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ボンベのデータベースによる管理を実施した。

1) 化学物質管理

- ・薬品ボンベ管理システムを用いて、消防法、建築基準法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。

- ・ユニットに配置されている薬品取扱責任者を通して、法改正情報の周知、危険薬品等の減量化等の薬品管理の徹底を推進した。特に、毒物劇物及び水銀使用機器の削減を重点的に実施した。また、研究成果物等の外部提供に際して、法令遵守の確認を行うための新たな業務フローを構築し運用を開始した。

2) ライフサイエンス実験管理

- ・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から、実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の実地調査を実施した。
- ・人間工学実験計画書の申請方法を変更し、チェックシートによる申請の要否判定及び実験内容に沿った申請書様式を指定することにより、申請書作成の負担軽減を行った。また、臨床研究指針等の改訂を見据え、医工学応用実験取扱要領の運用変更を行った。
- ・組換え DNA 実験、動物実験及び微生物実験並びにヒト由来試料実験、人間工学実験、医工学応用実験の従事者向けの教育訓練を実施した。

3) 放射線管理

- ・放射線業務従事者等の一元管理を継続して実施し、一層の効率化を推進するために管理システムの改修を行った。
- ・放射線業務従事者、エックス線装置の使用者等に対する教育訓練を実施した。
- ・各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する現地調査を行い、法令遵守状況に問題が無いことを確認した。つくばセンターに集約化した核燃料物質の法的管理を継続して行った。
- ・放射線管理業務の効率化について、中部センター放射線発生装置使用施設の廃止を完了させるとともに、つくば及び北海道センターの放射線関連施設の廃止の検討を開始した。また、防護対象核燃料物質の外部移管に向けた手続きを推進した。さらに、平成24年度に実施した核燃料物質の集約化に伴い、4事業所（つくば中央第3及び西、関西センター、四国センター）の核燃料施設廃止手続きを進めた。
- ・福島第一原子力発電所内での廃炉関連技術に関する研究について、法令に基づく個人の被ばく管理、及び研究現場での安全管理体制の確認を実施することにより、研究実施を支援した。

4) 施設の維持保全

- ・つくばセンターにおける施設、設備及び植栽に係る維持管理並びにエネルギー供給施設及び廃水処理施設の運営管理を行った。また、つくばセンターにおける都市ガス設備の縮小について方針を策定した。
- ・施設設備の維持管理・修繕に関しては、安全を確保し必要な機能を発揮させるために、不具合箇所対応

の優先順位判定を行うとともに、品質とコストの調和を考慮して維持管理や修繕予算の措置を行った。

- ・特別高圧受変電設備及び研究廃水処理施設等の改修実施に参画し、維持運営、法令対応及び環境保全の観点から指導を行った。

5) セキュリティ対策

- ・セキュリティ設備の維持保全に努めるとともに、全国的な老朽化設備の改修に向けて方針を策定し、改修に着手した。

4. 防災及び地震対策

- ・地域センター及びつくばセンターにおいて防災訓練を実施するとともに、訓練結果等を踏まえ、つくばセンター防災業務マニュアルの見直しを行った。
- ・緊急地震速報の全国訓練を機会に、防災対応マニュアル及び産総研業務継続計画（BCP）で定める安否確認の訓練を実施した。
- ・産総研業務継続計画（BCP）の策定業務に参画した。
- ・つくばセンターの防災用品（防災用備品、消耗品、食料等）の備蓄マニュアルを策定し、食糧の一括調達の実施等により備蓄品の標準化を推進した。

5. その他

- ・カルタヘナ法違反の再発防止策として、試薬購入時の注意及び用いた試薬や器具等の不活化処理を周知徹底し、実験現場の視察により指導を行った。

③【研究環境整備部】

(Research Facilities Division)

所在地：つくば中央第1

人員：21名

概要：

研究環境整備部は、世界的にも高い競争力を維持し、多様な産業技術の研究開発を推進する公的研究所として、安全で良好な研究環境を継続的に提供するため、その中核となる施設・設備の効率的かつ機動的な整備に努めている。この様な観点から、長期施設整備計画（マスタープラン）等を踏まえた計画的な施設整備を実施するとともに、営繕業務の品質向上及び効率的・効果的な業務に努めている。また、営繕業務に起因する事故・ヒヤリハットの低減に向けた措置を講じてきている。

また、産総研発足後、営繕業務は産総研の「自主営繕」として実施しているが、業務推進における品質向上のため、専門家集団の育成に取り組み、体制の強化を図っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[研究環境整備部]

部長 久保田 喜嗣
次長 池田 正樹
部総括 望月 経博

[技術管理室]

室長 榊原 修 他

[施設整備室]

室長 石川 裕
総括主幹 小野 一洋 他

平成25年度の主な活動

新たな研究開発新拠点の円滑な整備や老朽化対策を含む施設整備計画について、迅速かつ適切に実施するとともに、主に以下の業務を行った。

1. 「福島再生可能エネルギー研究開発拠点」施設整備業務

- 「福島再生可能エネルギー研究開発拠点」建設工事において、適切な監理・監督を行い、事故による工事の遅延防止並びに高品質な施工の確保を図るとともに、安全で環境に配慮した研究施設を計画どおりに完成させた。(実験別棟：平成25年10月、研究本館：平成26年1月完成)
- 「A区画整備建設工事・電気設備工事・機械設備工事」、「再生可能エネルギー備蓄回生システム設置工事」、「風力発電設備設置工事」、「太陽光発電設備工事」等について、適切な工事監理・監督により、計画通りの施設を完成させた。

2. 研究拠点の再構築及び老朽化対策にかかる施設整備業務

- 研究拠点の再構築として、北海道、東北、つくば、関西、九州の各センターにおいて、経済性を考慮しつつ、エネルギー効率が高く、かつ汎用性の高い研究施設の設計を行い、計画通り建設に着手した。
- 前例のない予算規模の老朽化対策事業において、施設維持管理コストの低減、安全確保、環境保全に配慮した設計を行うとともに、研究活動への影響の最小化を図りつつ、つくば中央・東地区特高受変電設備、つくば中央地区北・東地区研究廃水処理施設、各事業所電源盤等の大規模研究インフラ施設の改修工事に着手した。

④【情報環境基盤部】

(Intelligent Information Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1、先端情報計算センター棟

人員：16名 (3名)

概要：

情報環境基盤部は、我が国有数の情報技術に関する研究を行っている産総研の特長を最大限に活かし、最先端の技術の知見を用いて、全所的な情報ネットワークの構築・管理、情報セキュリティポリシーの運用、及び基幹業務システムの構築・管理・支援を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[情報環境基盤部]

部長 坂上 勝彦
次長 正木 篤
(情報基盤再構築特任チーム長) 小方 一郎
(総括チーム長) 宮本 哲
(情報セキュリティチーム長) 坂上 勝彦
(情報ネットワークチーム長) 武井 勇二郎
(イントラ基盤チーム長) 正木 篤
(業務システム管理チーム長) 坂 勝美 他

平成25年度の主な活動

情報基盤再構築特任チーム、総括チーム、情報セキュリティチーム、情報ネットワークチーム、イントラ基盤チーム、業務システム管理チームの6チーム体制で、下記の業務を実施した。

1. 情報セキュリティの向上

- 「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一規範」(情報セキュリティ政策会議決定)との整合性を図るため、情報セキュリティポリシー(基本方針、規程、要領、実施ガイド)の改訂案を作成した。
- 情報セキュリティ意識の啓発、確認のための自己点検(セルフチェック)と個人情報保護セルフチェックの実施率を改善した。
- 産総研の情報セキュリティ対策のPDCAサイクルを確立するため、研究推進組織等に対して情報セキュリティ監査及び外部公開サーバの脆弱性診断を実施した。また、前年度の監査対象について改善確認(フォローアップ監査)を実施した。
- 情報セキュリティを効果的、効率的に行うため、ネットワークセキュリティ管理監視サービスを導入し、インターネット通信を一元的に監視する体制を構築した。

2. 基幹業務システムの運用、保守、管理

- 基幹業務システムの更新にあたり、新技術の採用やライセンスコストの抑制等の工夫を施した設計とし、本格稼働に向けた導入作業を実施した。
- 関西センターに災害対策システムを構築する作業に

着手した。

- ・情報システム開発・改修に対し、新スキームの一層の浸透と実施の徹底を図った。

⑤【情報化統括責任者】
(Chief Information Officer)

所在地：つくば中央第1

概要：

情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、(1) 電子行政推進国・独立行政法人等協議会を通じて、情報化に関して政府との調整を行うこと、(2) 産総研の情報化戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議し、情報化関連予算の調整、情報システムによる業務効率化・高度化を行うこと等を実施している。

機構図（2014/3/31現在）

情報化統括責任者 (兼) 島田 広道
 情報化統括責任者補佐 (兼) 坂上 勝彦
 (兼) 正木 篤

平成25年度の主な活動

情報セキュリティ維持、向上のため、標的型ウイルス等の新たな脅威に対する、効果的、効率的な技術の導入を決定した。また、業務継続計画の具現化のため関西センターに災害対策システムの構築を決定した。

6）総務本部（General Affairs Headquarters）

①【業務推進支援部】
(General Affairs Support Division)

所在地：つくば中央第2

人員：11名

概要：

業務推進支援部は、産総研の庶務、研究支援事務、業務効率化に係る基本方針の企画、立案及び総合調整等に関する業務を行っている。

機構図（2014/3/31現在）

[業務推進支援部] 部長 向坪 均
 └───[支援企画室] 室長 中山 一彦 他
 └───[支援業務室] 室長 関根 英二 他
 └───[情報公開・個人情報保護推進室] 室長(兼) 関根 英二 他

支援企画室（Support Planning Office）
(つくば中央第2)

概要：

1. 研究支援事務及び庶務等の業務の企画及び立案並びに総合調整に関すること。
2. 研究業務推進部等における業務の総合調整に関すること。
3. 外部機関による検査及び監査への対応に関すること。
4. 研究所の業務効率化の推進に関すること。
5. 研究所の業務であって、他の所掌に属しないものに関すること。

支援業務室（General Affairs Support Office）
(つくば中央第2)

概要：

1. つくば本部の役員の秘書業務に関すること。
2. つくば本部において開催される理事長が主宰する会議の庶務に関すること。
3. 文書及び公印に関すること（他の所掌に属するものを除く。）。
4. 職員等の勤務及び服務管理に関すること（他の所掌に属するものを除く。）。
5. 外国人研究者の支援及び産総研インターナショナルセンターに関すること。
6. 役職員等及び研究所の業務を行う者であって役職員等以外の者の外国派遣の渡航手続に関すること（他の所掌に属するものを除く。）。

情報公開・個人情報保護推進室
(Disclosure and Personal Information Protection Promotion Office)

(つくば中央第2)

概要：

1. 研究所の情報公開に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること。
2. 研究所の情報公開の実施等に関すること。
3. 研究所の保有する情報の公開及び提供の推進に関すること。
4. 研究所の個人情報保護に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関すること。
5. 研究所の個人情報の本人開示の実施等に関すること。
6. 研究所の保有する個人情報の保護の推進に関すること。

②【人事部】
(Human Resources Division)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、
つくば中央第4
人 員：63名（6名）

概 要：
人事部は、研究所の人事、労務、福利厚生に係る業務を実施している。

機構図（2014/3/31現在）

[人事部]

- 部 長 岸本 道弘
- 審 議 役 小滝 義昭
- 山田 家和勝
- 菊池 恒男
- 部 総 括 五十嵐 光教
-
- [人事室] 室長 田崎 英弘 他
- [勤労室] 室長 狩野 篤 他
- [人材開発企画室] 室長 田村 正則 他
- [バリアフリー推進室] 室長 (兼) 五十嵐 光教 他
- [厚生室] 室長 戸田 昭彦 他
- [健康管理室] 室長 松本 卓 他

人事室 (Personnel Office)
(つくば中央第2)

- 概 要：
- ① 役職員の任用に関する事。
 - ② 個人評価制度の構築、実施に関する事。
 - ③ 給与の支給に関する事。
 - ④ 人件費の把握、見直しに関する事。
 - ⑤ 兼業の許可に関する事。
 - ⑥ 栄典及び表彰に関する事。

勤労室 (Staff Office)
(つくば中央第2)

- 概 要：
- ① 職員等の労働条件の基準に関する事。
 - ② 労使関係に係る総合調整に関する事。
 - ③ 服務規律に関する事。
 - ④ 役職員等の懲戒等に関する事。

人材開発企画室
(Human Resources Development Planning Office)
(つくば中央第2)

- 概 要：
- ① キャリアパス開発及び研修企画に関する事。
 - ② 職員等の研修（計量研修センター及びイノベーションスクールの所掌に属するものを除く）の実施に関

- すること。
- ③ その他人材開発に関する事。

バリアフリー推進室 (Barrier-free Promotion Office)
(つくば中央第2、つくば中央第4)

- 概 要：
- ① 障害者の雇用促進に関する事

厚生室 (Welfare Office)
(つくば中央第1、つくば中央第2)

- 概 要：
- ① 役職員等の福利厚生に関する事。
 - ② 役職員等の災害補償に関する事。
 - ③ 宿舎に関する事。
 - ④ 職員等の退職の相談に関する事。
 - ⑤ 経済産業省共済組合に関する事。
 - ⑥ 職員等の社会保険事務に関する事。

健康管理室 (Healthcare Office)
(つくば中央第1)

- 概 要：
- ① 役職員等の健康診断、健康管理及び保健指導に関する事。
 - ② 職員等のメンタルヘルスに関する事。
 - ③ 産業医に係る業務に関する事。

業務報告データ

年度特記事項

1. 平成25年度採用実績

① 事務職員	27名
② 研究職員 (パーマネント)	12名
③ " (招聘型任期付)	0名
④ " (博士型任期付)	67名
⑤ " (研究テーマ型任期付)	1名
計	107名

2. 平成25年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
① 職員等基礎研修 (e-ラーニング)	2	3回	446名
② 階層別研修	17	18回	635名
③ プロフェッショナル研修	16	93回	433名
合 計	35	114回	1,514名

③ 【財務部】
(Financial Affairs Division)

所在地：つくば中央第2
人 員：41名

概要：

財務部は、独立行政法人制度の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「財務室、経理室、出納室及び調達室」を配置している。

<平成25年度活動トピックス>

○中部センター瀬戸サイトの国庫納付

独立行政法人通則法（平成11年7月16日法律第103号）第46条の2第1項に基づき、中部センター瀬戸サイト（愛知県瀬戸市）の土地、建物及び附帯設備について、平成26年3月31日に現物による国庫納付を行った。（減資額：1,032,033,606円）

○研究開発拠点等の整備に係る減損の認識

次世代蓄電池やナノテクノロジー、健康医療などのクリーンかつ経済的なエネルギー需給、健康寿命世界一に貢献する研究拠点等を整備する。

経年劣化による老朽化が顕著であるなど倒壊等による危険防止等に鑑み、研究施設及び附帯設備18棟を閉鎖することを決定した。

（資産減損損失累計額 612百万円）

（損益外減損損失累計額 587百万円）

○契約審査委員会の充実化

契約監視委員会の意見を踏まえ、地域センターで開催される契約審査委員会にも可能な限り契約審査役が出席することとした。

あわせて、審査対象案件の基準額について、前年度の契約件数の上位一割の案件が対象となる金額まで審査対象の基準額を引き下げ、契約審査役による審査を実施した。

○障害者優先調達法の適用

「国等による障害者就労施設等からの物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成25年度における「障害者就労施設等からの物品等の調達の推進を図るための方針」を定め、実施してきたところ。

機構図（2014/3/31現在）

[財務部]	部長	小林 勝則	
	部総括	松崎 一秀	
— [財務室]	室長	関 浩之	他
— [経理室]	室長	山口 洋二	他
— [出納室]	室長	新井 清和	他
— [調達室]	室長	吉成 美智夫	他

財務室 (Finance Office)

概要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の分野別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る制度の整備、運用及び推進、財務及び会計に係る業務の審査、財務分析、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数 約7,200件、収入金額 約940億円。

経理室 (Accounting Office)

概要：

決算、消費税の確定申告、計算証明、財務会計システムの管理、有形固定資産の管理（他の所掌に属するものを除く。）に関する業務を行っている。

出納室 (Treasury Operations Office)

概要：

資金計画、金銭の支払、出納及び保管、税務、旅費の支給に関する業務を行っている。

○支払件数 約14万件、支払金額 約1,007億円。

○旅費件数 約7万8千件、支払金額 約23億円。

調達室 (Procurement Office)

概要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸借等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査に関する業務を行っている。

○全契約件数 約95,000件

○政府調達協定の対象案件数 139件、約186.1億円

○インターネット調達

単価契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。オフィス用品（約34,000品目）、理化学用品（全般）、電子部品（約72,000品目）、試薬類（全メーカー）、書籍（全般）、雑貨（約141,000品目）の物品が調達可能。利用件数約5.3万件、利用金額約8.5億円。

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成25年度における

「環境物品等の調達を円滑にするための方針」を定め、取り組んでいる。

④【ダイバーシティ推進室】

(AIST Diversity and Equal Opportunity Office)

所在地：つくば中央第2

人員：4名（3名）

概要：

ダイバーシティ推進室は、性別、国籍、年齢等にかかわらず個人の能力を十分に発揮できる環境の実現を目指し、所内システムの改善や職場環境の整備を進めるため、多様性活用（以下ダイバーシティ）の推進に係る業務を行う。

【平成25年度の主な活動】

「産業技術総合研究所第3期中期目標期間（平成22～26年度）におけるダイバーシティの推進策」のアクションプランにより、職員の多様な属性がもたらす価値・発想を活かすダイバーシティを目指して、関係部署等と連携して以下の活動を実施した。

●ダイバーシティ意識の啓発・浸透

ダイバーシティに関するシンポジウムを「日本を元気にする産業技術会議」と共催で行った。所内研修においてダイバーシティについての講義を実施した。また、産総研におけるダイバーシティ推進の各種取り組みやワーク・ライフ・バランス進展の状況等を、所内イベント及び学会において成果発信するとともに、報道機関の取材を通して活動を紹介した。

●女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用

女性候補者の募集を促進するため、各分野採用担当者に対し採用状況のデータを提示した。また、所内の外国人研究者へ聞き取り調査し、課題の把握と支援策を検討した。外国人研究者向けの業務手続きマニュアル（日・英）等を作成しイントラに公開した。日本語の業務支援が必要なグループ長及びチーム長へ事務職員の配置を検討し、平成26年度から試行配置することとした。

●キャリア形成支援における共同参画のための方策

女性リーダーによる特別シンポジウム、懇談会及び女性事務職のための交流会を開催した。キャリアパス事例をまとめた女性研究者マルチロードマップデータの拡充を行った。

●仕事と生活の調和のための支援

外部専門家及び産総研研究者による介護支援に関するセミナーを開催した。イントラにおける育児・介護支援に関する情報発信や情報交換の場の維持管理を行った。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

つくば市の男女共同参画審議会委員やつくば市主催

イベントの実行委員を務める等連携協力を行った。ダイバーシティ・サポート・オフィス（DSO）の事務局として、懇話会開催、ニュースレターの発行等、男女共同参画推進及び参加する研究教育機関間の連携を深めた。新たに2機関の参画を得た。

●ダイバーシティの総合推進

ダイバーシティ推進委員会を2回開催した。

機構図（2014/3/31現在の役職者名）

室長 山田 理
総括主幹 菅澤 正己
総括主幹 金 奉根

7) 評価部（Evaluation Department）

所在地：つくば中央第2

人員：20名（17名）

概要：

評価部のミッションは、①研究ユニット及び研究関連等業務の活動の活性化・向上を促すこと、②評価結果を経営判断に活用し自己改革に適切に反映すること、③評価結果を公開して透明性の確保と国民の理解を促し説明責任を果たすことである。

評価結果は理事長に報告するとともに、社会や国民への説明責任と併せて、産総研の活動についてより広い理解が得られるよう、評価報告書として刊行する。

1. 研究ユニット評価

第2期中期目標期間から導入したイノベーションの創出に資することを重視した「アウトカムの視点からの評価」を引き続き継続し、外部委員による評価のさらなる充実、評価内容の見直し等の改善を行い、研究ユニット評価を実施した。

研究ユニット毎に研究ユニット評価委員会（外部委員と内部委員で構成）を設置して、研究ユニット評価及び研究ユニット評価フォローアップを行った。外部委員は延べ229名、内部委員は延べ80名であった。

1) 研究ユニット評価

「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「研究ユニット運営の取り組み」について評価を行い、評点とコメントによる評価を実施した。本評価は隔年度実施であり、本年度は11研究ユニットを対象とした。

2) 研究ユニット評価フォローアップ

研究ユニット評価を実施しない年度には評価委員との「意見交換」あるいは「開始時意見交換会」を実施し、研究ユニット評価の信頼性の向上

を図るとともに、評価委員の評価対象の把握と理解の機会の拡大を図った。本年度は29研究ユニットを対象とした。

2. 研究ユニット活動総括・提言

外部委員からの評価を強化した研究ユニット評価の結果等に基づき今後の研究、組織のあり方を提言する「研究ユニット活動総括・提言委員会」を開催した。本年度は28研究ユニットを対象とした。

3. 研究関連等業務活動評価

研究関連等業務活動の評価について、第3期中期目標期間では、1) イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務、2) 地域活性化に係わる業務を対象に評価を行う。

本年度は、イノベーション推進本部、つくばイノベーションアリーナ推進本部及び広報部におけるイノベーション推進、産業人材育成等に係る業務を対象に実施した。

機構図 (2014/3/31現在)

評価部	部長	(兼) 島田 広道
	首席評価役	阿部 修治、永壽 伴章、 栗本 史雄、竹内 浩士、 抜間 壽文、檜野 良穂、 本間 一弘
	次長	遠藤 秀典
	審議役	高橋 正春、中村 徳幸
	室長	中田 功一、秋道 斉

評価企画室 (Evaluation Planning Office)

(つくば中央第2)

概要:

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行う。研究推進に係る活動以外の評価に関する業務を行う。評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

研究評価推進室 (Research Evaluation Office)

(つくば中央第2)

概要:

研究推進に係る活動の評価に関する業務を行う。

業務報告データ

平成24年度研究ユニット評価報告書 (平成25年4月)

*産総研公式ホームページから閲覧可能

(<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html>)

8) 広報部 (Public Relations Department)

所在地: つくば中央第2、つくば中央第1

人員: 23名 (4名)

概要:

広報部は、産業技術や国民生活の向上に貢献することを目的として、報道発表、ホームページ、広報誌、パンフレット、所内公開、イベント出展等の広報活動を通じ、広く国民に対して研究所の研究成果を分かりやすい情報として提供している。

機構図 (2014/3/31現在)

[広報部]	部長	(兼) 瀬戸 政宏
	部総括	宮本 晃之
	審議役	石井 武政
	審議役	多屋 秀人
	総括主幹	下村 正樹
	総括主幹	梶原 茂
	主幹	小笠原 啓一
	キャリア主幹	並木 壯壽
	キャリア主幹	馬場 正行
[広報企画室]	室長	亀卦川 広之 他
[報道室]	室長	目黒 卓男 他
[広報制作室]	室長	河合 健二 他
[科学・技術コミュニケーション室]	室長	田沼 弘次 他

広報企画室 (Public Relations Planning Office)

(つくば中央第2)

概要:

広報企画室は、広報の基本方針の企画・立案、並びに広報部の業務を総括している。

報道室 (Media Relations Office)

(つくば中央第2)

概要:

報道室は、報道発表を中心にマスメディア対象の広報活動に関する業務を行っている。

広報制作室 (Website and Publication Office)

(つくば中央第2)

概要:

広報制作室は、コーポレートアイデンティティの活用とコーポレートコミュニケーションの企画及び推進、情報ネットワークを用いた研究成果の発信、データベースを用いた研究成果の提供、広報誌・刊行物その他印刷物の編集や発行及び頒布、映像及び広報のための画像の制作に関する業務を行っている。

科学・技術コミュニケーション室
(Science Communication Office)

(つくば中央第2、つくば中央第1)

概要:

科学・技術コミュニケーション室は、つくばセンターに設置された常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、所内公開等の企画・運営、外部イベントへの出展、見学対応などの業務を行っている。

1) 報道関係

平成25年度プレス発表件数 (ユニット別)

所 属 名	発表 件数
企画本部	2
糖鎖医工学研究センター	2
生命情報工学研究センター	1
生産計測技術研究センター	2
ナノチューブ応用研究センター	6
活断層・地震研究センター	1
触媒化学融合研究センター	2
コンパクト化学システム研究センター	1
ナノスピントロニクス研究センター	4
集積マイクロシステム研究センター	4
先進パワーエレクトロニクス研究センター	2
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	2
太陽光発電工学研究センター	5
計測標準研究部門	2
地圏資源環境研究部門	1
知能システム研究部門	3
計測フロンティア研究部門	2
先進製造プロセス研究部門	3
サステナブルマテリアル研究部門	4
地質情報研究部門	2
環境管理技術研究部門	1
環境化学技術研究部門	2
エネルギー技術研究部門	1
情報技術研究部門	1
安全科学研究部門	1
バイオメディカル研究部門	3
健康工学研究部門	1
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	4
ナノシステム研究部門	5
生物プロセス研究部門	4
電子光技術研究部門	3
ナノエレクトロニクス研究部門	12
セキュアシステム研究部門	1
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	1
地質分野研究企画室	1
地質標本館	1
計測・計量標準分野研究企画室	1
産学官連携推進部	5
つくばイノベーションアリーナ推進本部	2
総計	101

* 発表件数は94件。

産業技術総合研究所

平成25年度取材対応件数（所属別）

所属名	発表
理事	14
顧問	1
企画本部	2
広報部	7
国際標準推進部	1
糖鎖医工学研究センター	3
生命情報工学研究センター	4
生産計測技術研究センター	2
ナノチューブ応用研究センター	6
活断層・地震研究センター	124
メタン水素燃料研究センター	14
バイオマスリファイナリー研究センター	1
創薬分子プロファイリング研究センター	10
触媒化学融合研究センター	5
再生可能エネルギー研究センター	17
コンパクト化学システム研究センター	3
ナノスピントロニクス研究センター	2
幹細胞工学研究センター	7
デジタルヒューマン工学研究センター	23
集積マイクロシステム研究センター	7
先進パワーエレクトロニクス研究センター	15
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	7
太陽光発電工学研究センター	14
計測標準研究部門	22
地圏資源環境研究部門	94
知能システム研究部門	100
計測フロンティア研究部門	3
ユビキタスエネルギー研究部門	4
先進製造プロセス研究部門	20
サステナブルマテリアル研究部門	9
地質情報研究部門	135
環境管理技術研究部門	20
環境化学技術研究部門	3
エネルギー技術研究部門	9
情報技術研究部門	21
安全科学研究部門	23
バイオメディカル研究部門	17
健康工学研究部門	7
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	52
ナノシステム研究部門	9
生物プロセス研究部門	7
電子光技術研究部門	6
ナノエレクトロニクス研究部門	9
セキュアシステム研究部門	23
フェロー	16
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室	2
所属名	発表

ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	1
環境・エネルギー分野研究企画室	2
地質分野研究企画室	1
地質標本館	61
計測・計量標準分野研究企画室	1
地質調査情報センター	1
計量標準管理センター	2
サービス工学研究センター	9
イノベーションスクール	4
イノベーション推進本部	4
産学官連携推進部	15
国際部	1
ベンチャー開発部	4
つくばイノベーションアリーナ推進本部	15
ダイバーシティ推進室	5
つくば中央第三事業所	3
北海道センター	10
東北センター	2
臨海副都心センター	6
中部センター	3
関西センター	2
中国センター	1
四国センター	1
九州センター	12
福島再生可能エネルギー研究所	9
総計	1,075

平成25年度マスコミ等報道数

媒体名		件数	
新聞	朝日新聞	75	
	読売新聞	122	
	毎日新聞	89	
	産経新聞	75	
	日本経済新聞	157	
	日刊工業新聞	414	
	フジサンケイ ビジネスアイ	31	
	日経産業新聞	223	
	化学工業日報	221	
	科学新聞	62	
	他	1,278	
	計	2,747	
	雑誌等		247
TV/ラジオ		NHK	104
		民放 他	143
	計	247	
WEB その他		1,830	
合計		5,071	

事業組織・本部組織業務

2) 主催行事等

平成25年度講演会等実施一覧

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2013. 4. 11	第11回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	(独) 産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
2	2013. 4. 12	第131回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独) 産総研 九州センター、(独) 中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
3	2013. 4. 22	計測・診断システム研究協議会平成25年度総会・講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
4	2013. 4. 23	GIC 第33回研修セミナー	GIC事務局	主催	宮城県	仙台ガーデンパレス
5	2013. 4. 27	出張サイエンスカフェ『スーパー植物研究最前線』～植物の中で働く見えないアクセルとブレーキ～	(独) 産総研	主催	東京都	多摩大学附属ヶ丘中学高等学校
6	2013. 5. 10	第132回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独) 産総研 九州センター、(独) 中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
7	2013. 5. 10	第13回Clayteamセミナー	Clayteam	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
8	2013. 5. 17	オールジャパンでの創薬支援体制の構築に向けて	(独) 医薬基盤研究所、(独) 理化学研究所、(独) 産総研	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
9	2013. 5. 28	第7回 窒化物半導体デバイスに関わる超精密加工プロセス研究分科会 講演会	日本機械学会 情報・知能・精密機器部門	主催	京都府	コープイン京都
10	2013. 5. 28	第16回 精密加工プロセス研究会 講演会	日本機械学会 情報・知能・精密機器部門	主催	京都府	コープイン京都
11	2013. 5. 30	第4回ミニマル3DICファブ開発研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」プラズマ技術研究会、ミニマル3DICファブ開発研究会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
12	2013. 5. 30	第14回プラズマ技術研究会 講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」プラズマ技術研究会、ミニマル3DICファブ開発研究会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
13	2013. 6. 4	中国地域産総研技術セミナー in 島根	(独) 産総研 中国センター	共同主催	島根県	テクノアークしまね
14	2013. 6. 7	日本ゾルゲル学会第10回セミナー【機能性ナノスケール材料の最先端】	日本ゾルゲル学会	協賛	大阪府	大阪府立大学 なんばセンター
15	2013. 6. 20	第17回精密加工プロセス研究会講演会第11回インスペクション技術研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	TKP博多駅南会議室
16	2013. 6. 21	第1回AIST(産総研)セミナー	(独) 産総研 関西センター組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	関西経済連合会
17	2013. 6. 30～2013. 7. 4	The 32nd International Conference on Thermoelectrics (第32回熱電変換国際会議)	第32回熱電変換国際会議実行委員会	共催	兵庫県	神戸国際会議場
18	2013. 7. 12	技術交流サロン (第1回)	(独) 産総研 中国センター	主催	広島県	ひろしまハイビル21
19	2013. 7. 12	第134回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独) 産総研 九州センター、(独) 中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
20	2013. 7. 13	33rd International Conference on Solution Chemistry (ICSC) Post-symposium on Ionic Liquids From Science to Green Chemical Applications Joint conference with the Ionic Liquid Research Association (ILRA), Japan and the Prioritized Research Program for the Future Generation, Kanazawa University	第33回溶液化学国際会議およびイオン液体研究会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
21	2013. 7. 23	研究成果発表会におけるポスターセッション	広島県西部工業技術センター	出展	広島県	広島県西部工業技術センター
22	2013. 7. 24	東北再生可能エネルギー研究会 平成25年度第1回講演会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	宮城県	仙台小田急ビル会議室
23	2013. 7. 24	東北再生可能エネルギー研究会 第1回幹事会・講演会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	宮城県	産総研 東北サテライト

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研 とのか かわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
24	2013. 7. 25	第5回 産総研北海道センター講演会「食品成分の作用メカニズムの解明および機能性食品の開発」	(独)産総研 北海道センター、R&Bパーク札幌大通サテライト	共催	北海道	産総研 札幌大通りサイト
25	2013. 7. 26	GIC 第34回研修セミナー	GIC事務局	主催	宮城県	産総研 東北センター
26	2013. 7. 26	平成25年度新技術セミナーin徳島(LED技術交流セミナー)	(独)産総研 四国センター、(一財)四国産業・技術振興センター	主催	徳島県	徳島県工業技術センター
27	2013. 8. 1～2013. 8. 2	日本ゾルゲル学会第11回討論会	日本ゾルゲル学会	協賛	広島県	広島大学 東広島キャンパス
28	2013. 8. 5	つくば発先端技術発表会 つくば発イノベーション第23回講演会	つくば市、(独)産総研	主催	茨城県	つくば市役所
29	2013. 8. 8	第135回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	福岡商工会議所
30	2013. 8. 8～2013. 8. 26	第135回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	福岡商工会議所
31	2013. 8. 22	第2回AIST(産総研)セミナー	(独)産総研 関西センター組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	グランフロント大阪北館
32	2013. 8. 23	マイクロファクトリ技術交流会	(独)産総研、岩手県工業技術センター	共催	岩手県	岩手県工業技術センター
33	2013. 8. 26	中国地域産総研技術セミナー in 広島	(独)産総研 中国センター、広島県立総合技術研究所、(公財)ひろしま産業振興機構、日本複合材料学会西部支部	共同主催	広島県	広島ガーデンパレス
34	2013. 8. 27	第14回Clayteamセミナー	Clayteam	主催	宮城県	TKPカーデンシティ仙台
35	2013. 8. 29～2013. 8. 30	平成25年度(第9回)九州・沖縄公設試及び産総研九州センター研究者合同研修会	(独)産総研 九州センター、九州経済産業局 地域経済部 技術企画課	主催	佐賀県	武雄温泉ハイツ
36	2013. 8. 30	技術交流サロン(第2回)	(独)産総研 中国センター	主催	広島県	ひろしまハイビル21
37	2013. 9. 2	H25年度「FIB実践セミナー」	文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム：筑波大学、東京工業大学、物質・材料研究機構、(独)産総研	共同主催	茨城県	産総研 つくばセンター
38	2013. 9. 5	NMIJ 標準物質セミナー 2013〜きっと役立つ分析ノウハウと標準物質〜	(独)産総研 計量標準総合センター	主催	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
39	2013. 9. 6	第136回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
40	2013. 9. 11	第18回精密加工プロセス研究会講演会(第9回 窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」精密加工プロセス研究会	主催	岡山県	岡山大学
41	2013. 9. 13	技術交流サロン(第3回)	(独)産総研 中国センター	主催	広島県	ひろしまハイビル21
42	2013. 9. 18	広島市立大学2013年度リエゾンフェスタ～広島ものづくり最先端～	公立大学法人広島市立大学	主催	広島県	広島市まちづくり市民交流プラザ
43	2013. 9. 19	第15回医療福祉技術シンポジウム	産業技術連携推進会議 医療福祉技術分科会、(独)産総研	共同主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
44	2013. 9. 19	第10回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会第12回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	(独)産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
45	2013. 9. 22	県博日曜講座1『早池峰山周辺の地質について』2『1/5万地質図幅「早池峰山」について』	岩手県立博物館、(独)産総研 地質標本館	共催	岩手県	岩手県立博物館
46	2013. 9. 24	第4回講演会「車と情報セキュリティ」	(公社)自動車技術会	協力	神奈川県	株式会社小野測器
47	2013. 9. 30	平成25年度「微細加工実践セミナー」	文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム、微細加工プラットフォーム東京工業大学、(独)産総研	共同主催	茨城県	産総研 つくばセンター
48	2013. 10. 4	第137回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	福岡商工会議所

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
49	2013.10.7	第14回産学官連携フォーラム	日本大学工学部工学研究所、(公財)郡山地域テクノポリス推進機構郡山地域ニューメディア・コミュニティ事業推進協議会	後援	福島県	日本大学工学部50周年記念会館
50	2013.10.9	第5回産総研マグネシウムシンポジウム	(独)産総研 サステナブルマテリアル研究部門 (Tech Biz 2013 併催シンポジウム)	主催	愛知県	ポートメッセなごや
51	2013.10.10	講演会(多成分量子凝縮相での渦構造について) Seminar (Vortex matter in multi-component Bose-Einstein condensate)	(独)産総研 電子光技術研究部門 酸化物デバイスグループ	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
52	2013.10.21	第8回産総研レアメタルシンポジウム	(独)産総研 レアメタルタスクフォース	主催	東京都	石垣記念ホール
53	2013.10.21~2013.10.22	The 6th International Symposium on Ultrafast Photonic Technologies (ISUPT2013) 第6回超高速フォトニックテクノロジー国際シンポジウム	(独)産総研、東北大学、The Institute of Optics at The University of Rochester, IDEX Corp.	共同主催	アメリカ	University of Rochester
54	2013.10.24	産総研・九工大・北九州市(ICSEAD)によるセミナー「オープンリサーチによる環境エレクトロニクス研究と拠点化構想」	(独)産総研、九州工業大学、国際東アジア研究センター、北九州市	主催	福岡県	北九州学術研究都市産学連携センター
55	2013.10.24	第14回産・学・官連携フォーラム「福島の更なる飛躍に向けて！」～産総研と地域企業との連携を目指して～	日本大学工学部	後援	福島県	日本大学工学部50周年記念館(ハットNE)
56	2013.10.24	産総研・九工大・北九州市(ICSEAD)によるセミナー「オープンリサーチによる環境エレクトロニクス研究と拠点化構想」	(独)産総研、九州工業大学、国際東アジア研究センター、北九州市	主催	福岡県	北九州学術研究都市産学連携センター
57	2013.10.29	第3回AIST(産総研)セミナー	(独)産総研 関西センター組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	大阪大学 中之島センター
58	2013.10.31	産総研オープンラボ2013イブニングカフェ「世界で戦えるイノベーションリーダーを育てる:5つの必須条件」	(独)産総研 イノベーションスクール、広報企画室	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
59	2013.10.31	福島再生可能エネルギー研究所シンポジウム ― 新研究拠点で取り組む再生可能エネルギー技術開発 ―	(独)産総研 福島再生可能エネルギー研究所	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
60	2013.11.1	第137回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
61	2013.11.8	計量標準フォーラム第11回講演会 NMIJ計量標準セミナー ～産業の安全・安心を支える標準物質～	(独)産総研 計量標準総合センター	主催	東京都	大田区産業プラザ PiO
62	2013.11.10~2013.11.13	「2nd International Conference on Mechanoluminescence and Novel Structural Health Diagnosis」 「第2回 応力発光による構造体の新しい診断フォーラム」	運営委員会 Tongji University, China 組織委員会、(独)産総研	共催	中国	Tongji University
63	2013.11.11	第15回Clayteamセミナー	Clayteam	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
64	2013.11.13	平成25年度産総研・新技術セミナーin高松	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	香川県産業技術センター
65	2013.11.15	炭素繊維シンポジウム	(独)産総研、日刊工業新聞社、モノづくり日本会議	主催	大阪府	大阪科学技術センター
66	2013.11.18	第19回精密加工プロセス研究会講演会(第10回窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
67	2013.11.20	平成25年度(第12回)地圏資源環境研究部門研究成果報告会	(独)産総研 地圏資源環境研究部門	主催	東京都	秋葉原ダイビル
68	2013.11.20	「バイオインフォマティクスとゲノム医療:その課題と将来展望」	(独)産総研 生命情報工学研究センター、(公財)かずさDNA研究所 ヒトゲノム研究部	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
69	2013.11.26~2013.11.27	平成25年度イノベーションコーディネータ表彰	(独)科学技術振興機構	後援	滋賀県	ピアザ淡海 滋賀県立県民交流センター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
70	2013. 11. 27	平成25年度九州・沖縄 産業技術オープンデー	(独) 産総研 九州センター、九州経済産業局	主催	佐賀県	サンメッセ鳥栖、産総研 九州センター
71	2013. 11. 27	第12回 インспекション技術研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	佐賀県	サンメッセ鳥栖
72	2013. 11. 28	産総研技術セミナーin岡山	(独) 産総研 中国センター、岡山県工業技術センター	共同主催	岡山県	岡山ロイヤルホテル
73	2013. 12. 2～2013. 12. 3	ナノテク製造中核人材の養成プログラム「成膜プロセス技術の最前線」講義	(独) 産総研 ナノエレクトロニクス研究部門 (ナノプロセス施設)	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
74	2013. 12. 3	産総研本格研究ワークショップinやまぐち	(独) 産総研 中国センター	主催	山口県	山口グランドホテル
75	2013. 12. 4～2013. 12. 5	産総研環境・エネルギーシンポジウムシリーズ第5回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-5)	(独) 産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
76	2013. 12. 6	第139回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独) 産総研 九州センター、(独) 中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
77	2013. 12. 6	新材料で構成する快適建築空間第5回	(独) 産総研 サステナブルマテリアル研究部門	主催	東京都	三会堂ビル 石垣記念ホール
78	2013. 12. 10	GIC 第35回研修セミナー	GIC事務局	主催	宮城県	産総研 東北センター
79	2013. 12. 10	GIC 第35回研修セミナー	GIC事務局	主催	宮城県	産総研 東北センター
80	2013. 12. 10	産総研本格研究ワークショップin中部「イノベーションを牽引する連携研究ー地域事業計画コアプランの実践ー」	(独) 産総研	主催	愛知県	メルパルク NAGOYA
81	2013. 12. 11	第64回固体イオニクス研究会ーポストリチウムイオン電池用導電性材料の新展開ー	日本固体イオニクス学会	協賛	大阪府	産総研 関西センター
82	2013. 12. 11	産総研関西センター研究講演会第9回 UBIQEN フォーラム蓄電池・燃料電池関連技術の国際標準化ー新しい技術の導入・普及と産業競争力強化のためにー	(独) 産総研 関西センター	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンタービル
83	2013. 12. 12	「第364講習会「Excelでひもとくデジタル設計術〜ここまでできる○○〇」	(公社) 精密工学会	協賛	東京都	首都大学東京 南大沢キャンパス
84	2013. 12. 16	中国地域産総研技術セミナーin米子	(独) 産総研 中国センター、(地独) 鳥取県産業技術センター	共同主催	鳥取県	国際ファミリープラザ
85	2013. 12. 16	第20回精密加工プロセス研究会講演会開催案内 (第11回 窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演会)	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	ヒルトン福岡シーホーク
86	2013. 12. 16	第4回つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano) 公開シンポジウムー「つくば」から未来の産業へー	(独) 産総研 つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点運営最高会議	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
87	2013. 12. 16	つくば発イノベーション第24回講演会	(独) 産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
88	2013. 12. 17	最先端研究開発支援プログラム (FIRST) 採択課題「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」最終成果報告会	(独) 産総研 連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター	主催	東京都	イイノホール&カンファレンスセンター
89	2013. 12. 17	計測・診断システム研究協議会平成25年度第1回出前シンポジウム	計測・診断システム研究協議会	主催	熊本県	熊本市国際交流会館
90	2013. 12. 17	計測・診断システム研究協議会平成25年度第1回出前シンポジウム	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	熊本県	熊本市国際交流会館
91	2013. 12. 19	ワークショップ「植物工場による物質生産研究の最前線〜医薬品原材料生産の現状と展望〜」	経済産業省、(独) 産総研	共催	東京都	銀座フェニックスプラザ
92	2013. 12. 24	第4回AIST (産総研) セミナー (セキュリティセミナー)	(独) 産総研 セキュアシステム研究部門、組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	関西経済連合会
93	2013. 12. 26	第5回プラズマ医療・健康産業シンポジウム、文部科学省・新学術領域研究「プラズマ医療科学の創成」東京拠点会議	プラズマ医療健康産業フォーラム、(独) 産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
94	2014. 1. 15	第140回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	九州経済産業局、(独)産総研九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
95	2014. 1. 16	平成25年度「産総研・新技術セミナーin西条（第2回）」	(独)産総研 四国センター、(株)西条産業情報支援センター	主催	愛媛県	西条市産業情報支援センター
96	2014. 1. 17	分子ロボティクス研究会	分子ロボティクス研究会	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
97	2014. 1. 20	第47回 AIST・筑波大学・TCI ベンチャー技術発表会	筑波大学産学リエゾン共同研究センター、(独)産総研イノベーション推進本部ベンチャー開発部、(株)つくば研究支援センター	共催	茨城県	つくば研究支援センター
98	2014. 1. 21	平成25年度第2回「産総研・新技術セミナーin高松」及びかがわ次世代ものづくり研究会ロボット分野 平成25年度第3回勉強会	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	香川県産業技術センター
99	2014. 1. 21	平成25年度 産総研関西センター本格研究ワークショップ ～蓄電池技術開発におけるオープンイノベーション～	(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	大阪科学技術センター
100	2014. 1. 23～2014. 1. 24	2013年度計量標準成果発表会	(独)産総研 計測標準研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
101	2014. 1. 27	H25年度「SPM実践セミナー」	(独)産総研 ナノエレクトロニクス研究部門ナノプロセス施設	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
102	2014. 1. 28	産総研 本格研究ワークショップin大分「未利用エネルギー技術が拓くグリーンテクノロジー」	(独)産総研	主催	大分県	コンパルホール
103	2014. 1. 29	JIEP官能検査自動化研究会 第2回公開研究会（画像処理、粘着・接着評価、外観検査の実際と最新技術動向）	(一社)エレクトロニクス実装学、(独)産総研、計測診断システム研究協議会・インスペクション技術研究会協賛	主催	東京都	回路会館地下会議室
104	2014. 1. 30	産総研シンポジウム「ナノテクノロジーから見た3D造形ものづくり」	(独)産総研 ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	主催	東京都	東京ビッグサイト
105	2014. 1. 30	平成25年度第2回次世代バイオナノ研究会「マイクロ・ナノ空間の生体計測・イメージング」	(独)産総研	主催	東京都	東京ビッグサイト
106	2014. 2. 3	第16回連携大学院産学間交流セミナー	(独)産総研九州センター、国立大学法人佐賀大学	主催	佐賀県	佐賀大学
107	2014. 2. 4	「再生可能エネルギー関連産業セミナー～地中熱利用技術の基礎と応用～」	(公財)東北活性化研究センター	共催	福島県	ビッグパレットふくしま
108	2014. 2. 5	第8回 CMSI産官学連続研究会永久磁石研究の最前線：計算科学的アプローチの課題と展望	計算物質科学イニシアティブ(CMSI)、(独)産総研	共催	東京都	秋葉原ダイビル
109	2014. 2. 6～2014. 2. 7	産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会 合同総会	産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
110	2014. 2. 7	第141回産学官交流研究会 博多セミナー（一金会）	九州経済産業局、(独)産総研九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
111	2014. 2. 13	第16回Clayteamセミナー	Clayteam	主催	宮城県	TKPカーデンシティ仙台
112	2014. 2. 13	第21回精密加工プロセス研究会講演会（第12回窒化物半導体デバイスにかかわる超精密加工プロセス研究分科会講演会）	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
113	2014. 2. 18	つくば共用研究施設の活用によるイノベーション創出～産総研・NIMS・筑波大・KEKの共用研究施設利用説明会&見学ツアー～	(独)産総研 TIA-nano推進協議会、TIA-nano運営最高会議（TIA-nano：つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点）	主催	茨城県	つくば国際会議場
114	2014. 2. 19	NMIJ計測クラブ 化学量関連計測クラブ合同会合	(独)産総研 計量標準総合センター	主催	東京都	アジュール竹芝
115	2014. 2. 25	GIC 平成25年度報告総会および第36回研修セミナー（特別講演会）	GIC事務局	主催	宮城県	TKPカーデンシティ仙台
116	2014. 2. 25	第3回電子光技術シンポジウム「電子と光の融合を目指して -ネットワークからインターコネクションへ」	(独)産総研 電子光技術研究部門	主催	東京都	秋葉原UDXギャラリー

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研 とのか かわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
117	2014. 2. 27	第6回産総研ナノシステム連携促進フォーラム～計算シミュレーションの産業普及を目指した基礎と応用の連携～	(独) 産総研 ナノシステム研究部門	主催	東京都	秋葉原・コンベンションホール
118	2014. 2. 27	平成25年度放射線担当者会議	産業技術連携推進会議	共催	宮城県	産総研 東北サテライト
119	2014. 2. 28	平成25年度 食品・バイオテクノロジー技術研究会講演会	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」	主催	福岡県	リファレンス 駅東ビル
120	2014. 2. 28	産総研新技術セミナー	(独) 産総研 四国センター	主催	高知県	高知県工業技術センター
121	2014. 3. 4	東北再生可能エネルギー研究会 第2回講演会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	秋田県	秋田ビューホテル
122	2014. 3. 6	次世代ナノテクフォーラム2014	(独) 産総研 関西センター産業技術連携推進会議近畿地域部会ナノテクノロジー分科会	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
123	2014. 3. 7	第142回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独) 産総研 九州センター、(独) 中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
124	2014. 3. 10	平成25年度炭素繊維複合材料研究会講演会in山口	(独) 産総研 中国センター、(地独) 山口県産業技術センター、産業技術連携推進会議 中国地域部会、やまぐちブランド技術研究会	共同主催	山口県	(地独) 山口県産業技術センター
125	2014. 3. 10	第15回プラズマ技術研究会講演会、第5回ミナマル3DICファブ開発研究会講演会第、6回ミナマルファブ用プラズマプロセス開発WG会議講演会、第17回 応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会、プラズマ新領域研究会講演会	プラズマ技術研究会、プラズマプロセス開発WG、ミナマル3DICファブ開発研究会、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会	主催	福岡県	リファレンス 駅東ビル
126	2014. 3. 11	第5回AIST (産総研) セミナー	(独) 産総研 関西センター組込みシステム産業振興機構	主催	大阪府	大阪大学中之島センター
127	2014. 3. 12	第8回産総研北海道センター講演会「北海道水産物の鮮度保持とブランド化」	(独) 産総研 北海道センター	主催	北海道	札幌グランドホテル
128	2014. 3. 13～2014. 3. 14	第2回 糖鎖解析技術研修会in産総研	(独) 産総研 糖鎖医工学研究センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
129	2014. 3. 19	産友会“設立2周年記念”セミナー&産総研“技術交流サロン”(第5回)	(独) 産総研 中国センター	主催	広島県	メルパルク広島
130	2014. 3. 20	つくば発イノベーション第26回講演会	(独) 産総研	主催	茨城県	つくば市役所
131	2014. 3. 20	第11回ガスハイドレート産業創出イノベーション講演会第13回メタンハイドレート研究アライアンス講演	(独) 産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター

事業組織・本部組織業務

主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2013.4.20	(独)産総研 科学技術週間特別イベント	(独)産総研 広報部、地質標本館	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
2	2013.4.22	第25回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
3	2013.4.25	仙台南まちなかサイエンス (第18回)	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
4	2013.5.9	産総研プレゼンツ・サイエンスカフェin鳥栖「レアアースを確保せよ!～希少資源探査の最前線～」	(独)産総研 九州センター	主催	佐賀県	鳥栖市立図書館
5	2013.5.23	平成25年度産総研・新技術セミナーin西条	(独)産総研 四国センター、(株)西条産業情報支援センター	主催	愛媛県	(株)西条産業情報支援センター
6	2013.5.24	第26回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
7	2013.5.30	産総研・ノルウェー (SINTEF, NTNU) 共同ワークショップ	(独)産総研、ノルウェー大使館	主催	福島県	ホテル華の湯コンベンションホール
8	2013.5.31	第39回産総研サイエンスカフェ「地球にもっとやさしいバイオプラスチック～ミドリムシから始まる“ものづくり”～」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
9	2013.6.4～2013.6.5	太陽光発電工学研究センター 成果報告会 2013	(独)産総研 太陽光発電工学研究センター	主催	茨城県	つくば国際会議場
10	2013.6.7	第133回産学官交流研究会 博多セミナー (一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小機構九州支部、(一財)九州産業技術センター、(一社)九州ニュービジネス協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州本部
11	2013.6.13～2013.6.15	JPCA Show 2012	日本電子回路工業会	主催	東京都	東京ビッグサイト
12	2013.6.20	第27回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
13	2013.6.25～2013.6.26	(独)産総研 中部センターオープンラボ2013	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 中部センター
14	2013.6.25～2013.6.26	2013年(独)産総研中部センター研究発表会	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 つくばセンター
15	2013.6.28～2013.11.28	組込み適塾 アーキテクチャ設計コース	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	兵庫県	産総研 関西センター
16	2013.6.28～2013.11.28	組込み適塾 実装エンジニアリングコース	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	兵庫県	産総研 関西センター
17	2013.7.1	International Workshop of Sensors『Sensing technology for health care application』国際センサワークショップ「ヘルスケアセンシング技術」	(独)産総研 先進製造プロセス研究部門	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ会議室
18	2013.7.2	シンポジウム「広がるダイバーシティと日本を元気にするイノベーション」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
19	2013.7.3	平成25年度 国際標準推進戦略シンポジウム「キッズデザインと生活支援ロボット-その安全ガイドラインと国際認証戦略-」	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	イイノホール
20	2013.7.10	地質調査総合センター第21回シンポジウム「古地震・古津波から想定する南海トラフの巨大地震」	(独)産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	秋葉原ダイビルコンベンションホール
21	2013.7.16	仙台南まちなかサイエンス (第20回)	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
22	2013.7.23	第19回名古屋駅前イノベーションハブ技術シーズ発表会	名古屋駅前イノベーションハブ運営協議会	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ会議室
23	2013.7.24	第9回 ベンチャー開発成果報告会	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ビル
24	2013.7.25	第28回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
25	2013.7.26	第40回産総研サイエンスカフェ「お宅のソーラーパネルは元気ですか?～太陽光発電システムの性能をかんたんチェック!～」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
26	2013.7.26	第8回再生可能エネルギー世界展示会 併催シンポジウム 産総研セッション ～再生可能エネルギーの本格的導入に向けて～	(独)産総研	主催	東京都	東京ビッグサイト

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
27	2013. 7. 31	(独) 産総研・九州シンクロトン光研究センター合同シンポジウム	公益財団法人佐賀県地域産業支援センター、九州シンクロトン光研究センター、(独) 産総研	主催	佐賀県	サンメッセ鳥栖
28	2013. 8. 2	平成25年度産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ1 戦略的都市鉱山が拓く国内資源循環の未来～リサイクル技術と生産技術の融合～	(独) 産総研	主催	東京都	機械振興会館
29	2013. 8. 3	地質標本館夏休みイベント 石をみがいてみよう!!	(独) 産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
30	2013. 8. 3	(独) 産総研 中部センター一般公開	(独) 産総研中部センター	主催	愛知県	なごやサイエンスパーク
31	2013. 8. 10	平成25年度 産総研 一般公開	(独) 産総研 九州センター	主催	佐賀県	産総研 九州センター
32	2013. 8. 23	地質標本館 夏休み化石クレンジング体験教室2013	(独) 産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
33	2013. 8. 24	地質標本館 地球何でも相談	(独) 産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
34	2013. 8. 24～2013. 8. 27	TIA連携大学院サマーフェスティバル 2013第2回TIAパワーエレクトロニクスサマースクール	(独) 産総研TIAパワーエレクトロニクスWG	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
35	2013. 8. 29	平成25年度一般公開 (四国センター)	(独) 産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
36	2013. 9. 6	計測フロンティア研究部門第10回シンポジウムーインフラ安全とフロンティア計測分析技術ー	(独) 産総研 計測フロンティア研究部門	主催	千葉県	幕張メッセ国際会議場
37	2013. 9. 9～2013. 9. 13	BiWO2013	(独) 産総研 生命情報工学研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
38	2013. 9. 14～2013. 9. 16	地質情報展 2013 みやぎ 大地を知って 明日を生かす	(独) 産総研 地質調査総合センター、(一社) 日本地質学会	主催	宮城県	スリーエム仙台市科学館
39	2013. 9. 18	シンポジウム「食」の新しい価値づくりで日本を元気に	(独) 産総研/日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経ホール
40	2013. 9. 20	第29回産総研・新技術セミナー	(独) 産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
41	2013. 9. 27	Post ECOC Workshop 2013 ポスト ECOC国際ワークショップ2013	(独) 産総研、東北大、University of Southampton	共同主催	イギリス	University of Southampton
42	2013. 7. 17～2013. 9. 29	地質標本館 夏の特別展 「地球の恵み 地熱・地中熱エネルギーを活用しよう」	(独) 産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
43	2013. 9. 30	オープンラボ・プレビュー「見どころ、聞きどころ！産総研研究最前線」	(独) 産総研/日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経セミナールーム
44	2013. 10. 4	第41回産総研サイエンスカフェ「おウチが発電所に?! 高温動作の燃料電池！」	(独) 産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
45	2013. 10. 9	NEDO技術フォーラムin中国 (2013)	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構関西支部	主催	広島県	広島国際会議場
46	2013. 10. 9	第5回産総研マグネシウムシンポジウム	(独) 産総研 中部センター サステナブルマテリアル研究部門名古屋国際見本市委員会	主催	愛知県	ポートメッセなごや 交流センター
47	2013. 10. 11	(独) 産総研 コンパクト化学システム研究センター 成果報告会	(独) 産総研 コンパクト化学システム研究センター	主催	宮城県	TKPガーデンシティ仙台
48	2013. 10. 15	産総研本格研究ワークショップ	(独) 産総研	主催	北海道	ホテル ガーデンバレス札幌
49	2013. 10. 15	第30回産総研・新技術セミナー	(独) 産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
50	2013. 10. 21	第8回産総研レアメタルシンポジウム	(独) 産総研レアメタルタスクフォース	主催	東京都	石垣記念ホール
51	2013. 10. 22	CSJ化学フェスタ・産総研特別企画触媒技術で拓く化学産業の未来ー日本を元気にする産業技術会議シンポジウムー	(公社) 日本化学会、(独) 産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	タワーホール船堀
52	2013. 10. 24	次世代プリンテッドエレクトロニクスセミナー	(独) 産総研 フレキシブルエレクトロニクス研究センター、次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム	主催	神奈川県	パシフィコ横浜
53	2013. 10. 25	一般公開 中国センター (広島中央サイエンスパーク 施設公開 2013)	広島中央サイエンスパーク 研究交流推進協議会	共同主催	広島県	産総研 中国センター
54	2013. 9. 1～2013. 10. 31	キャンパスベンチャーグランプリ 中国	キャンパスベンチャーグランプリ中国実行委員会	主催	広島県	日刊工業新聞社 広島総局内 CVG中国事務局

事業組織・本部組織業務

No.	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
55	2013. 10. 31	オープンラボTIA企画講演会	(独) 産総研 つくばイノベーションアリーナ推進本部	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
56	2013. 10. 31	ベンチャーフォーラム～ベンチャーを紹介した連携推進～	(独) 産総研 イノベーション推進本部ベンチャー開発部	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
57	2013. 10. 31～2013. 11. 1	オープンラボ特別講演会	(独) 産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
58	2013. 10. 31～2013. 11. 1	産総研オープンラボ2013	(独) 産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
59	2013. 11. 1	オープンラボ講演会「再生医療の今後の発展と国際化への対応ー新しいパラダイムシフトの提案ー」	(独) 産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
60	2013. 11. 9～2013. 11. 10	産総研臨海副都心センター一般公開 Open House of AIST Tokyo Waterfront	(独) 産総研 臨海副都心センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
61	2013. 11. 12	平成25年度産総研本格研究ワークショップin松山	産総研本格研究ワークショップ	主催	愛媛県	エスポワール愛媛文教会館
62	2013. 11. 13	(独) 産総研 ヒューマン&サービステクノロジー (HST) 研究発表会	(独) 産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
63	2013. 11. 19	平成25年度産総研本格研究ワークショップin東北	(独) 産総研 東北センター	主催	宮城県	仙台サンプラザ
64	2013. 11. 19	第31回産総研・新技術セミナー	(独) 産総研 東北センター東北サテライト	主催	宮城県	仙台サンプラザ
65	2013. 11. 21	シンポジウム「中小・中堅企業から始まるグローバル展開」	(独) 産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	大阪府	ナレッジシアター
66	2013. 11. 21	第7回 CMSI産官学連続研究会電気化学系の第一原理シミュレーションからわかったこと・わかること～高性能電池開発にむけて～	計算物質科学イニシアティブ (CMSI)、(独) 産総研	主催	東京都	秋葉原ダイビル
67	2013. 11. 26	第6回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	(独) 産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
68	2013. 11. 27	平成25年度第1回次世代バイオナノ研究会「幹細胞研究と再生医療」	(独) 産総研	主催	大阪府	グランフロント大阪ナレッジキャピタル・コングレコンベンションセンター
69	2013. 11. 29	協創マッチングフォーラム	(株) ケイエスピー、(独) 中小企業基盤整備機構、(独) 産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
70	2013. 11. 29	第2回 放射性物質の除染のあり方を考える ワークショップ	(独) 産総研	主催	東京都	秋葉原UDX
71	2013. 11. 30	第22回地質調査総合センターシンポジウム「アカデミックから身近な地質情報へ」	(独) 産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	AP東京八重洲通り
72	2013. 12. 6	シンポジウム「新材料で構成する快適建築空間」ー建築環境における熱の収支と制御ー	(独) 産総研 サステナブルマテリアル研究部門、環境ハーモニック建築部材研究会、産総研コンソーシアム「建築物低炭素化材料評価システム技術コンソーシアム」	主催	東京都	石垣記念ホール
73	2013. 12. 6	第42回産総研サイエンスカフェ「乳酸菌はどうして体にいいの？～お腹の中で共存して健康生活を！～」	(独) 産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
74	2013. 12. 6	エネルギー技術シンポジウム 2013 (特集「次世代高度電力化社会における技術展望」)	(独) 産総研 エネルギー技術研究部門	主催	東京都	東京国際交際館プラザ平成
75	2013. 12. 10	第3回プリンテッドエレクトロニクスシンポジウム	(独) 産総研 フレキシブルエレクトロニクス研究センター (FLEC)	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
76	2013. 12. 12	徳島県立徳島科学技術高等学校における出前授業	徳島県立徳島科学技術高等学校、(独) 産総研	主催	徳島県	徳島県立徳島科学技術高等学校
77	2013. 12. 13	ジェロンテクノロジー研究フォーラム 2013Gerontechnology forum 2013	(独) 産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
78	2013. 12. 19	第32回産総研・新技術セミナー	(独) 産総研 東北センター 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
79	2013. 12. 20	産総研 イノベーションワークショップ inインドネシアー再生可能エネルギーでつながる日本とインドネシアー	(独) 産総研	主催	インドネシア	Jakarta International EXPO Trade Building 6th floor, Room LAWU
80	2013. 12. 24～2013. 12. 26	ウインター・サイエンスキャンプ'13-'14「科学が拓く産業技術にふれてみる」Cコース「地下水で地震を予測する」	(独) 科学技術振興機構、(独) 産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研 とのか かわり	開催地	
					会場都道 府県	会場名
81	2014.1.7～2014.1.10	イノベーションスクール 平成26年度ス クール生の公募説明会	(独)産総研 イノベーションス クール	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター
82	2014.1.21	第33回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サ テライト	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
83	2014.1.24	第43回産総研サイエンスカフェ「しなや かな血管で健康維持 ～動脈硬化を防ぐ 生活習慣とは!?～」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
84	2014.1.27	インテレクチャル・カフェ広島&産総研 中国センター技術交流サロン(第4回)	中国地域産学官コラボレーション会 議、(独)産総研 中国センター	共同主 催	広島県	ひろしまハイビ ル21
85	2014.1.31	ナノテクノロジー国際標準化ワークショ ップナノバイオテクノロジーの開発と標 準化	(独)産総研(AIST)ナノテクノ ロジー標準化国内審議委員会	主催	東京都	東京ビッグサイ ト
86	2014.1.31	産総研サイエンスカフェin東広島「お米 がお酒になるように、木をエタノールに する!発酵が繋ぐ伝統技術を持続可能な 社会へ」	(独)産総研 中国センター	主催	広島県	東広島市市民文 化センター
87	2014.2.4	第3回先進製造シンポジウム ー材料戦 略からのイノベーションー	(独)産総研 先進製造プロセス研究 部門	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
88	2014.2.8～2014.2.9	産総研キャラバン2014こおりやま	(独)産総研	主催	福島県	郡山市ふれあい 科学館 スペース パーク
89	2014.2.14	平成25年度 産総研 環境・エネルギー シンポジウムシリーズ「21世紀の化学反 応とプロセス ー光が創る先端化学材料 の世界ー」	(独)産総研	主催	茨城県	つくば国際会議 場
90	2014.2.18～2014.2.19	第13回 産総研・産技連LS-BT合同研 究発表会	(独)産総研産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会バイオテクノロ ジー分科会	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター
91	2014.2.21	産総研新技術説明会	(独)産総研(独)科学技術振興機構	主催	東京都	JST東京本部
92	2014.2.24	つくば発イノベーション第25回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター
93	2014.2.24	第34回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サ テライト	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
94	2014.2.28	臨海地区産学官連携フォーラム ー新た なオープンイノベーションの構築に向け てー	(独)産総研 臨海副都心センター	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
95	2014.3.5～2014.3.7	第9回 新エネルギー技術シンポジウム	筑波大学 大学院 システム情報工学 研究科、(独)産総研 エネルギー技 術研究部門、電気学会	主催	茨城県	筑波大学 大学 会館
96	2014.3.7	デジタルヒューマン・シンポジウム2014	(独)産総研 デジタルヒューマン工 学研究センター	主催	東京都	日本科学未来館 みらいCANホー ル、(独)産総 研 臨海副都心セ ンター
97	2014.3.7	第44回産総研サイエンスカフェ「富士山 の将来を考える ～噴火史でひも解く富 士火山の謎～」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
98	2014.3.7	第35回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター 東北サ テライト	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
99	2014.3.10	シンポジウム百歳を健康に生きられる社 会の実現に向けてー健康長寿社会を支え る健康モニタリングと情報活用ー	(独)産総研	主催	東京都	東京国際交流館 プラザ平成 国 際交流会議場
100	2014.3.14	産総研プレゼンツ・サイエンスカフェin 鳥栖(第2回)「太陽の光で電気をつく る!～太陽電池の仕組みと使い方～」	(独)産総研	主催	佐賀県	鳥栖市立図書館
101	2014.3.14	(独)産総研 技術普及講演会	(独)産総研 中部センター、(一 財)北陸産業活性化センター	主催	石川県	金沢勤労者ブラ ザ
102	2014.3.14	最先端研究開発支援プログラム (FIRST)木本恒暢プロジェクト低炭 素社会創成へ向けた炭化珪素(SiC)革 新パワーエレクトロニクスの研究開発最 終成果報告会	(独)産総研	主催	東京都	東京国際フォー ラム
103	2014.3.15	25回 自分で作ろう!!化石レプリカ “中生代爬虫類の歯”	(独)産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本 館
104	2014.3.24	第二回 充実生活を実現する技術のため の脳と心と身体のみカニズムワークショ ップ ー行為主体感から行為充足感へー	(独)産総研 ヒューマンライフテ クノロジー研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター

その他参加行事

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2013. 4. 1～2013. 4. 5	Financial Cryptography and Data Security 2013 (金融暗号とデータセキュリティ 2013)	International Financial Cryptography Association	共催	沖縄県	沖縄 万国津梁館
2	2013. 4. 10～2013. 4. 12	第13回光通信技術展 (FOE2013)	リード エグジビション ジャパン (株) 光関係最先端技術・製品の展示会	出展	東京都	東京ビッグサイト
3	2013. 4. 10～2014. 3. 2	先端技術館@TEPIA	(一財) 高度技術社会推進協会	協力	東京都	先端技術館@TEPIA
4	2013. 4. 15～2013. 4. 21	「平成25年度 (第54回) 科学技術週間『一家に1枚』ポスター企画の実施」	文部科学省 科学技術・学術政策局 基盤政策課	後援	東京都	科学技術館(東京)他
5	2013. 4. 23～2013. 4. 26	OPTICS PHOTONICS International Congress 2013	OPTICS & PHOTONICS International 協議会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜会議センター
6	2013. 4. 24	「平成24年度地域イノベーション戦略支援プログラム研究成果発表会」	ふくしま地域再生可能エネルギーイノベーション推進協議会	後援	福島県	ホテル辰巳屋
7	2013. 4. 24～2013. 4. 26	CPhI Japan 2013 (国際医薬品原料・中間体展)	UBMジャパン、化学工業日報社	出展	東京都	東京ビッグサイト
8	2013. 4. 26	2013年度 立命館グローバル・イノベーション研究機構エネルギー研究拠点シンポジウム「高効率薄膜太陽電池の未来と立命館大学」	立命館グローバル・イノベーション研究機構	協賛	滋賀県	立命館大学びわこ・くさつキャンパス
9	2013. 5. 1～2013. 7. 31	平成25年度 ニュービジネス助成金	(株) 池田泉州銀行	後援	大阪府	池田泉州銀行 先進テクノ本部
10	2013. 5. 8～2013. 5. 10	BIOtech2013 第12回国際バイオロジー展/技術会議アカデミックフォーラム	リード エグジビション ジャパン (株)	出展	東京都	ビッグサイト
11	2013. 5. 19～2013. 5. 24	「日本地球惑星科学連合2013年大会」	(公社) 日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
12	2013. 5. 22～2013. 5. 25	ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013 (Robomec2013 in Tsukuba)	(一社) 日本機械学会	後援	茨城県	つくば国際会議場
13	2013. 5. 29～2013. 5. 31	スマートコミュニティJapan 2013	日刊工業新聞社	協賛	東京都	東京ビッグサイト
14	2013. 5. 29～2013. 5. 31	「中小企業総合展 2013 in Kansai」	(独) 中小企業基盤整備機構	後援	大阪府	インテック大阪
15	2013. 5. 29～2013. 5. 31	アジア・アントレプレナーシップ・アワード 2013	(一社) フューチャーデザインセンター	後援	千葉県	柏の葉キャンパス地域一帯
16	2013. 6. 5～2013. 6. 7	JPCA Show 2013/ラージエレクトロニクスショー2013/2013マイクロエレクトロニクスショー /JISSO PROTEC2013	(社) 日本電子回路工業会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
17	2013. 6. 6～2013. 6. 7	第2回JACU/GSCシンポジウム「化学がつくる未来社会-人類の永続的な発展のために-」	(公社) 新化学技術推進協会	後援	大阪府	メルパルク大阪
18	2013. 6. 9	福島市ほうらい地区福祉まつり	ほうらい地区福祉まつり 実行委員会	出展	福島県	蓬萊学習センター
19	2013. 6. 10	品川女子学院における出前授業	日本機械学会LAJ委員会	協力	東京都	品川女子学院
20	2013. 6. 11～2013. 6. 13	LOPE-C (ラージエリア有機並びに印刷エレクトロニクスに関する国際展示会)	EUの有機エレクトロニクス協会 (OE-A)	出展	ドイツ	Messe Munchen
21	2013. 6. 12	平成25年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 幹事会・総会 (春季合同分科会)	産業技術連携推進会議 東北地域部会	共催	宮城県	産総研 東北サテライト
22	2013. 6. 18	13-1 高分子ナノテクノロジー研究会 主題: 医用ナノ高分子材料	(公社) 高分子学会	協賛	東京都	産総研 臨海副都心センター
23	2013. 6. 21～2013. 6. 23	第2回国際技術カンファレンス in 長岡 The 2nd International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN2013)	国際技術カンファレンス in 長岡 実行委員会事務局	後援	新潟県	長岡技術科学大学
24	2013. 6. 30～2013. 7. 4	第32回熱電変換国際会議 (ICT2013)	第32回熱電変換国際会議実行委員会	共催	兵庫県	神戸国際会議場
25	2013. 7. 1～2013. 7. 4	CLEO-PR & OECC/PS 2013	The 10th Conference on Lasers and Electro-Optics Pacific Rim, and The 18th OptoElectronics and Communications Conference / Photonics in Switchng 2013光関係技術の国際学会	出展	京都府	国立京都国際会館

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
26	2013.7.1～2013.7.31	「蓄熱月間」	(一財) ヒートポンプ・蓄熱センター	後援	東京都	ヒートポンプ・蓄熱センター
27	2013.7.3	第29回産学官交流のつどい	福島県中小企業団体中央会福島県電子機械工業会	後援	福島県	ウェディングエルティ
28	2013.7.5	夏季研修会	機能性フィルム研究会 http://kinouseifilm.com/index.html	協力	愛知県	松風園
29	2013.7.11	茨城県立下妻第一高校出前授業	日本機械学会LAJ委員会	協力	茨城県	茨城県立下妻第一高校
30	2013.7.20～2013.7.24	国際火山学地球内部化学協会2013年学術総会 (IAVCE 2013 Scientific Assembly)	特定非営利活動法人 日本火山学会	後援	鹿児島県	かごしま県民交流センター、かごしま市民福祉プラザ、宝山ホール
31	2013.7.21	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ2013	特定非営利活動法人 natural science	共催	宮城県	東北大学 川内北キャンパス
32	2013.7.21	シンポジウム「世界で活躍できる女性研究者エンジニア」	研究・技術計画学会/女性エンジニア活生分科会 (JWSE)	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
33	2013.7.21～2013.8.25	平成25年度仙台市科学館特別展「エレメントハンター・元素の世界-元素を探し、未来を守れ!-」	仙台市科学館	協力	宮城県	仙台市科学館
34	2013.7.23	地域イノベーション創出2013inやまぐち	中国地域産学官コラボレーション会議	出展	山口県	海峡メッセ下関
35	2013.7.23～2013.7.24	第7回ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu 2013	浜松商工会議所	後援	岐阜県	アクトシティ浜松 展示イベントセンター他
36	2013.7.24～2013.7.26	第8回再生可能エネルギー世界展示会	再生可能エネルギー協議会	共催	東京都	東京ビッグサイト
37	2013.7.25～2013.7.26	サイエンスフェスタ in 秋葉原	つくば新都市鉄道(株) (つくばエクスプレス)	出展	東京都	TX秋葉原駅構内
38	2013.8.1～2013.8.7	「機械の日・機械週間」	(一社) 日本機械学会	後援	千葉県	東京大学山上会館
39	2013.8.4～2013.8.6	JASIS 2013 (Japan Analytical& Scientific Instruments Show)	(一社) 日本分析機器工業会、(一社) 日本科学機器協会	後援	千葉県	幕張メッセ
40	2013.8.6～2013.8.26	課題洗い出しワークショップ	気仙沼まちづくり支援センター	協力	宮城県	気仙沼市民健康管理センター
41	2013.8.7～2013.8.8	子ども霞が関見学デー	経済産業省	出展	東京都	経済産業省
42	2013.8.9～2013.11.27	全国イノベーションコーディネータフォーラム2013	(独) 科学技術振興機構	後援	滋賀県	ピアザ淡海 滋賀県立県民交流センター
43	2013.8.17～2013.8.18	おもしろワクワク化学の世界'13香川化学展	日本化学会中国四国支部	後援	香川県	高松天満屋
44	2013.8.20～2013.8.22	「イノベーションフォーラムinつくば」	茨城県、茨城県教育委員会、つくば市、つくば市教育委員会、日本経済新聞社	協力	茨城県	つくば国際会議場
45	2013.8.21	東北再生エネルギー研究会 第1回見学会	産業技術連携推進会議、東北地域部会、東北航空宇宙産業研究会	共催	宮城県	東北福祉大学 国見ヶ丘第1キャンパス他
46	2013.8.21～2013.8.23	グッドデザイン賞 二次審査	(公財) 日本デザイン振興会	出展	千葉県	幕張メッセ
47	2013.8.26～2013.9.20	地盤材料試験に関する「技能試験」	(公社) 地盤工学会	後援	東京都	地盤工学会他
48	2013.8.30	夏休み特別企画 地球に触れる夏休み in鳥栖出展名 (究極のエコ技術「燃料電池」体験) "	佐賀県、鳥栖市、鳥栖市教育委員会	出展	佐賀県	鳥栖市立図書館
49	2013.9.1～2014.3.31	第9回キャンパスベンチャーグランプリ東北 (CVG東北)	キャンパスベンチャーグランプリ東北実行委員会	後援	宮城県	日刊工業新聞社 仙台総局
50	2013.9.2～2014.3.25	第6回日本地学オリンピック	特定非営利活動法人 地学オリンピック委員会	共催	茨城県	茨城県つくば市 筑波大学、産総研等
51	2013.9.3～2013.9.7	第11回 全日本学生フォーミュラ大会	(公社) 自動車技術会	協賛	静岡県	エコパ(小笠山総合運動公園)
52	2013.9.8	角田市はやぶさまつり	はやぶさまつり実行委員会	出展	宮城県	角田市スペースタワーコスモハウス

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
53	2013.9.11～2014.6.20	イノベーションネットアワード2014地域産業支援プログラム表彰事業	全国イノベーション推進機関ネットワーク、(一財)日本立地センター	後援	東京都	全国イノベーション推進機関ネットワーク
54	2013.9.14	超解像イメージング講習会	日本バイオイメージング学会	共催	東京都	東京大学薬学部他
55	2013.9.17	「第51回ナノビズマッチ」	(一社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	お茶の水ホテルジュラク
56	2013.9.19	つくばものづくりオーケストラ 技術展示会 in AIST	つくばものづくりオーケストラ	協力	茨城県	産総研 つくばセンター
57	2013.9.19～2013.9.20	全地連「技術フォーラム2013」長野	(一社)全国地質調査業協会連合会	協賛	長野県	メルパルク長野
58	2013.9.22～2013.9.23	ETソフトウェアデザインロボットコンテスト2013	(一社)組込みシステム技術協会(JASA)	後援	京都府	京都コンピュータ学院 京都駅前校
59	2013.9.23	地質観察会第66回地質観察会『早池峰山周辺の地質-1/5万地質図幅「早池峰山」(新刊)をもとにして-』	岩手県立博物館、(独)産総研 地質標本館	共催	岩手県	岩手県立博物館
60	2013.9.24～2013.9.25	Nature Publishing Group Forum on latest technologies-In association with MST-	Nature Publishing Group	後援	東京都	アキバホール
61	2013.9.25～2013.9.27	「国際セラミックス総合展2013」	(公社)日本セラミックス協会、(一財)ファインセラミックスセンター、(一社)日本ファインセラミックス協会フジサンケイ ビジネスアイ	後援	東京都	東京ビッグサイト
62	2013.9.25～2013.9.27	スマートネットワーク EXPO 2013～スマートにツナガル。「ネットワーク」が生まれる。～	スマートネットワークEXPO実行委員会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
63	2013.9.27	「茨城県研究開発支援企業技術展示会 in 産総研」	茨城県、いばらき成長産業振興協議会	協力	茨城県	産総研 つくばセンター
64	2013.9.30	おかやま航空機材料等技術研究会設立記念セミナー～広がる難加工金属材料の世界～	(公財)岡山県産業振興財団、岡山県	主催	岡山県	テクノサポート岡山
65	2013.9.30～2013.10.1	革新的先進複合材料活用国際フォーラム～「次世代マテリアル・クラスター 四国」を目指して～	四国経済産業局、四国地域イノベーション創出協議会	後援	香川県	かがわ国際会議場
66	2013.10.2～2013.10.4	東京国際航空宇宙産業展2013	東京都、(株)東京ビッグサイト	出展	東京都	東京ビッグサイト
67	2013.10.3～2013.10.4	秋季資源・環境・エネルギー分科会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	山形県	ホテルメトロポリタン山形他
68	2013.10.6～2013.10.8	「科学技術と人類の未来に関する国際フォーラム」	特定非営利活動法人STSフォーラム	後援	京都府	国立京都国際会館
69	2013.10.9～2013.10.10	つくば産業フェア 2013	つくば市	出展	茨城県	つくばカピオ
70	2013.10.9～2013.10.11	Bio Japan 2013 -World Business Forum-	Bio Japan 組織委員会	後援・出展	神奈川県	パシフィコ横浜
71	2013.10.9～2013.10.11	粉体工業展大阪2013	(一社)日本粉体工業技術協会	後援	大阪府	インテックス大阪
72	2013.10.10	第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	(公社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門	協賛	兵庫県	神戸国際会議場
73	2013.10.15～2013.10.18	日本ジオパーク隠岐大会(第4回日本ジオパーク全国大会)	日本ジオパーク隠岐大会実行委員会、(財)自治総合センター	後援	島根県	隠岐島文化会館
74	2013.10.16～2013.10.17	秋季物質・材料・デザイン分科会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 物質・材料・デザイン分科会	共催	岩手県	岩手県工業技術センター他
75	2013.10.16～2013.10.18	「北陸技術交流テクノフェア2013」	技術交流テクノフェア実行委員会	後援	福井県	福井県産業会館
76	2013.10.16～2013.10.18	InterOpto 2013 (インターオプト/国際ナショナルオプトエレクトロニクスショー)	(一財)光産業技術振興協会先端光技術の国際総合展	出展	神奈川県	パシフィコ横浜
77	2013.10.18	エンジニアリングシンポジウム2013 「世界の人々の笑顔のために!～エンジニアリングで描く、幸せな地球の未来～」	(一財)エンジニアリング協会	協賛	東京都	日本都市センター会館
78	2013.10.19～2013.10.20	研究学園都市50周年 第10回つくば産業フェア&農産物フェア2013	つくば市	協力	茨城県	つくばカピオ
79	2013.10.21～2013.10.23	第3回CSJ化学フェスタ2013	(公社)日本化学会	後援	東京都	タワーホール船堀

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
80	2013.10.23	「NEDO 技術フォーラム in 近畿(2013)」～未来社会を支えるロボット技術～	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	協賛	大阪府	グランフロント大阪
81	2013.10.23～2013.10.25	第13回北九州学術研究都市産学連携フェア	北九州学術研究都市産学連携フェア実行委員会、(公財)北九州産業学術推進機構(FAIS)	出展	福岡県	北九州学術研究都市体育館
82	2013.10.23～2013.10.25	FPD国際ショナル2013プリンテッドエレクトロニクス2013	日経BP社	出展	神奈川県	パシフィコ横浜
83	2013.10.23～2013.10.25	Smart City Week 2013	日経BP社	出展	神奈川県	横浜パシフィコ
84	2013.10.23～2013.10.25	アグリビジネス創出フェア2013(Agribusines Creation Fair 2013)	農林水産省	出展	東京都	東京ビッグサイト
85	2013.10.24～2013.10.25	プラスチック成形加工技術研究会総会及び見学会	産業技術連携推進会議 東北地域部会物質・材料・デザイン分科会	共催	宮城県	小田急仙台ビル会議室他
86	2013.10.24～2013.10.26	びわ湖環境ビジネスメッセ2013	滋賀県環境ビジネスメッセ実行委員会	後援	滋賀県	滋賀県立長浜ドーム
87	2013.10.24～2013.10.26	エコプロダクツ東北2013～エコノトピラ エコノトピラ～	エコプロダクツ東北2013事務局(NPO 法人環境会議所東北)	協賛	宮城県	夢メッセみやぎ
88	2013.10.25	四国マイクロ波プロセス研究会第12回フォーラム	四国マイクロ波プロセス研究会	後援	徳島県	徳島県立工業技術センター
89	2013.10.25	秋季電子情報・エレクトロニクス	産業技術連携推進会議 東北地域部会電子情報・エレクトロニクス分科会	共催	青森県	ねぶたの家ワ・ラッセ
90	2013.10.25～2013.10.26	おおさき産業フェア2013	おおさき産業フェア実行委員会	後援	宮城県	大崎市古川総合体育館
91	2013.10.28	近畿大学工学部研究公開フォーラム2013	近畿大学工学部研究公開フォーラム2013	後援	広島県	メルパルク広島
92	2013.10.30～2013.11.1	INCHEM TOKYO 2013	(公社)化学工学会、(一社)日本能率協会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
93	2013.11.2	サイエンス・フロンティアつくば(SFT)2013-先端科学・技術をビジネスへ	茨城県、つくばサイエンス・アカデミー(財)茨城県科学技術振興財団	共催	茨城県	つくば国際会議場
94	2013.11.2～2013.11.3	あいち青少年少女創意くふう展2013	あいち青少年少女創意くふう展	後援	愛知県	トヨタテクノミュージアム産業技術記念館
95	2013.11.6	JMACシンポジウム2013	特定非営利活動法人バイオチップコンソーシアム	後援	東京都	みらい CAN ホール(日本科学未来館内)
96	2013.11.6～2013.11.7	「ふくしま復興・再生可能エネルギー産業フェア2013」	(公財)福島県産業振興センター	後援	福島県	ビッグレットふくしま
97	2013.11.6～2013.11.8	VACUUM2013-真空展	日本真空工業会、(一社)日本真空学会	出展	東京都	東京ビッグサイト
98	2013.11.6～2013.11.8	計測展 2013 TOKYO	(一社)日本電気計測器工業会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
99	2013.11.6～2013.11.9	2013国際ロボット展	(一社)日本ロボット工業会	出展	東京都	東京ビッグサイト
100	2013.11.7～2013.11.8	秋季機械・金属分科会	産業技術連携推進会議 東北地域部会機械・金属分科会	共催	宮城県	産総研 東北サテライト
101	2013.11.7～2013.11.8	秋季食品・バイオ分科会	産業技術連携推進会議 東北地域部会食品・バイオ分科会	共催	福島県	福島県ハイテクプラザ会津若松技術支援センター他
102	2013.11.7～2013.11.8	「ビジネスEXPO『第27回 北海道 技術・ビジネス交流会』」	北海道 技術・ビジネス交流会実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
103	2013.11.7～2013.11.9	日本地熱学会平成25年学術講演会	日本地熱学会	協賛	千葉県	幕張メッセ国際会議場
104	2013.11.8	第22回日本NCSLI技術フォーラム	非営利団体 日本 NCSLI	後援	東京都	東京都大田区産業プラザPiO
105	2013.11.9～2013.11.10	サイエンスアゴラ2013	(独)科学技術振興機構	共催・出展	東京都	日本科学未来館、産総研臨海副都心センター、東京都立産業技術研究センター等

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
106	2013.11.9～2013.11.10	つくば科学フェスティバル	つくば市、つくば市教育委員会、筑教「つくば3Eフォーラム」委員会	出展	茨城県	つくばカピオ
107	2013.11.12	平成25年度 産総研本格研究ワークショップin松山	(独)産総研四国センター、(株)伊予銀行	出展	愛媛県	エスポワール愛媛文京会館
108	2013.11.12～2013.11.13	第35回風力エネルギー利用シンポジウム	(公財)日本科学技術振興財団、(一社)日本風力エネルギー学会	後援	東京都	科学技術館
109	2013.11.12～2013.11.14	第9回日独産業フォーラム2013	ドイツ貿易・投資振興機構	後援	東京都	ホテルニューオータニ東京他
110	2013.11.13	日本情報地質学会2013年度シンポジウム-地質情報等の三次元モデリングとCIMについて-	日本情報地質学会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
111	2013.11.13～2013.11.15	サイエンスエキスポ2013	(株)日本工業新聞社(フジサンケイビジネスアイ)	後援	大阪府	インテックス大阪
112	2013.11.15～2013.11.16	こおりやま全市元気応援産業フェア2013～夢高い～	郡山商工会議所・郡山地区商工会広域協議会	後援	福島県	郡山市総合体育館
113	2013.11.18～2013.11.20	第26回国際超電導シンポジウム(ISS2013)	(公財)国際超電導産業技術研究センター	後援	東京都	タワーホール船堀
114	2013.11.20	四国食品健康フォーラム2013	(一財)四国産業・技術振興センター	後援	高知県	高知商工会館
115	2013.11.20～2013.11.22	Embedded Technology 2013/組込み総合技術展	(一社)組込みシステム技術協会	出展	神奈川県	パシフィコ横浜
116	2013.11.20～2013.11.23	第30回日韓国際セラミックスセミナー	第30回日韓国際セラミックスセミナー組織委員会第、30回日韓国際セラミックスセミナー実行委員会	後援	福岡県	北九州国際会議場
117	2013.11.22	地質リスクマネジメント事例研究発表会	(一社)全国地質調査業協会連合会	協賛	千葉県	飯田橋レインボール
118	2013.11.23	若手DAAD元奨学生ミーティング	ドイツ学術交流会	協力	東京都	ドイツ学術交流会 東京事務所
119	2013.11.25	京都産学公連携フォーラム2013	(公社)京都工業会	後援	京都府	京都工業会館
120	2013.11.26	JST-CREST「生命動態」領域 産総研セミナー・数理デザイン道場	科学技術振興機構(JST)CREST「生命動態」領域、(独)産総研 生命情報工学研究センター	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
121	2013.11.27	中四国環境ビジネスネットフォーラム2013	岡山県、(公財)岡山県産業振興財団	後援	岡山県	岡山ロイヤルホテル
122	2013.11.29	「郡山市企業立地・産業創出セミナー」	郡山市	後援	東京都	浅草ビューホテル
123	2013.11.29～2013.11.30	第23回環境地質学シンポジウム	地質汚染-医療地質-社会地質学会	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
124	2013.12.2	「JCSS20周年記念シンポジウム」	(独)製品評価技術基盤機構	後援	東京都	イイノホール
125	2013.12.4	第9回徳島文理大学技術交流会	徳島文理大学理工学部 地域共同開発センター	出展	香川県	徳島文理大学香川キャンパス
126	2013.12.4	東北再生可能エネルギー研究会 第2回見学会	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会	共催	宮城県	東北大学大学院 環境科学研究科他
127	2013.12.6	「第53回ナノビズマッチ」	(一社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	お茶の水ホテルジュラク
128	2013.12.7～2013.12.8	マンモグラフィX線トレーサビリティ講習会	NPO法人マンモグラフィ検診精度管理中央委員会	協賛	茨城県	産総研 つくばセンター
129	2013.12.9～2013.12.10	第39回(2013年)感覚代行シンポジウム	感覚代行研究会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
130	2013.12.11	CCSテクニカルワークショップ2013「CCS大規模実証プロジェクトに向けた安全性評価技術開発の最前線」	(公財)地球環境産業技術研究機構	後援	東京都	第一ホテル東京
131	2013.12.11	東北航空宇宙産業研究会 役員会、総会および第1回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2013	産業技術連携推進会議 東北地域部会 東北航空宇宙産業研究会	共催	秋田県	秋田ビューホテル
132	2013.12.13	大府市・大府商工会議所 第7回産学官連携交流会	大府市、大府商工会議所	出展	愛知県	大府市役所
133	2013.12.16	マネジメントシステムのための計量計測トレーサビリティ講演会	(一財)日本品質保証機構	後援	東京都	日本橋公会堂

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
134	2013.12.16	「第6回 大阪大学共同研究講座シンポジウム」	国立大学法人 大阪大学大学院工学研究科	後援	大阪府	大阪大学中之島センター
135	2013.12.19	かがわ糖質バイオフォーラム第6回シンポジウム	かがわ糖質バイオフォーラム（(公財)かがわ産業支援財団）	後援	香川県	かがわ国際会議場
136	2013.12.19	触媒学会つくば地区講演会	（一社）触媒学会	後援	茨城県	産総研 つくばセンター
137	2013.12.24	企業と博士人材との交流会	筑波大学グローバルリーダーキャリア開発ネットワーク、産総研イノベーションスクール	共催	茨城県	筑波大学学生会館
138	2013.12.24～2013.12.26	サイエンスキャンプ参加の高校生にプレゼンと実験紹介（コイン中の元素分布図を描いてみよう）	（独）産総研 広報部、科学技術振興機構	協力	茨城県	産総研 つくばセンター
139	2014.1.8	平成25年度 先導技術交流会シンポジウム	（一社）研究産業・産業技術振興協会	後援	東京都	科学技術振興機構 東京本部
140	2014.1.10	第12回高分子ナノテクノロジー研究会 講座主題：アロイ・ブレンド・コンポジット基礎講座	（公社）高分子学会	協賛	東京都	産総研 臨海副都心センター
141	2014.1.17	第6回技能継承フォーラム（理研シンポジウム：「ものづくり技能継承の現状と展望」）	（独）理化学研究所 大森素形材工学研究室	協賛	埼玉県	理化学研究所和光研究所
142	2014.1.20	北大ビジネス・スプリング開設5周年記念フォーラム～研究・開発からビジネスまで チャレンジするなら今でしょ！～	（独）中小企業基盤整備機構北海道本部	後援	北海道	センチュリーロイヤルホテル
143	2014.1.21	札幌市経済界フォーラム	（一財）さっぽろ産業振興財団、札幌市	後援	北海道	京王プラザホテル札幌
144	2014.1.23	超低電圧デバイス技術研究組合 第3回成果報告会	超低電圧デバイス技術研究組合	協賛	東京都	東京大学 伊藤国際学術センター
145	2014.1.24	「SAT テクノロジー・ショーケース2014」	（財）茨城県科学技術振興財団つくばサイエンスアカデミー	共催	茨城県	つくば国際会議場
146	2014.1.25	「第7回つくば3Eフォーラム会議」	つくば3Eフォーラム委員会（筑波研究学園都市交流協議会）、筑波大学	後援	茨城県	つくば市庁舎
147	2014.1.28	「東北大学イノベーションフェア2014」	国立大学法人 東北大学	後援	宮城県	仙台国際センター
148	2014.1.28	産学官連携フェア 2014Winter みやぎ～研究成果発表・交流の集い～	（公財）みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
149	2014.1.28	つくば医工連携フォーラム2014	つくば医工学連携フォーラム	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
150	2014.1.28	北九州市市制50周年事業第5回ユビキタス・パワーエレクトロニクスのための信頼性科学ワークショップ～サイバーフィジカルシステム時代に向けた新しい信頼性科学の息吹～	北九州市、（公財）国際東アジア研究センター	共催	東京都	発明会館
151	2014.1.29	STARC シンポジウム 2014	（株）半導体理工学研究センター	協賛	神奈川県	新横浜国際ホテル南館
152	2014.1.29	かがわ冷凍食品研究フォーラム第1回シンポジウム	（公財）かがわ産業支援財団	後援	香川県	サンメッセ香川
153	2014.1.29	nano tech 2014 第13回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 2014 実行委員会	後援	東京都	東京ビッグサイト
154	2014.1.31	「水素先端世界フォーラム 2014」	国立大学法人 九州大学 水素材料先端科学研究センター	後援	福岡県	九州大学伊都キャンパス
155	2014.1.31	「第3回全国組込み産業フォーラム」	組込みシステム産業振興機構、みやぎ組込み産業振興協議会	共催	宮城県	せんだいメディアテーク
156	2014.2.2～2014.2.3	1st. Kansai Nanoscience and Nanotechnology International Symposium 第1回関西ナノサイエンス・ナノテクノロジー国際シンポジウム	関西ナノサイエンス・ナノテクノロジー国際シンポジウム組織委員会	共催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
157	2014.2.6	香川大学工学部第9回先端工学研究発表会	香川大学	出展	香川県	香川大学工学部
158	2014.2.7～2014.2.8	「みんなの環境エネルギーフェスタ2014」	みんなのエネルギー会議みんなの環境エネルギーフェスタ2014実行委員会	後援	東京都	玉川大学
159	2014.2.14	「化学物質の安全管理に関するシンポジウム-化学物質のリスク評価の最新動向と今後の課題-」	化学物質の安全管理に関するシンポジウム実行委員会	共催	東京都	中央合同庁舎

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研とのかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
160	2014. 2. 17	第9回つくばビジネスマッチング会 つくば発最先端材料(期待される最先端材料と材料開発のための先端技術)～電子機器から輸送機、省エネ・発電まで幅広い分野での活用～	(株) つくば研究支援センター・三井物産(株)	出展	東京都	三井物産
161	2014. 2. 17	地盤材料試験の精度・ばらつきに関する講習会-技能試験の意義・実態と展望-	(公社) 地盤工学会	後援	東京都	地盤工学会
162	2014. 2. 18	「JVA2014 (Japan Venture Awards 2014)」	(独) 中小企業基盤整備機構	後援	東京都	六本木アカデミービルズ
163	2014. 2. 19	第8回企業情報交換会 in いちのせき	(公財) 岩手県南技術研究センター	後援	岩手県	ベリーノホテルー関
164	2014. 2. 19	IPAサイバーセキュリティシンポジウム2014	(独) 情報処理推進機構	後援	東京都	イイノホール
165	2014. 2. 19	「第54回ナノビズマッチ」	(一社) ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	御茶ノ水ホテルジュラク
166	2014. 2. 19	第2回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2013	産業技術連携推進会議 東北地域部会 東北航空宇宙産業研究会	共催	宮城県	TKPカーデンシティ仙台他
167	2014. 2. 19	第8回企業情報交換会inいちのせき	(公財) 岩手県南技術センター	後援	岩手県	ベリーノホテルー関
168	2014. 2. 21	県内5金融機関との連携による“茨城ものづくり企業交流会2014”	(一社) 茨城県経営者協会	後援	茨城県	水戸プラザホテル
169	2014. 2. 25	「元素戦略/希少金属代替材料開発第8回合同シンポジウム」	(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構元素戦略/希少金属代替材料開発合同戦略会議	後援	東京都	ベルサール神田
170	2014. 2. 25～2014. 2. 28	「おおいた国際フォーラム」	大分県おおいた国際フォーラム実行委員会	後援	大分県	別府ビーコンプラザ
171	2014. 3. 3	第6回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラム	(独) 国立高等専門学校機構、北海道地区4高専	共催	北海道	札幌コンベンションセンター
172	2014. 3. 4	超党派議員連盟「科学技術の会」と「つくばグローバル・イノベーション推進機構」の合同主催シンポジウム	つくばグローバル・イノベーション推進機構	後援	東京都	世界貿易センタービル
173	2014. 3. 6～2014. 3. 8	第7回としまものづくりメッセ	としまものづくりメッセ実行委員会	後援	東京都	サンシャインシティ
174	2014. 3. 10～2014. 3. 14	粒子光計測国際会議2014 (OPC2014)	粒子光計測国際会議2014運営委員会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
175	2014. 3. 11～2014. 3. 30	東日本大震災～あれから3年、今わかってきたこと～	名古屋市港防災センター名古屋市	協力	愛知県	名古屋市港防災センター
176	2014. 3. 13～2014. 3. 14	第3回 深海底地盤におけるメタンハイドレートの資源開発及び二酸化炭素貯留研究セミナー	深海底地盤におけるメタンハイドレートの資源開発及び二酸化炭素貯留研究 山口大学研究推進体	共催	山口県	山口大学工学部
177	2014. 3. 14	先端加工技術講習会「応用が拡大する微粒子噴射加工技術の最前線」	(財) 先端加工技術振興協会	後援	東京都	日本工業大学 神田キャンパス
178	2014. 3. 20	第48回 AIST・筑波大学・TCI ベンチャー技術発表会	筑波大学産学リエゾン共同研究センター、(独) 産総研 イノベーション推進本部ベンチャー開発部、(株)つくば研究支援センター	共催	茨城県	つくば研究支援センター
179	2014. 3. 21	第98回行動計量シンポジウムビッグデータからの価値創出-『グロース戦略』を実現する共有・共創・協働のプラットフォーム-	日本行動計量学会第98回行動計量シンポジウム実行委員会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
180	2014. 3. 26	『第7回 つくば産産学連携促進市inアキバ』	つくば市	共催	東京都	秋葉原ダイビル
181	2014. 3. 26～2014. 3. 28	J-DESC コアスクール・岩石コア記載技術コース	日本地球掘削科学コンソーシアム	共催	茨城県	産総研 つくばセンター
182	2014. 3. 29～2014. 3. 31	かがわ希少糖フェア2014	香川県	後援	香川県	サンポート高松

産業技術総合研究所

3) 見 学

平成25年度見学視察対応数（ユニット別）

部署	総計
ユビキタスエネルギー研究部門	87
環境管理技術研究部門	150
環境化学技術研究部門	53
エネルギー技術研究部門	82
安全科学研究部門	44
新燃料自動車技術研究センター	37
メタンハイドレート研究センター	69
コンパクト化学システム研究センター	56
先進パワーエレクトロニクス研究センター	20
太陽光発電工学研究センター	83
バイオマスリファイナリー研究センター	7
触媒化学融合研究センター	17
再生可能エネルギー研究センター	31
健康工学研究部門	83
生物プロセス研究部門	45
バイオメディカル研究部門	54
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	147
糖鎖医工学研究センター	13
生命情報工学研究センター	15
幹細胞工学研究センター	28
創薬分子プロファイリング研究センター	34
知能システム研究部門	231
情報技術研究部門	61
ナノエレクトロニクス研究部門	101
電子光技術研究部門	53
セキュアシステム研究部門	29
ネットワークフォトンクス研究センター	5
デジタルヒューマン工学研究センター	78
ナノスピントロニクス研究センター	10
サービス工学研究センター	32
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	115
先進製造プロセス研究部門	115
サステナブルマテリアル研究部門	33
ナノシステム研究部門	89
ナノチューブ応用研究センター	57
集積マイクロシステム研究センター	38
計測標準研究部門	492
計測フロンティア研究部門	87
生産計測技術研究センター	104
計量標準管理センター	24
地圏資源環境研究部門	19
地質情報研究部門	20
活断層・地震研究センター	8
地質調査情報センター	13
地質標本館	305

部署	総計
環境・エネルギー分野研究企画室 (環境・エネルギー分野含む)	52
ライフサイエンス分野研究企画室 (ライフサイエンス分野含む)	42
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室 (情報通信・エレクトロニクス分野含む)	43
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室 (ナノテクノロジー・材料・製造分野含む)	45
計測・計量標準分野研究企画室 (計測・計量標準分野含む)	22
地質分野研究企画室 (地質分野含む)	31
企画本部 (理事等含む)	339
イノベーション推進本部	403
つくばイノベーションアリーナ推進本部	179
研究環境安全本部	3
総務本部	7
評価部	2
広報部 サイエンス・スクエア つくば	535
北海道センター	83
東北センター	17
つくばセンター	9
東京本部	2
臨海副都心センター	66
中部センター	36
関西センター	112
中国センター	19
四国センター	12
九州センター	46
福島再生可能エネルギー研究所	29
総計	5,408

9) 監査室 (Audit Office)

所在地：つくば中央第2

人員：4名

概要：

監査室は、(1)①業務の有効性及び効率性、②事業活動に係る法令等の遵守、③資産の保全、④財務報告書等の信頼性の実現のため、各業務が適正かつ効率的に機能しているかモニタリングすることを目的とした内部監査業務、(2)研究所の財務内容等の監査を含む業務の適性かつ能率的な運営を確保することを目的とした通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務を行っている。

機構図 (2014/3/31現在)

[監査室]

室長(兼)	大辻 賢次
総括主幹	加藤 信隆

平成25年度の主な活動

内部監査については、監査の必要性の高い業務等について監査を実施し、当該業務の合規性、有効性、効率性の把握と課題等の抽出、監査対象部署に対しての改善提案等を行った。

また、監事の監査業務の支援として、監事監査が適切かつ効率的に行えるよう監事との打合せを十分に行うとともに、監査対象部署の事前情報収集、データ作成、日程調整及び監査記録作成等を行った。

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報で大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、研究ユニット別の成果等にて記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) データベースにて提供されている。

資料

1. 研究発表

ユニット	誌上 発表	口頭 発表	著書・ 刊行物・ 調査報告	地球科学 情報	計量技術 情報・工 業標準化	ソフト ウェア	データ ベース	イベント 出展	プレス 発表	合計
フェロー	1	7								8
顧問	1									1
理事	2	6								8
環境・エネルギー分野		1								1
エネルギー技術研究部門	355	615	32					15		1,017
コンパクト化学システム研究センター	78	135	9					8	1	231
バイオマスリファイナリー研究センター	45	42	7							94
メタンハイドレート研究センター	43	85						10		138
ユビキタスエネルギー研究部門	177	490	28					27		722
安全科学研究部門	129	188	31			1		5	1	355
環境・エネルギー分野研究企画室	1	2								3
環境化学技術研究部門	100	138	10					2	2	252
環境管理技術研究部門	184	376	28		5	1		14		608
再生可能エネルギー研究センター	23	42	3							68
触媒化学融合研究センター	33	61	3					1	2	100
新燃料自動車技術研究センター	47	73	6					4		130
先進パワーエレクトロニクス研究センター	74	153	7						2	236
太陽光発電工学研究センター	130	227	16					1	4	378
バイオメディカル研究部門	167	317	10			1		16	3	514
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	315	484	45		4			32	4	884
幹細胞工学研究センター	56	84	5					2		147
健康工学研究部門	226	323	14					21	1	585
生物プロセス研究部門	158	305	18					9	3	493
生命情報工学研究センター	39	70	3			1		3	1	117
創薬分子プロファイリング研究センター	32	56	1					1		90
糖鎖医学研究センター	13	44	12						2	71
サービス工学研究センター	104	150	6			1		5		266
セキュアシステム研究部門	113	160	6					16	1	296
デジタルヒューマン工学研究センター	93	168	4					11		276
ナノエレクトロニクス研究部門	193	318	5					4	12	532
ナノスピントロニクス研究センター	50	91						1	4	146
ネットワークフォトンクス研究センター	45	76						3		124
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	65	182	16					34	2	299
情報技術研究部門	103	151	1					23	1	279
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室	1		1					1		3
知能システム研究部門	138	289	13					18	2	460
電子光技術研究部門	209	361	10					29	4	613
サステナブルマテリアル研究部門	139	216	4		1			49	4	413
ナノシステム研究部門	262	632	32		4			29	6	965
ナノチューブ応用研究センター	66	143	2					8	6	225
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	1		1							2
集積マイクロシステム研究センター	113	113	4		1			20	4	255
先進製造プロセス研究部門	262	476	21		7			37	3	806
計測・計量標準分野		6								6
計測・計量標準分野研究企画室	1	2						17		20
計測フロンティア研究部門	140	330	15		1			14	1	501

産業技術総合研究所

ユニット	誌上 発表	口頭 発表	著書・ 刊行物・ 調査報告	地球科学 情報	計量技術 情報・工 業標準化	ソフト ウェア	データ ベース	イベント 出展	プレス 発表	合計
計測標準研究部門	388	672	36		241			29	2	1,368
計量標準管理センター	13	3	2		2			4		24
生産計測技術研究センター	68	132	8					28	2	238
活断層・地震研究センター	46	156	21	38				22	2	285
地圏資源環境研究部門	140	321	47	30		2		24	1	565
地質情報研究部門	236	457	36	125		2	6	41	2	905
地質調査情報センター	3	4		4						11
地質標本館	6	32		31				34		103
地質分野研究企画室	3	5	1	8						17
イノベーションスクール		3								3
イノベーション推進企画部	2	1								3
イノベーション推進本部	7	8	2		2					19
つくばイノベーションアリーナ推進本部	1	1							1	3
ベンチャー開発部	1									1
国際部	4	2								6
知的財産部			1							1
企画本部	1	8	2							11
広報部	1							13		14
評価部	6	6								12
環境安全管理部	1									1
研究環境安全本部		1	2							3
人事部	1									1
関西センター	6	8	2							16
九州センター	4									4
四国センター	1	1								2
中国センター	1									1
中部センター	2	5	5							12
東北センター	1									1
福島再生可能エネルギー研究所	1	5								6
北海道センター		1	1							2
総 計	5,486	10,027	597	251	268	9	6	685	86	17,415

資 料

2. 兼 業

平成25年度兼業一覧

所属\依頼元	高等教育機関	公的機関	公益法人	民間企業等	総計
糖鎖医工学研究センター	1	1	1	1	4
新燃料自動車技術研究センター	1		2		3
生命情報工学研究センター	12	1	6		19
生産計測技術研究センター	4		1		5
ナノチューブ応用研究センター	1				1
ネットワークフォトンクス研究センター	1				1
サービス工学研究センター	9		2	4(2)	15(2)
活断層・地震研究センター	3	4	10		17
幹細胞工学研究センター	4	1	3	1	9
集積マイクロシステム研究センター	2	1			3
コンパクト化学システム研究センター		2	5	2	9
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1				1
デジタルヒューマン工学研究センター	8		5	1	14
ナノスピントロニクス研究センター			1		1
太陽光発電工学研究センター	6		8		14
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		1	2	3(1)	6(1)
バイオマスリファイナリー研究センター	5		4		9
創薬分子プロファイリング研究センター	2	1	4		7
触媒化学融合研究センター	1		1		2
計測標準研究部門	20	7	14	8	49
地圏資源環境研究部門	4	4	10	2	20
知能システム研究部門	45	1	16	17(5)	79(5)
計測フロンティア研究部門	8		5	1	14
ユビキタスエネルギー研究部門	9	1	13	4	27
先進製造プロセス研究部門	22	9	10	9(1)	50(1)
サステナブルマテリアル研究部門	3		5	1	9
地質情報研究部門	10	6	7	2(1)	25(1)
環境管理技術研究部門	7	12	51	4	74
環境化学技術研究部門	7	1	4		12
エネルギー技術研究部門	18	2	40	15	75
情報技術研究部門	4	4	15	7	30
安全科学研究部門	17	12	19	12(1)	60(1)
健康工学研究部門	16	4	15	1	36
生物プロセス研究部門	9	3	12	1	25
バイオメディカル研究部門	27	3	26	8(1)	64(1)
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	41	4	22	15(4)	82(4)
ナノシステム研究部門	15	5	14	2(1)	36(1)
ナノエレクトロニクス研究部門	6	2	5	11(1)	24(1)
電子光技術研究部門	3	3	12	7(4)	25(4)
セキュアシステム研究部門	11	4	9	9(1)	33(1)
地域センター	4	11	18	3	36
本部組織・事業組織・その他	31	29	42	10	112
総計	398	139	439	161(23)	1137(23)

() 内は役員兼業の数を示している

3. 中期目標

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月に旧工業技術院の研究所等16の機関を統合し、一つの独立行政法人として発足した。その後、平成17年4月に非公務員型独立行政法人に移行した。

上記の措置の実施により、多岐にわたる分野の研究者集団の融合が進められるとともに、柔軟で機動的な組織運営や予算執行、産業界、大学との人材交流等が可能となった。

現下の産業技術を巡る状況を見れば、地球温暖化、少子高齢化といった地球規模の課題が顕在化する中で、こうした課題の解決の鍵として、戦略的なイノベーションを推進し、それにより新たな需要を創造することが重要となっている。政府は、今後10年間を見据えて新たな成長戦略を策定・実行し、我が国の強みを活かした「課題解決型国家」を実現することとしている。そのため世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」などを迅速に推進し、課題の解決とともに、アジアと連携した成長を実現していくこととしている。また、産総研はこれまで以上に機動的かつ効率的な業務運営を実現し、民間では困難な研究開発活動を一層効果的に実施することが求められている。

このような状況の下、イノベーションによる課題解決と新たな成長の実現に向けて、産総研の業務である鉱工業の科学技術に関する研究開発等の重要性は高まっており、なかでも、基礎的な研究と開発的な研究との間をつなぐ橋渡し研究の意義は一層増している。第1期中期目標期間（平成13～16年度）及び第2期中期目標期間（平成17～21年度）における実績を踏まえつつ、第3期中期目標期間においては、こうした観点から産総研が業務や組織のさらなる見直しと重点化を進め、経済と環境の両立、国民生活向上等への研究開発による貢献、新たなイノベーションシステムの構築、イノベティブな人材養成の推進、新時代の産業基盤の整備等、国際的な展開も含めた新たなイノベーションを創出していくための活動を戦略的かつ効率的に実施すること等を通じ、世界トップに立つ研究機関を目指していくことが期待される。

I. 中期目標の期間

産総研の平成22年度から始まる第3期における中期目標の期間は、5年（平成22年4月～平成27年3月）とする。

II. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

- (1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」の推進
- ・グリーン・イノベーションについて、太陽光発電、蓄

電池、次世代自動車、ナノ材料、情報通信システムの低消費電力化等の技術開発を加速化する。また、第3期中期目標期間中に実用化の可能性が高い技術について、重点的に取り組む。太陽光発電等の新規技術の性能や信頼性に係る評価技術の開発を推進する。

- ・ライフ・イノベーションについて、産総研の有する高度なものづくり技術を最大限に活用し、創薬、再生医療、遠隔医療システム、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。また、ロボットの性能・安全性評価技術を重点的に開発する。
 - ・上記の技術開発においては、要素技術の開発にとどまらず、技術のシステム化及びその社会への導入のために必要な研究開発もあわせて推進する。
- (2) 他国の追従を許さない先端技術開発の推進
- ・産業競争力の維持、強化のために必要な情報通信技術、材料・部材技術、製造プロセス技術等に関する革新的な技術開発を行う。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

(1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

- ・地域センターは、バイオものづくり、蓄電池等地域の産業集積等を踏まえて研究分野を重点化し、国内最高水準の研究開発を推進する。
- ・地域センターは、各地域で重点化した分野において、企業の研究人材を積極的に受け入れ、共同研究を効率的に推進する。

(2) 中小企業への技術支援・人材育成の強化

- ・中小企業が行う研究開発から生まれた製品の実証試験・性能評価等を支援し、その事業化を促進する。そのため、産総研の設備等の供用、公設試験研究機関等との連携等を積極的に行う。
- ・中小企業との共同研究、技術相談等の件数を増大させる。
- ・共同研究を通じて、中小企業の研究者を積極的に受け入れる。また、技術研修等を通じ、先端的な技術開発等に対応できる中小企業の人材の育成を推進する。

3. 産業や社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

- ・ナノスケール等の高度な計測ニーズや新素材の安全性評価等に応えるため、計量標準の高度化、新規標準物質の提供等を行う。
- ・資源エネルギーの安定供給の確保、防災等のため、地質調査を行うとともに、従来に比してより詳細な地質図の作成等を行う。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

- ・研究開発によって得られた新規技術の社会への普及に不可欠な性能及び安全性の評価について、民間企業とのコンソーシアム等を活用しつつ、評価技術の開発、

基準の作成を推進する。そのため、産総研内に性能及び安全性評価の推進を主務とする組織を設置する。

- ・開発した性能及び安全性評価技術の標準化を進めるとともに、蓄積した技術や知見等について民間認証機関への移転を推進する。
 - ・環境配慮素材の物性等の性能・安全性のデータベースの整備を推進する。
- (3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開
- ・研究開発プロジェクトの企画の段階から、標準化を見据えたものとし、国際標準化の提案を拡大する。我が国の提案の実現に向け、国際標準化を検討する国際会議等への専門家の派遣数を拡大する。
 - ・環境技術やその性能、信頼性に係る評価技術等の分野について、アジア諸国等の評価機関等との技術協力を行うとともに、可能な分野において国際標準化に向けた共同作業を行う。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

- ・ナノテクノロジー、太陽光発電、蓄電池、ロボット等の分野において、つくばセンターや地域センターの研究環境を整備すること等を通じて産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材を結集し、世界をリードする研究開発を推進する。あわせて、施設や設備の外部利用、共同研究時の知的財産の保有に関するルール作り等を行う。
- ・世界トップに立つ研究機関を目指し、論文数の拡大を推進するとともに、その論文の被引用数に基づく世界ランキングの向上を実現する。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

- ・燃料電池、バイオ燃料の技術等のクリーン・エネルギー技術分野における米国の国立研究所との間の共同研究等を推進し、国際的な人材交流、研究テーマの拡大を実施する。
- ・バイオマス等において、アジア諸国等の研究機関との間で、現地における実証、性能評価に関する研究協力等を拡大する。

(3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

- ・産総研を通じてポストドク等の研究人材を共同研究の相手先企業に派遣すること等により、若手研究者の能力向上や就職の機会を拡大する。
- ・企業の研究人材の受入れや産総研研究者の企業への派遣等、人材交流を拡大する。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産の対象を重点化するため、知的財産の取得や管理に係る方針を策定

する。

- ・円滑な技術移転を実現するため、知的財産権の対価の柔軟化など、管理体制等を見直す。
- (2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援
- ・産総研の研究成果だけでなく、大学、他の研究機関等の成果を組み合わせた事業創出を支援する。事業の円滑な発展のため、産総研職員の企業における兼業等を促進する。
- (3) 研究開発成果を活用しようとする者への出資による実用化支援
- ・研究開発の成果の実用化及びこれによるイノベーションの創出を図るため、産総研の研究開発の成果を事業活動において活用しようとする者に対し、出資（金銭出資を除く。）並びに人的及び技術的援助の業務を行う。
- (4) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化
- ・オープンラボ等を通じた積極的な広報により、研究者や国民に対し産総研の成果を直接アピールする機会を拡大し、認知度を高める。

6. その他

- ・平成24年3月31日限りで特許庁からの委託による特許生物株の寄託や分譲等の業務等の全部を廃止する。なお、当該業務については、同年4月1日から独立行政法人製品評価技術基盤機構が承継する。
- ・上記1～5を踏まえ、下記分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術 【別表1】

地質の調査 【別表2】

計量の標準 【別表3】

III. 業務運営の効率化

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

- ・運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減する。
- ・総人件費は、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」（平成18年法律第47号）等に基づき、平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の取組を引き続き実施するとともに、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006」（平成18年7月7日閣議決定）に基づき、人件費改革の取組を平成23年度まで継続する。
- ・一般管理費、諸手当及び法定外福利費について、適正な水準であるか等を含め、不断の確認を行い改善する。
- ・施設管理業務等について、アウトソーシングを推進し、包括契約や複数年度契約の導入等により一層効率化を進める。

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

(2) 契約状況の点検・見直し

- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づき、契約を徹底的に見直す。
- ・一者応札及び100%落札率の削減等について有識者の意見を踏まえた改善を実施する。

2. 研究活動の高度化のための取組

(1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

- ・外部からの研究評価の結果等を踏まえ、研究組織の改廃等を機動的に実施する。また、研究評価の充実に向け、評価者が研究内容を適切に把握できるように、研究者との意見交換等の機会を拡大する。
- ・「産総研研究戦略」を策定し、研究の重点分野、政策との関係、他の機関との連携強化のための取組等を明らかにし、研究成果の目標等を具体的かつ定量的に示す。
- ・地域センター、産総研イノベーションスクール、専門技術者育成事業、ベンチャー開発センターについては、その成果について確認を行い、最大限の効果が得られるよう改善する。

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

- ・新たな事業所等の設置等については、その必要性や経費の節減に十分配慮する。
- ・研究機器や設備の配置の機動的見直し、外部の者への利用機会の拡大を進める。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

(1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

- ・中長期的な人材の確保及び育成に関する人事戦略を新たに策定する。橋渡し研究等を効果的に実施するため、技術マネージャーの育成など多様なキャリアパスを確立する。
- ・女性研究者の比率を高めるとともに、外国人研究者の受入れを進める。また、定年により産総研を退職する人材の活用を図る。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

- ・職員の評価について、研究活動のみならず、産総研のその他の業務への貢献等を適切に考慮する。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

- ・法令遵守を更に徹底するとともに、役職員のコンプライアンスに関する意識向上のための活動を通じ、産総研の社会的信頼性の維持及び向上を図る。
- ・国民の信頼確保の観点から、情報の公開及び個人情報保護に適正に対応する。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

- ・事故及び災害の未然防止等の安全確保策を推進するとともに、職員の健康に配慮することにより、職員が安心して職務に専念できる職場環境づくりを進める。
- ・研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないように、適切な対応を進めるとともに、エネルギーの有効利用の促進に取り組む。

IV. 財務内容の改善に関する事項

(1) 運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

- ・運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅲ. 業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項に配慮した中期計画の予算を作成し、効率的に運営する。
- ・外部資金の獲得に際して、産総研業務との関係性の審査を行う。また、外部資金を用いた研究活動について、他の研究活動とのバランスが確保できるよう適切に実施する。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

- ・共同研究を通じた民間の研究資金の受入れ、特許使用料、施設利用料等の拡大を進める。

別表1 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

二酸化炭素等の温室効果ガス排出量を削減しつつ、資源・エネルギーの安定供給及び確保を図るグリーン・イノベーションを推進するため、再生可能エネルギーの導入拡大技術、エネルギー供給システムの高度化、運輸、民生、産業部門等における省エネルギーに資する革新的技術開発を行う。また、資源の確保と有効利用とともに、グリーン・イノベーションを支える材料及びデバイスの開発、産業の環境負荷低減や安全性の評価及び管理技術、廃棄物等の発生抑制技術と適正処理技術の開発を行う。

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

低炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギー（太陽光発電、バイオマス、風力、地熱等）の有効利用のための技術開発を行う。また、変動を伴う自然エネルギーを利用するための高効率なエネルギーマネジメントシステムの開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

我が国の再生可能エネルギー拡大の大宗を担う太陽光発電の利用拡大のために、発電効率と信頼性の向上のための技術の開発を行う。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

多様な再生可能エネルギーの利用を拡大するため、バイオマス、風力、地熱資源等を有効に利用する技術の開発を行う。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

出力変動の大きな自然エネルギーの大量かつ高効率な利用を可能とするエネルギーマネジメントシステム技術及びそのために必要な要素技術の開発を行う。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

省エネルギー推進による低炭素社会の実現のため、運輸システムの高度化、住宅、ビル、工場の省エネルギー技術及び情報通信の省エネルギー技術の開発を行う。

2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術

輸送機械の二酸化炭素排出量の低減に貢献するため、安全かつ低コストで高エネルギー密度化を実現する電池材料、燃料電池自動車用水素貯蔵技術、輸送機器の軽量化技術、自動車エンジンシステムの高度化技術、市街地移動システム技術の開発を行う。

2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術

戸建て住宅等の電力設備を効率的に運用し、省エネルギーを実現する電力マネジメント技術の開発を行うとともに、分散型蓄電デバイスの高エネルギー密度化、定置用燃料電池の高効率化技術の開発を行う。また、未利用熱エネルギーの高度利用技術、省エネルギー性能に優れた建築部材及び家電部材の開発を行う。

2-(3) 情報通信の省エネルギー技術

情報通信機器の省エネルギーに貢献するため、電子デバイス、入出力機器の省エネルギー化技術の開発を行う。また、大容量情報伝送技術、情報処理システムの高効率化技術の開発を行う。

3. 資源の確保と高度利用技術の開発

物質循環型の社会を実現するため、バイオマスからの化学品等の製造技術の開発を行う。また、枯渇性資源の最大活用のために未利用化石資源であるメタンハイドレートの利用技術、石炭の高度利用技術、鉱物資源（レアメタル等）の省使用化、再生及び代替に関する技術の開発を行う。

3-(1) バイオマスの利用拡大

バイオマスから、化学品等を製造するプロセス技術の開発を行う。

3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術

メタンハイドレートから天然ガスを生産するための技術開発及び石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。

3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術

レアメタル等の資源確保に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環評価技術の開発を行うとともに、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別及び回収する技術、レアメタル等の有効利用技術及び代替技術の開発を行う。また、レアメタル等の陸域鉱床探査と資源ポテンシャル評価、海底鉱物資源調査、大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップを

行う。

4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

革新的材料、デバイス創成のため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材、ナノチューブ、炭素系材料の量産化と産業化技術の開発を行う。また、グリーン・イノベーションの実現に必要な電子デバイスの高機能化技術及び高付加価値化技術の開発を行う。材料、デバイスの効果的かつ効率的な開発のためのプラットフォームを整備してオープンイノベーションを推進する。

4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材

ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現する新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用

従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチューブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。

4-(3) ナノエレクトロニクスオープンイノベーションの推進

高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。

5. 産業の環境負荷低減技術の開発

産業の環境への負荷を最小限にするため、機械加工、化学、バイオ等の各種製造プロセスの効率化技術の開発を行うとともに、環境保全技術の開発を行う。

5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進

製造技術の低コスト化、高効率化及び低環境負荷を実現するための、革新的製造技術であるミニマルマニュファクチャリングの開発を行う。また、レーザー加工技術による高効率なオンデマンド技術の開発を行う。

5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進

酸化技術、触媒技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等を用いた環境負荷の少ない製造プロセス技術の開発を行う。

5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術

微生物や酵素を利用したバイオプロセス技術の開発を行う。特に、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能

解明、生体高分子や生体システムの高度化、遺伝子組換え植物産出技術と植物工場システムの開発を行う。

5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術

センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質について、選択的吸着技術、触媒技術等を活用した浄化技術及び自然浄化機能を利用した環境修復技術の開発を行う。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

二酸化炭素削減のための技術と取組の評価手法を開発するとともに、その開発及び技術の導入シナリオ並びに二酸化炭素削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、施策等の分析と評価を行う。また、産業活動における安全性を向上させるため、先端科学技術、生産活動、化学物質の安全性と環境の評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

二酸化炭素の回収貯留、水素を媒体としたエネルギーシステム等、革新的なエネルギーシステムの関連技術について、開発や導入シナリオの分析と評価を行う。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

様々な二酸化炭素削減のための技術と試みについて、原単位や消費者の行動等を解析して二酸化炭素削減率の定量化を行い、それら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

先端科学技術の実用化と製品化のために必要となる安全性評価手法を開発する。特に、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価、ばく露評価及びリスク評価手法を開発する。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

事故事例情報をデータベース化するとともに、産業保安のための安全性評価、安全管理技術の開発を行う。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

化学物質のリスク評価と安全管理技術、発火と爆発危険性の評価技術の開発を行う。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質等の計測技術、生体影響評価技術、環境影響評価技術の開発を行う。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

国民が安心して暮らすことができる社会を実現し、ライフ・イノベーションを推進するために必要な安全・安心、健康に貢献する研究開発を推進する。具体的には創薬技術や医療診断技術の開発、人の健康状態を評価する計測技術、情報通信（IT、センサ）やロボット技術による身体の負担軽減や介護支援技術等の開発を行う。

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

健康長寿社会のニーズに応えるため、創薬技術及び医療診断技術を含む先進的な医療支援技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

再生医療等の先進医療支援技術を確立するための基盤となる細胞操作技術及び生体材料技術や診断機器の開発を行う。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

医療支援技術として、生体分子の機能分析及び解析技術と、それらの技術に基づく創薬技術の開発を行う。

1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備するとともに、医薬品開発のため、それら情報の利用技術の開発を行う。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

心身共に健康な社会生活を実現するための基盤となる人の生理、心理及び行動の測定技術、生体情報の計測技術及び評価技術並びにそれぞれの人の健康状態に合わせた社会生活を実現するための支援技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

人の健康状態を把握するための基盤となる生理、心理及び行動の測定技術並びに測定装置の開発を行うとともに、標準化に取り組む。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

人の健康状態を評価するための生体情報の計測及び評価技術の開発を行うとともに、標準化に向けてデータベースを構築する。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

人の健康状態に合わせた社会生活を実現するため、介護、医療等の負担の軽減、心身機能の回復、心身活動能力の補助のための技術の開発を行う。

3. 生活安全のための技術開発

高齢化社会の到来に対応した事故防止、生活支援のため、情報通信及びロボット技術を活用した安全な社

会生活支援技術の開発を行う。

3-(1) ITによる生活安全技術

安全な社会生活の実現をIT技術で支援するため、センサを用いた人や生活環境のモニタリングシステム、消費者情報保護のための情報セキュリティ技術の開発を行う。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

生活支援ロボットを実環境で安全に動作させるため必要となる安全性の評価技術の開発を行う。

Ⅲ. 他国の追従を許さない先端技術開発の推進

我が国の産業競争力を維持していくため、先端的な情報通信産業や製造業の創出につながる材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、サービス生産性の向上と新サービスの創出を目指して、情報技術、機械技術の開発を行う。

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

情報通信の高度化のための、光、電子デバイスの高機能化及び高付加価値化技術の開発を行う。また、IT活用による製造技術及びシステム技術の高効率化及び高機能化に取り組む。

1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

更なる微細化を実現する革新的電子デバイス、大容量光送受信を可能とする超小型全光スイッチ、情報入出力機器のフレキシブル化と小型軽量化を実現する高性能光入出力素子の技術開発を行う。また、電子デバイスの構造、物性及び新機能予測を行うシミュレーションシステムの開発を行う。

1-(2) IT活用によるシステムの高効率化及び高機能化

ITを利用したシステムの高機能化に取り組む。特に、産業用ロボット知能化技術、人間機能シミュレーション技術等の開発を行う。

1-(3) ナノエレクトロニクスオープンイノベーションの推進（I-4-(3)を再掲）

高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

革新的な材料、システムを創成するため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材ナノカーボン材料の量産化技術、マイクロ電子機械システムの開発を行う。

2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（I-4-(1)を再掲）

ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現す

る新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（I-4-(2)を再掲）

従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチューブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。

2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（I-5-(4)を再掲）

センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

我が国のサービス産業の生産性向上と新サービスの創出を目指してサービスプロセスを変革する情報技術、機械技術の開発を行う。

3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

サービスの生産性を向上させるため、現場の情報から利用者行動をシミュレーションし、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術の開発を行う。

3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

サービスの生産性を向上させるためのクラウド型等の情報プラットフォーム技術の開発を行う。

3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

サービス産業へのロボット導入に当たって必要となるロボットの自律移動技術や、ロボットによる物体の把持技術、ロボットと人とのインタラクション技術の開発を行う。

3-(4) 技術融合による新サービスの創出

既存の技術を融合することによる新サービス創出に取り組む。メディア処理とウェブでのインタラクションを融合したコンテンツサービスの創出、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査などの技術を融合した地理空間情報サービスの創出、メディア技術とロボット技術を融合した人間動作の模擬技術の創出に取り組む。

3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

ICカード等のハードウェアや基幹ソフトウェア等の情報システムのセキュリティ対策技術、信頼性検証技術など情報基盤の安全性評価技術の開発を行う。

Ⅳ. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

広範囲にわたる産業活動を横断的及び共通的に支援するため、基盤的、先端計測技術の開発を行うとともに、得られた知見を戦略的にデータベース化し、また、試験評価方法の標準化により評価基盤を構築する。

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術

産業活動を支援するためのツールとなる計測評価技術、先端計測及び分析機器の開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。また、計測技術を発展、統合させて、生産性向上をもたらす課題解決策（ソリューション）として生産現場に提供する。

1-1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術

材料、部材及び構造物における損傷、劣化現象等の安全性及び信頼性の評価にかかわる計測技術の研究開発を行うとともに、産業界に提供する。特に、有機、生体関連ナノ物質の状態計測技術、ナノ材料プロセスにおける構造と機能計測及び総合解析技術の開発を行う。

1-2) 先端計測技術及び分析機器の開発

新たな産業技術の創出と発展を促進するため、材料評価、デバイス、システム評価のための先端計測技術及び分析機器に関する研究開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。

1-3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

産業界における製品の品質と生産性の向上の基盤となる生産計測技術の開発を行い、計測にかかわる総合的な課題解決策を提供する。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

先端産業技術の開発と社会の安全・安心のための基盤となる重要な計測評価データを蓄積し、データベースとして産業界と社会に提供する。

2-1) 標準化を支援するデータベース

標準化を支援し、産業技術の基盤となる物質のスペクトル、熱物性等のデータベースを構築し、提供する。

2-2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

資源等の有効利用を支援するために必要な地質、環境、地図情報などをデータベース化し、利用しやすい形で提供する。

2-3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

環境・エネルギー技術、社会の安全・安心及びものづくりの基盤となる重要なデータを集積し、データベースとして提供する。

3. 基準認証技術の開発と標準化

材料、製品、サービスの商取引に必要となる適合性評価技術の開発を行うとともに、民間における適合性

評価事業の育成を推進する。

3-1) 適合性評価技術

新技術の事業化を促進するため、民間では困難な性能や安全性に関する実証に取り組む。また、新規の素材、製品、サービス等の社会普及を促進するため、商取引、規制において求められる性能、安全性等に関する適合性評価技術を開発し、そのような評価技術の民間移転に積極的に取り組み、民間による適合性評価機能の強化を図る。

別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

地殻変動が活発な地域に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や社会生活を実現し、持続的発展が可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質に関する状況を適切に把握し、これに応じ必要な対応を行うことが求められている。このため、国土及び周辺地域の地質情報の整備と供給、地質情報による産業技術基盤、社会安全基盤の確保に関する研究開発を行う。また、地質の調査に関する国際活動において協力を行う。

1. 国土及び周辺地域の地質基盤情報の整備と利用拡大

国土と周辺地域において地質の調査、研究を実施し、地質情報の整備を行うとともに、衛星情報の高度化及び高精度化に関する研究を行う。また、地質の調査、研究の成果を社会に普及するための体制を整備する。

1-1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

地質の調査に関する研究手法と技術の高度化を進め、これらの知見も活用し、長期的な計画に基づき、国土の地質情報基盤である地質図、海洋地質図、重力図及び空中磁気図の作成及び改訂を行う。また、国土の地球科学基本図等データベースを整備し、それら情報の信頼性と精度を向上させるとともに、利便性の向上を図り、地質情報の標準化を行う。

1-2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

地質図が整備されていない都市平野部及び沿岸域の地質について、調査、研究を行うとともに、地質情報及び環境情報を整備する。

1-3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する地球観測の一環として、地質に関する衛星情報を整備するとともに、それら情報の利用拡大のための研究を行う。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

国土利用の促進、資源開発及び高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性の確保を目的とした地質の調査、

研究を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発
 土壌汚染、二酸化炭素地中貯留及び地層処分について、地圏の環境の保全と適切な利用にかかわる評価技術の開発を行うとともに、その普及に努める。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

陸海域の、鉱物資源、燃料資源、地下水資源及び地熱資源に関するポテンシャル評価を行う。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の安全規制に係る国の施策に資するため、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を技術情報としてとりまとめるとともに、長期的視点から地層処分の安全規制への技術的支援を行う。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

地震、火山等の自然災害による被害の軽減のため、活断層、地震発生や火山噴火のメカニズム及び地下水位の変動などに関する調査、研究を行う。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

活断層について活動履歴の調査を行い、活断層の活動性評価を実施するとともに、地震災害の予測手法を開発する。また、海溝型地震と巨大津波の予測手法を高度化するための調査、研究を行う。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

火山噴火予知及び火山防災のための火山情報を提供するため、火山の噴火活動履歴及び噴火メカニズムについて調査、研究を行う。

4. 地質情報の提供、普及

社会のニーズに的確に応じ、地質情報を活用しやすい情報、媒体で提供、普及する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

地質の調査に係る研究成果を社会に普及するため、地質図類、報告書等を出版するとともに、電子媒体やウェブによる地質情報の普及体制を整備し、地質標本館の有効活用を図る。また、地方公共団体及び民間における地質情報を活用する取組に対し支援を行う。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

地震、火山噴火をはじめとする自然災害発生に際して、社会的な要請等に機動的に対応して緊急の調査、研究を行うとともに、必要な関連情報の発信を行う。

5. 国際研究協力の強化、推進

地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画に参画するとともに、産総研が有する知見を活かし、国際的な研究協力を積極的に行う。

5-(1) 国際研究協力の強化、推進

アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。

別表3 計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

1. 新たな国家計量標準の整備

我が国経済及び産業の発展、あらゆる計測の信頼性を産業と社会が共有するために信頼性の源となる国家計量標準を引き続き開発、整備するとともに、新たな計量標準については迅速に供給する。特に、環境への負荷低減（低炭素社会の実現、物質循環型社会の実現）、国民生活の安心・安全社会の実現、健康長寿社会の実現、技術革新による次世代産業の推進、及び国際通商の円滑な実施を支える国家計量標準については、産業界や社会の要請に即応して整備し、多様な供給の要請に対して柔軟に対応する。

1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準を早急に開発、整備し、供給する。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

ライフ・イノベーションの実現に向け、先進医療機器の開発に必要な計量標準を開発・整備、供給する。また、食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析に係る計量標準、有害化学物質の計量標準を開発、整備、供給する。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

我が国産業の国際通商を円滑に行うために必要な計量標準を開発、整備、供給する。また、代表的な技術革新分野において、基盤的計量標準を開発、整備、供給する。

2. 国家計量標準の高度化

我が国のイノベーション基盤を強化するため、国家計量標準を確実に維持、供給するとともにその高度化、合理化、校正事業者の認定審査の支援、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

国家計量標準を維持管理し、校正サービス、標準物質等の供給、品質システムの運用を行う。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

より高度な技術ニーズ及び社会ニーズに対応するため、特に省エネ技術の推進、産業現場計測器の信頼性確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、その高度化、合理化を行う。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

計量トレーサビリティ体系の設計、維持運用について調査を行い、政府の知的基盤の整備に関する技術支援を行う。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）を主体とする計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行う。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

利用者が信頼性、コスト、迅速性及び効率性の観点から最適な手段により計量トレーサビリティを確保できるように、技術開発の実施と運用方法の拡充を行い、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を図る。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

法定計量業務を適正に実施し、計量行政を支援するとともに、経済のグローバル化に対応した計量器の適合性評価システムの整備、普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

特定計量器に関する試験検査業務を国際標準の品質管理の下、適正に実施し、特定計量器の製造技術及び利用技術の調査などを通じ計量行政への支援を行う。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

特定計量器についての新たな適合性評価技術を開発、整備する。また、一般計測及び分析器についても評価技術を開発し、測定手続の基準、試験規格の確立と普及を図る。

4. 国際計量標準への貢献

計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画し、我が国の技術を反映した計量システムを諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約のメンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、先進的な計量トレーサビリティ体系の構築に努める。

4-(1) 次世代計量標準の開発

次世代の計量標準を世界に先駆けて開発し、国際計量標準の構築において優位性を確保するとともに、我が国の優れた標準技術を国際標準に反映させ、また、先端技術開発を支援する。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

国際的計量組織の一員として、国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展するよう促していく。また、開発途

上国が、通商の基盤となる自国の計量標準を確立できるよう支援をしていく。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

二国間の MOU（技術協力覚書）の締結、維持により、製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力を行う。

5. 計量の教習と人材の育成

法定計量業務に対応できるように、国内の法定計量技術者の技術力向上を図るとともに、公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者を育成する。

5-(1) 計量の教習

法定計量の技術を教習して、国内の法定計量技術者の計量技術レベルの向上を図る。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、人材育成プログラムや資料を作成するとともに、研修を行い、計量技術者を育成する。

4. 中期目標

I. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

(1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、
「ライフ・イノベーション」の推進

(戦略的な研究企画及び研究資源配分の重点化)

【第3期中期計画】

・グリーン・イノベーションの推進のため、太陽光発電、次世代自動車、ナノ材料、情報通信の省エネルギー化等の技術開発を加速化する。太陽光発電技術については、大幅な性能向上と低コスト化を目指し、薄膜シリコン等の太陽電池デバイス材料の効率を相対値で10%向上させるとともに、太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、性能・信頼性評価技術等を開発し、それらを産業界に供給する。

【平成25年度計画】

・中期計画に従い、性能向上技術の開発を加速し、基盤技術提供、コンソーシアム研究などにより産業界との連携を密にする。太陽光発電システムの普及を目指し、基準セル校正技術の不確かさ低減、新型太陽電池実効性能評価技術の確立に向けた取り組みを推進すると共に米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定、人材交流、技術指導等の連携による国際整合性を推進する。太陽電池発電量、長期信頼性に関わる評価技術を加速推進する。引き続き、太陽電池の材料、プロセス、構造に係る技術開発を行い、変換効率の向上を図る。

【平成25年度実績】

・超高温黒体放射に基づく基準セル校正技術の不確かさ低減研究および新型太陽電池の JIS、IEC 標準化、評価技術等の基盤技術開発を推進した。国際比較測定、人材交流、アジア地域での技術指導を推進した。発電量推定方式の検証とデータベース化準備を行い、長期信頼性についてはバイパス・ダイオードの健全性検査方法を考案した。コンソーシアム等により産業界と連携して材料、プロセス、構造に係る技術開発を行い、化合物薄膜太陽電池、薄膜シリコン太陽電池で世界最高効率を達成した。

【第3期中期計画】

・次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全・低コストを兼ね備えた高エネルギー密度（単電池で250Wh/kg以上）を設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、燃料電池自動車用酸素貯蔵技術として、高い貯蔵量（5重量%）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。

【平成25年度計画】

・酸化物正極については、組成比及び価数の最適化を進め、実電池組込時の容量損の低減のため初期充放電効率を80%以上に高めることを目指す。シリコン系負極については、300サイクル後の容量維持率を80%まで向上させるとともに、釘刺し等でも発火しない電池を実現する。

【平成25年度実績】

・酸化物正極は、Li 過剰系への Fe や Ni の固溶と段階充電法により、250mAh/g の高容量で初期充電効率89%を達成した。シリコン系負極は、組成制御と新開発のバインダ及び箔により、300サイクル後の容量維持率80%への向上と、試作電池において釘刺し試験等でも発火しない極めて高い安全性を実証した。

【平成25年度計画】

・V 系材料に関し、合金組成と作製条件の異なる材料について中性子回折実験、放射光 X 線等の実験を進め、繰り返し特性の向上に関わる因子を明らかにする。Mg 系材料では、低温熱源が利用可能な新規材料を探索するため、中性子実験および核磁気共鳴測定の結果から材料中の水素の位置および存在状態を解析し、低温作動に必要な構造的条件を検討する。

【平成25年度実績】

・V 系材料に関し、合金組成の異なる材料について、中性子、放射光 X 線等の実験を進め、組成によらず、吸蔵放出の繰り返しによる劣化時には格子欠陥の蓄積がみられることを確認した。高い水素貯蔵密度（5重量%、50g/リットル）を達成した Mg 系材料において、低温作動に必要な構造的条件を検討するため水素の存在状態の解析を進めた結果、ナノメートルサイズの Mg 基組織がバルク状 Mg に比べて同じ温度で高い吸蔵圧力を示すことが判り、作動温度を低下できる可能性を見出した。

【第3期中期計画】

・部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なカーボンナノチューブについて、キログラム単位で単層カーボンナノチューブのサンプル提供が可能な600g/日の生産規模の量産技術を開発し、キャパシタ、炭素繊維、太陽電池等へ応用する。

【平成25年度計画】

・スーパーグロース法の商業プラント上市を実現するために、実証プラントを運営し、用途開発企業に試料、分散液、CNT 複合材料を提供する。用途開発を加速するために、CNT の構造制御、および電気、熱伝導特性を5倍以上向上させる結晶性改善処理工程の開発を行う。CNT の複合化技術の開発を行い、銅と同等の電気伝導性を有し、 1×10^8 A/cm²以上の耐電流密

度を有する CNT 銅複合材料を実現する。平面基板上で集積化されたマイクロキャパシタの開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・企業等に CNT 試料を40件以上、分散液、CNT 複合材料を60件程度提供した。CNT の直径や層数等を最適化し、CNT の熱伝導特性を従来5倍以上向上させた。銅と同程度の導電率（室温で $4.7 \times 10^5 \text{S/cm}$ ）で、 $6 \times 10^8 \text{A/cm}^2$ 以上の耐電流密度を有する CNT 銅複合材料を開発した。平面基板上に集積化したマイクロキャパシタの作製技術開発に成功した。eDIPS 法単層 CNT の分散液インクを用いた印刷製造技術により移動度 $10 \text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比106以上の性能を有する薄膜トランジスタを実現した。

【第3期中期計画】

- ・情報通信機器の省エネルギー（記憶素子の置き換えによりパソコンの待機電力を約1/5に削減）を可能とする不揮発性メモリ（電源オフでのメモリ保存）技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・情報機器の大幅な省電力を可能にする不揮発性メモリであるスピン RAM について、その中核技術である垂直型磁気抵抗素子の磁気抵抗比を倍増させることにより、読出し時の消費電力を半減させる。また、記憶層の不揮発性を高めるために、 5Merg/cc 以上の高磁気異方性の実現を前年度に引き続き目指す。これらを実現するためにトンネル障壁と記憶層材料の最適化を行う。さらに、1ナノ秒の書き込み電圧とエラーの関係性を明らかにすることにより、高速書き込み動作時の電圧の最適化を行い、省電力書き込み手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・これまで技術的に困難であったトンネル障壁層上に高品質の記録層を持つ垂直磁化型磁気抵抗素子を開発し、超低抵抗領域で100%を超える磁気抵抗比を初めて実現し、読み出し時の消費電力を半減させた。高磁気異方性については、Co ベースの人工格子薄膜を新規開発し、 11Merg/cc という巨大な磁気異方性を達成した。省電力書き込み手法については、書き込み電圧とエラーの関係性を明らかにし、構築した理論と対比することで、許容エラーに対する書き込みマージンを求める手法を構築した。

【第3期中期計画】

- ・ライフ・イノベーションの推進のため、先進的、総合的な創薬支援、医療支援、遠隔医療支援、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。創薬、再生医療技術については、創薬過程の高速化や再生医療基盤整備のために、iPS 細胞の作製効率を10倍程度（現行1%から10%程度に）に引き上げる技術を開発する。

- ・遠隔医療システムについては、遠隔地から指導可能な手術手技研修システムを開発し、低侵襲治療機器に即したトレーニングシステムに適用する。
- ・介護及び福祉のための生活支援ロボットについては、製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作させる際に必要な基盤技術として15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術等を開発する。

【平成25年度計画】

- ・10遺伝子以上を搭載可能な次世代 RNA 型ベクターを構築し、ヒト iPS 細胞の作製効率や多分化能を改善する因子を追加して4%の作製効率を目指す。これと並行して、ヒト ES/iPS 細胞の品質管理や FACS での分離が可能なプローブ「AiLec-S1」の高機能化を進め、移植細胞のがん化を防ぐ技術への応用や、ES/iPS 細胞以外のヒト幹細胞への適用を検討する。また、ヒト間葉系幹細胞の標準化基盤技術に繋がる新規マーカーの同定と、これを特異的に認識する糖鎖プローブの開発を新たに行い、再生医療基盤整備を強化する。

【平成25年度実績】

- ・10遺伝子を同時に搭載して安定に発現できる次世代 RNA ベクターの開発に成功した。このベクターに、山中4因子（Oct4/Sox2/Klf4/c-Myc）と他の2個の初期化因子を同時に搭載することにより、ヒト線維芽細胞を10%超の効率で iPS 細胞に転換することに成功した。薬剤結合型 AiLec-S1を開発し、腫瘍の原因となる未分化 ES/iPS 細胞のみを特異的に殺傷することに成功した。また、1滴の培養液で未分化 ES/iPS 細胞の存在を検出するシステムを開発した。さらに、間葉系幹細胞の分裂能有無を判別するマーカー候補 i 遺伝子を15種類同定した。さらに、AiLec-S1に相当する間葉系幹細胞表面糖鎖検出プローブ（AiLec-S2）を見出した。

【平成25年度計画】

- ・手術室-教育ラボ間および手術室内隣接型での遠隔手術システムにより、様々な難度の手技レベルを要する指導症例を蓄積する。その結果を基に、手術記録データを用いた手術自習システムを試作し、医療現場での異なるレベルの学習者の使用を念頭に置いた教育カリキュラムに必要な要素を抽出する。

【平成25年度実績】

- ・遠隔手術システムを用いた指導症例として、手術室での実地指導を1例記録した。これまでの蓄積により遠隔指導と実地指導の間の比較を行うことが可能になり、遠隔指導でも実地指導と同程度の指導効率であることを確認した。また同システムをもとに、医療機器ソフトウェア開発キット SCCToolKit を使用した低価格

な普及型の手術自習システムを試作した。

【平成25年度計画】

- 生活支援ロボットと産業用ロボット、福祉機器などのオーバーラップする領域の安全性を評価する技術について、既存の規格・試験方法などの網羅的調査を行う。生活支援ロボットについては、これまで開発した安全性評価手法を基盤に、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームを構築する。

【平成25年度実績】

- 生活支援、産業用、福祉分野のオーバーラップする領域の製品安全性評価技術について、JIS等の福祉機器規格・試験の評価機関、および業界団体による調査を行い、ロボット機器に適用する際の拡張方針を確立した。生活支援ロボットについて、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームとして、ソフトウェア開発V字モデルに基づく安全性評価手法を人との関係に拡張し、有用性の観点を導入した評価スキームを構築した。

【平成25年度計画】

- これまでに構築してきた100種類の日常物品モデルの中で、主要パーツが容器以外の物品についても、パーツの接続関係から階層的に表現したうえで、基幹物品（階層クラスが上位に属し、かつ主要パーツと付属パーツの組み合わせの中で使用頻度が高いもの）を抽出する。これにより、日用品が多様であっても扱い方が同じならば共通の把持技術を適用できるようにする。

【平成25年度実績】

- 100種類の日常物品について、パーツの接続関係から15種類の基幹物品（密閉容器、器、柄付き器、取っ手付き器、注ぎ口付き器、蓋付き器、チューブ状容器、棒状ツール、クリップツール、機能パネルツール、冊子、単一パーツ物品（塊状、薄板状、棒状、紐状））を選定し、物品把持の観点による日用品モデルを開発した。これにより、中期計画にある15種類の日用品の把持技術を達成した。

【第3期中期計画】

- 技術のシステム化としては、電力エネルギーの高効率利用のための低損失高耐圧なパワーデバイス技術等と再生可能エネルギー利用機器とを組み合わせ安定した電力を供給するためのネットワークの設計及び評価、マネジメントの技術等の開発を行う。また、早期の社会導入を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした実証研究を行う。

【平成25年度計画】

- 柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構

成される住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験を引き続き実施する。年間を通じて実験を行い、各季節での省エネルギー効果の検証を行う。複数住戸に分散設置された蓄電デバイスの制御手法の開発に取り組み、システム全体の早期社会導入を目指して、需要家の経済性についても評価する。

【平成25年度実績】

- 柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験として、温水融通実験により秋期と冬期における省エネルギー効果の評価を行った。複数住戸に分散設置された蓄電デバイスの制御手法の開発のための実験設備を整備した。蓄電デバイスの運用アルゴリズムへの蓄電池の充放電による劣化コストを考慮した経済性のモデルを構築した。

(2) 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

【第3期中期計画】

- デバイス材料のナノ構造の最適化により、省エネルギー型ランプの光源となる光取出し効率80%以上の超高効率な赤色及び黄色発光ダイオードを開発する。

【平成25年度計画】

- 共晶ボンディング薄膜型LEDについては、電流拡散構造とリッジ形状の最適化や、低屈折率膜を利用した二重干渉効果などによる光取出し効率の上限値を見極める。それと平行して、GaP透明基板へのLEDウェハの熱融着接合プロセスを確立し、電流拡散効果に優れたITO透明電極を用いて共晶ボンディングデバイスよりも高い光取出し効率の実現を目指す。

【平成25年度実績】

- 高効率リッジ構造LEDにおいて電流拡散効果を高めるため、昨年度までに開発した共晶ボンディング薄膜構造と新たにGaP透明基板へのLEDウェハ熱融着構造を検討した。その結果、新たな構造を作らず、共晶ボンディング構造において電流拡散層を数マイクロンと厚くしても高いエバネッセント光結合効果が得られた。これより通常の平坦表面LEDデバイスより3.8倍高い光取出し効率（絶対値で推定70%）を達成した。さらに低屈折率膜を用いた二重干渉効果を追加すれば、光取出し効率の上限値は80%を超えることを明らかにした。

【第3期中期計画】

- マイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術により超小型の通信機能付き電力エネルギーセンサチップを試作し、電力エネルギー制御の最適化によりクリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するシステム技術の開発を行う。

【平成25年度計画】

- ・製造現場等の消費エネルギーを10%削減するため「省エネルギー対策の個性」を考慮した電力プロファイリングシステムを開発する。具体的には無線センサネットワークにより環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを適切に判断し、必要な省エネルギー対策を明らかにできるシステムを試作する。

【平成25年度実績】

- ・環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを「機能/電力」の観点より判断し、必要な省エネ対策を明らかにして電力プロファイリングシステムを試作し、約10ヶ所の小規模店舗社会実験によりその有用性を検証した。現場には一定の電力を消費しながら適正な機能を有しない機器が存在すること、機器の配置変更や入替により「機能/電力」を最大50%改善できることを明らかにし、消費エネルギーを10%削減するためのシステム実現の見通しを立てることができた。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

(1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

【第3期中期計画】

- ・各地域センターは、北海道センターの完全密閉型遺伝子組換え工場等を利用したバイオものづくり技術や関西センターの蓄電池関連材料の評価技術等に基づくユビキタス社会のための材料技術、エネルギー技術などのように、地域の産業集積、技術的特性に基づいた地域ニーズ等を踏まえて、研究分野を重点化し、地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発を推進する。

【平成25年度計画】

- ・地域経済に貢献する最高水準の研究開発を実施する。また、地域事業計画について、必要に応じて見直しを行う。

【平成25年度実績】

- ・地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発を推進した。主な成果は次のとおり。
- 1) 北海道センター：産総研植物工場を用いて、イチゴによるイヌ・インターフェロンの生産に成功し、共同研究相手企業がイヌ歯肉炎軽減薬としての製造販売承認を得（H25.10.11）、産総研植物工場の商業応用が実現した。組換え植物（イチゴ）そのものが医薬品として認可されたのは世界初。また、全ゲノム中から有用二次代謝物の合成遺伝子クラスターを、ゲノム情報・発現情報の包括的解析によって見いだす MIDDAS-M 法を開発した。さらに、昨年度漁船搭載型の高性能小型海水氷製氷機を共同開発した企業が北海道新技術・新製品開発賞大賞を受賞した。
 - 2) 東北センター：NEDO プロジェクト「革新的塗装装置の開発」の成果を発展させ、常温で固体である物

質の加熱溶融体に高圧二酸化炭素を混合して噴霧する新しい微粒子製造技術を開発。共同研究を通じて環境負荷の少ない省エネルギー型微粒子製造技術として企業への技術移転を進めた。また、最先端のマイクロ波化学プロセス技術を開発し、複合銅ナノ粒子合成や TOC 分析装置用試料前処理に展開。後者は地域中小企業がプロトタイプ装置を作成し、上市準備中。さらに、粘土耐熱ガスバリア膜による GFRP の不燃化を達成し、不燃規格適合認証を取得。

- 3) 臨海副都心センター：第3期の課題であるライフ・IT の融合研究を推進した。「バイオテクノロジー作業ロボット開発」においては、共同研究相手の企業と共に、高精度で多自由度の動きができる双腕ロボット「まほろシステム」を開発し、国内大手製薬会社と公的研究機関等に導入すると共に、海外からの引き合いも多数あり、製品化に貢献した。「創薬支援拠点化」においては、国内大手製薬会社3社と共同研究について個別に内容を詰め、共同研究及び受託研究契約を成立させると共に、慶應大学医学部及び同病院と産総研の包括協定締結を実現し、国立がんセンターとの連携も促進し、難治性疾患の抗体による早期診断開発や抗がん作用を高める化合物を発見した。更に、「障害物環境歩行ロボット」に関して、世界トップレベルの技術を開発した。
- 4) 中部センター：次世代自動車関連研究などで材料メーカー等との連携を進め、既に設立した二つの技術研究組合に加えて、今年度設立した技術研究組合「新構造材料技術研究組合」と「未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合」が中部センターにおいて活動を開始した。また、「炭素繊維強化プラスチック（CFRP）」について、名古屋大学ナショナルコンポジットセンター（NCC）が国から受託した炭素繊維複合材料開発プロジェクトより再委託を受け、NCC の試料について材料評価を実施するとともに、CFRP 加工に向けて開発した WC-FeAl 超硬工具の性能試験について公設試7所によるラウンドロビン試験を実施中。さらに、ペアガラスを必要としないガスクロミック調光ミラーを開発し、地域企業を含む企業6社との共同研究を開始した。市販の LPG カセットボンベを使ったハンディ燃料電池システムを試作し、災害・非常時用やアウトドア用、次世代自動車などの移動体用電源への SOFC 発電システムの適用の可能性を示し、NEDO より実用化に向けた企業との共同開発プロジェクトを受託し、発電性能の確認と共に100時間の連続発電、劣化率10%以下を達成した。
- 5) 関西センター：従来の Li イオン電池の正極材料に比べて、6倍近い理論容量を持つイオウ系正極材料を用いた電池のサイクル寿命を実用レベルまで向上することに成功し、電気自動車や大型蓄電池開発を目指した企業との共同研究を実施中。また、独自に開発した

ナノカーボン高分子アクチュエーターにおいて、従来の約百倍の繰り返し耐久性と数十倍の変位保持性を実現し、実用化の目途を得た。さらに、ダイヤモンド半導体を用いたダイオード整流素子を試作し、高温（250℃）で高速・低損失動作を実現した。地域企業の持つポリマー素材をベースに、産総研がリチウムイオン電池用の耐熱性バインダーを開発し、当該企業による商品化に繋げた。平成25年度は企業や大学と共同で核酸医薬の研究開発を進めた（経産省地域イノベーション創出実証研究補助事業）。分子複合医薬研究会は25年度は4回（第14回～第17回）実施（延べ300名）し、核酸医薬品開発に関わる企業、大学、公的研究機関との情報共有と連携促進に貢献した。サポインに1件採択（「世界市場を開拓する Sake・大吟醸生産システムの革新」）。独自の先端的な研究開発を進め、テスト設計のための FOT（Feature Oriented Testing）技法の開発に成功し、共同研究1件、企業との共同提案1件、技術移転（情報開示）1件に結びついた。組込み適塾のプログラムにセキュリティ、機能安全などの講義を追加し、内容を拡充した。

- 6) 中国センター：セルロースナノファイバー（CNF）等を利用する高性能複合材料製造に関して、25年度に完成した200t 製造ラインを使用して高規格木粉を製造し、共同研究相手先が10t/月で出荷を開始した。また、工業生産が可能な湿潤セルロースナノファイバー（CNF）を直接複合化する方法により、ヒノキを原料とした CNF1%添加ポリプロピレン（PP）複合材で、引張強度1.3倍、弾性率1.4倍、伸び600%を達成した。これにより、CNF 少量添加でも高強度で弾力性のあるプラスチックを作成することができ、実用化に近づけることができた。
- 7) 四国センター：高感度・迅速・簡便な測定が可能な細胞チップ技術について、マラリア検出システムを確立した。製品化に向け企業との共同研究を継続するとともに、マラリア感染の早期診断について実証試験を実施し、アフリカで96件の結果を得た。循環がん細胞検出については、血中試料を迅速に検出できる、簡便・超安価なマイクロ流路チップを開発した。製品化に向け企業との共同研究を推進中。地元企業との連携では、産総研の遺伝子組換え酵母技術を活用した共同研究により、「廃棄うどん」を原料としたバイオエタノール生産技術を開発し事業化につなげた。
- 8) 九州センター：窒化アルミニウムへの第3元素添加による圧電特性の改善に成功し、携帯端末機器用の次世代電子部品材料として技術移転を行った。また、各種市販太陽電池モジュールの発電量評価を可能とする屋外曝露サイトでのデータ解析を通じて、太陽電池の種類や天候が発電量に及ぼす影響を明確化し、地域の気象条件に適応した太陽電池を選択するためのデータベースを構築した。さらに、半導体量産現場で利用で

きる微小欠陥検出技術を開発し、地域の半導体生産ラインへ導入した。

【第3期中期計画】

- ・各地域センターは、各地域の特徴を活かした分野において、大学、公設試験研究機関等と連携して、企業の研究人材を積極的に受け入れ、最先端設備の供用やノウハウを活かした共同研究等を実施し、国際水準の研究開発成果を地域産業へ橋渡しすることにより、地域の活性化に貢献する。

【平成25年度計画】

- ・各地域の産学官連携センターは、経済産業局や地方自治体、商工会議所等との協力のもと、地域中小企業等への総合的な支援体制として公設試験研究機関、大学、産業支援機関等と形成した産学官連携ネットワークの維持と展開を図るとともに、そのネットワークでの活動を積極的に推進する。

【平成25年度実績】

- ・産学官連携ネットワークについて、これまで構築したネットワークをさらに拡充した。各地域センターにおける主な成果は次のとおり。
- 1) 北海道センター：北海道の科学技術政策を推進している中核機関（北海道経済産業局、北海道、北海道大学、北海道立総合研究機構、北海道経済連合会、北海道科学技術総合振興センター、(株)アミノアップ化学）をメンバーとする北海道センター運営懇話会を新設し、地域との連携ネットワークを強化した。また、道内にある主要な22研究機関から成る R&B パーク札幌大通サテライト（HiNT）の活動を事務局として牽引し、道内の産学官連携活動の推進役を果たした。
 - 2) 東北センター：3つのコンソーシアム「グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム（GIC）」、「クレイチーム（Clayteam）」および「東北分析・計測科学技術コンソーシアム（TCAST）」を運営し、延べ10回の講演会、国際シンポジウム、見学会、研究開発相談会等を実施した。東北イノベーションネットワーク協議会の運営に協力し、東北サテライトホームページを介した技術情報、機器データベースの公開を継続した。公設試験研究機関の協力を得て、有力企業100社あまりとの連携をシステム化する「東北コラボ100」を引き続き実施し、共同研究5件、その内外部資金獲得3件に繋げるなど東北地域産業の復興・振興に貢献した。
 - 3) 臨海副都心センター及び関東産学官連携推進室：平成23年度から、東京都および神奈川県がライフイノベーションの推進及び文化産業育成を目標とし策定した東京区部・神奈川県臨海部広域基本計画との連携を開始した。平成25年度は文化産業育成に関して、ユーザの声を反映したデザインと機能性を持った物作りのた

めの研究会（平成25年3月立ち上げ）を運営し、外出用グッズ2点のデザインと試作を行った。また、「足入れの良い革靴」の研究開発を皮革産業関連中小企業と連携して継続実施した。更に、秋田県が実施するEVバス事業に対し、臨海副都心センターを核とし、全産総研体制で協力を促進した。平成25年度は運行データを取得し解析を行った。

- 4) 中部センター：名大や名工大との包括協定に基づき、新たにFS共同研究を5テーマ実施するとともに、名古屋大学・グリーンモビリティ連携研究センターに3名の客員教授を派遣し次世代産業の育成を推進した。また、産総研コンソーシアム「名古屋工業技術協会」により研究会・講演会を4回、見学会を1回開催し、産学官ネットワークの活動を積極的に推進した。さらに、産総研シーズの北陸地域での展開を目指して、北陸産業活性化センターとの共催で技術普及講演会を金沢で開催し、ネットワークの展開を図った。また、新たに二つの産総研コンソーシアム（センサに関する材料、デバイスなどの情報収集を図る「センシング技術コンソーシアム」及び省エネ建材への新材料の適用を図る「建築物低炭素化材料評価システム技術コンソーシアム」）を設立し、関連業界のニーズの吸い上げと産総研が持つシーズとのマッチングを図る体制を強化した。さらに、名大、名工大との包括連携協定により育成してきた研究シーズを地域主要企業で構成される産総研コンソーシアム「名古屋工業技術協会」の支援事業とするスキームを創設し、今年度は2テーマが支援課題に選定された。
- 5) 関西センター：AIST 関西懇話会を2回開催し企業との連携を促進した。大阪大学、京都大学との包括連携協定を延長することで大学連携を促進した。公設試に配置している研究支援アドバイザーを通じた地域の中小企業支援の一環として、蓄電池に関する講習会等を実施した。池田泉州銀行の技術フェアへ大規模な出展を行い地域企業との連携を促進した。フラウンホーファー研究機構と高分子アクチュエーターの連携研究を推進し、関西センターでの連携拠点構築への道筋を立てた。
- 6) 中国センター：産総研と中国地域に拠点をもち企業とのネットワークを強化するために立ち上げた「産総研中国センター友の会（産友会）」の会員企業（143社/H26.3.31現在）の技術相談等を通じて発掘した技術課題を産総研の技術シーズとマッチングさせて共同研究へとつないだ。特に、平成25年度に採択となった戦略予算事業「中小企業支援のためのランダムピックアップロボットシステム開発」による、広島県立総合技術研究所及びひろしま生産技術の会員企業との共同プロジェクトを中核に、「広島県産業用ロボット活用高度化研究会」の設立へと繋がるネットワーク拡充にも貢献した。

- 7) 四国センター：食品分析フォーラム（全国20公設試参加：25年度は3機関が追加）において、食品中の機能成分分析法の標準化のために4件共同分析を実施し3件につき標準を作成した。6大学との研究プラットフォームでは、「四国・住みたいまちに生きる」WGを開催し、研究者と四国の将来像を想定した検討を行ったほか、『食と健康』に係る研究シーズ情報の提供を継続して実施した。伊予銀行との相互協力協定に基づき「ものづくり相談会」（5社）を実施した。四国地域イノベーション創出協議会等と連携し四国の企業を支援、サポイン事業等3件の採択につなげた。
- 8) 九州センター：連携・協力に関する協定を締結している佐賀県と太陽電池モジュール長期信頼性に関する研究を共同で実施し、新たな試験法の提案に繋がる基盤データを得るとともに、国内外の市販太陽電池モジュールの信頼性に関する差異を明確化した。また、同協定に基づき企業向けセミナーの共同開催、県担当者との合同企業訪問等の連携事業を実施した。「九州イノベーション創出戦略会議」（（一財）九州産業技術センター、中小企業基盤整備機構九州本部と共同で構築した九州の大学・高専、公設試、産業支援機関、経済団体等65機関からなる組織）の統括コーディネータとして九州センターのイノベーションコーディネータを配置し、企業支援や関連する施策の立案・実施等における連携を強化した。

【平成25年度計画】

- ・地域センターの有する技術分野については地域企業や公設試験研究機関の人材を積極的に受け入れ、最先端設備や最先端設備に関するノウハウを活用した共同研究等を実施し、実用化を目指した研究開発や実践的な人材育成等に貢献する。

【平成25年度実績】

- ・各地域センターでは共同研究等により、平成25年度に1623名の外部人材を受け入れ、人材育成等に貢献した。主な成果については次のとおり。
- 1) 北海道センター：大学、専門学校、高専、企業から72名の技術研修生を受け入れ、組換え植物や微生物による物資生産技術、メタンハイドレート開発研究等についての技術研修を実施して人材育成を行った。また、共同研究により企業等からのべ57名を受け入れ、技術移転に必要な人材育成を進めた。
- 2) 東北センター：東北大学、東北学院大学、日本大学などから、延べ15名の技術研修生を受け入れ、超臨界流体技術、マイクロ波応用技術など、東北センターのコア技術に関する技術人材育成に貢献した。また、民間企業との共同研究に基づき延べ74名の人材を受け入れた。産総研の成果をベースとした科学技術リテラシーの向上を目的に「仙台まちなかサイエンス」を3回開催し、延べ30名の参加があった。関西センター主催

- の組み込み適塾について TV 会議システムを介して東北地域企業への講義を行い、延べ78名の参加があった。
- 3) 臨海副都心センター：生命情報工学研究センターでは、生命情報科学人材養成講座を継続実施した。平成25年度は昨年度から実施している革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ人材養成プログラムを実施し、企業、大学教官・学生等、約280名の受講者を育成した。また、臨海副都心センター全体として、約120名の技術研修生を受け入れ、人材育成に貢献した。
- 4) 中部センター：評価設備、加工設備の共通化を進め、材料プロセス・評価のプラットフォーム化に向けた活動を開始した。また、産技連東海北陸地域部会傘下で、新たに二つの研究会（炭素繊維複合材料機械加工技術研究会とシンクロトン光利用研究会）を組織し、CFRP 共通試験片を用いたラウンドロビン試験やメッキ膜の分析を実施し、公設試相互の連携促進とポテンシャルの向上に寄与した。前者の研究会でのラウンドロビン試験によって7公設試の技術力を高め、後者の研究会では計測実習などを4回実施した。名古屋大学、名古屋工業大学等の大学から11名の学生を受け入れるとともに、企業から共同研究等で160名を受け入れ、人材育成に貢献した。なお、上記の研究会には、のべ119名の参加があった。
- 5) 関西センター：大学、企業から130名の技術研修生を受け入れた。関西経済連合会や阪大と連携して高度な組込みシステム技術者を養成する「組込み適塾」を実施し、産総研の TV 会議システムにより講義を配信した東北地域も含め、企業からのべ108名の参加があった。科学教室、サイエンスキャンプ活動、啓蒙講演を実施し、2800名以上の生徒の指導を行った。
- 6) 中国センター：森と人が共生する SMART 工場モデル実証事業を通じて、真庭市との包括協定に基づく「バイオマス人材育成事業」を展開した。また、地域産技連事業として、四国部会と連携し「公設試の研究者を対象とした研修」を開催した。更に、バイオマス人材育成については、東アジア等からの海外研修生（2名）を受け入れ、国内大学からの技術研修生（近畿大学、愛媛大学から各1名の計2名）を受け入れた。
- 7) 四国センター：香川大学等からの技術研究生15名の受入れ、企業との共同研究による受け入れ22名など、技術人材育成に貢献した。また、公設試との連携強化のため、香川県、愛媛県および高知県の産学官又は企画相当の職員各1名を研究支援アドバイザー（外来研究員）に招聘した。一般公開ではスーパーサイエンスハイスクール指定校の高松第一高校および観音寺第一高校（生徒約40人）による研究成果ポスター発表および科学体験コーナーの特別展覧を実施し、研究者からの助言など意見交換を行った。
- 8) 九州センター：産学官の78機関で構成される第Ⅱ期

高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムの取り組みにより、モジュールの劣化要因が従来考えられていた水分ではなく酢酸であることを明確化し、モジュール材料設計の指針を得た。ミニマル3DIC ファブ開発研究会をはじめとする計測・診断システム研究協議会（産総研コンソ）の取り組み等により、企業及び公設試等と実施するサポイン（3件）、NEDO 受託事業（1件：再委託）、JST A-STEP（3件）等を実施した。上記コンソーシアムにおける共同研究等による企業からの人材受け入れ48名を含め、企業等から53名、公設試等から12名を受け入れた。

(2) 中小企業への技術支援・人材育成の強化

【第3期中期計画】

- ・各地域センターは、公設試験研究機関等と連携し、中小企業との共同研究等に加えて、最先端設備の供用やノウハウ等を活かした実証試験・性能評価等による中小企業の製品への信頼性の付与等の技術支援、技術開発情報の提供等を行い、中小企業の技術シーズの実用化を推進する。

【平成25年度計画】

- ・地域産業活性化支援事業を積極的に実施する。さらに、本事業による成果を活用して、公設試験研究機関や中小企業と連携して、外部研究資金等を活用した本格的な研究開発に結び付けるための活動等を行うことで、中小企業の技術シーズの実用化を推進する。

【平成25年度実績】

- ・地域産業活性化支援事業により、10公設試から12名の研究者を産総研に受け入れ、地元企業等の技術的課題の解決を積極的に支援するとともに、保有する先端技術を用いて技術移転と中小企業による技術シーズの実用化を支援した。

【平成25年度計画】

- ・技術開発情報については、行政や産業界と連携した技術セミナー等を開催により、地域企業等に提供する。

【平成25年度実績】

- ・外部に開かれた議論の場として本格研究ワークショップを引き続き実施し、地域における行政や産業界に対して技術開発情報等を発信した。本ワークショップにおいて企業の基調講演を含む技術セミナー、企業や自治体が出展したパネル展示、さらに展示会場に窓口を併設して技術相談を行い、地域企業等の活性化のための取組を促進した。また、地域企業との産学官連携の取組を発表する場として、産総研オープンラボ2013（平成25年10月31日～11月1日つくばセンター）にて地域センター講演会を開催し、144名の参加者があった。さらに、各地域センターにおいても技術セミナー等を開催し、産業界との交流の場を実現した。主な成

果は次のとおり。

- 1) 北海道センター：地域に関心の高い課題について専門家が解説する北海道センター講演会を4回開催し、延べ139名の参加を得た（平成25年7月25日、11月26日、12月17日、平成26年3月12日）。また、第6回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラムを道内4高専と共催し（平成26年3月3日）、北海道センター・イノベーション・コーディネーターなどが技術的なアドバイスや相談できる研究者の紹介を行った。
- 2) 東北センター：東北サテライトを拠点に「産総研・新技術セミナー」をほぼ毎月開催し延べ214名の参加があった。また、その結果、外部研究資金への共同提案を検討する企業が出てきており、そのうちの1件がJST A-STEP ハイリスク挑戦タイプの採択に結実した。研究ユニットの成果報告会（10月11日）およびオープンラボ形式の研修セミナー（12月10日）を開催し、外部からそれぞれ約50名および約20名の参加があった。産技連 東北航空宇宙産業研究会、プラスチック加工技術研究会、東北再生可能エネルギー研究会の活動を通して、各分野の技術情報をセミナー、見学会等で提供し、247名の参加があった。
- 3) 臨海副都心センター：平成24年度末から開始した利用者の目線に基づくデザインとものづくりの試行事業では、11回の研究会を開催し、のべ約150名が参加して、事業を推進した。秋田県のEVバス事業では、バスをプラットフォームとした事業化検討のために、運行データの取得とデータベース化に寄与した。地域との連携ネットワーク構築のために、ELEMOMO セミナー（メトロポリタンホテル平成24年6月26日、招待講演1件、60名）で講演を行うとともに、EVバスコンソ全体会議（平成24年6月26日、12月18日、各30名）に出席し、議論を行った。臨海地域産学官連携フォーラムの開催のため、臨海地域の企業・大学・研究機関・自治体との調整を進め、初の会合を開催した（産総研、平成26年2月、のべ70名）。都産技研との包括連携協定に基づき、平成25年度都産技研研究成果発表会（平成25年6月20日－21日、招待講演1件、440名）および INNOVESTA!（都産技研、平成25年9月20日－21日、招待講演1件、展示・実演2件、899名）を実施した。国際研究交流大学村の協定に基づき、事務局会合を毎月開催して情報交換を行うとともに、平成25年度連絡協議会（産総研、平成26年3月）を実施した。また、住民との交流イベント事業として、2013年国際交流フェスティバル（平成25年8月24日、展示1件、2527名）で展示を行った。
- 4) 中部センター：「医療・住宅関連技術」「材料・プロセス基盤技術」「次世代自動車・航空関連技術」に関する最新の研究成果発表を目的とした研究発表会に350名、センター主催のオープンラボに153名の参加があった（ともに平成25年6月25-26日）。また、名古屋駅前イノベーションハブにおいて隔月で技術シーズ発表会を「リサイクル関連技術」、「ロボット関連技術」、「金属材料関連技術」をテーマに開催した。加えて、CFRP 関連分野に中小企業の新規参入を支援するため開始した8公設試とのCFRP 評価に関する研究会における調査課題を、強度評価に加えて加工性評価にまで拡大した。
- 5) 関西センター：産総研の研究支援アドバイザー制度を利用して、公設研に集まる中小企業ニーズの把握、公設研支援を通じた中小企業の間接的支援を図り、地域中小企業支援への公設研との連携強化を推進した。平成25年度は、滋賀県からの依頼により滋賀県技術研修「二次電池評価技術基礎講座」へ講師を派遣した。また、ビジネス・エンカレッジ・フェア2013等の展示会に出展し、地域企業との接点を増やす機会を設けた。平成25年度に開催した4回（第14回～第17回）の分子複合医薬研究会にのべ300名の参加があり、核酸医薬品開発に関わる企業、大学、公的研究機関との情報共有と連携促進に貢献した。日刊工業新聞社と「炭素繊維シンポジウム」を開催し（平成25年11月15日）、240名の参加を得た。第9回 UBUQEN フォーラム「蓄電池・燃料電池関連技術の国際標準化」を開催し（平成25年12月11日）、93名の参加を得た。
- 6) 中国センター：地域企業のニーズに対応すべく、公設試と連携し産総研の研究シーズと企業のニーズとのマッチングの場として「産総研技術セミナー」を開催した（平成25年度4回／参加者；鳥取（米子市）36名、島根（松江市）74名、岡山（岡山市）44名、広島（広島市159名）。また、オール産総研の研究シーズと中国地域の研究開発型企業とのマッチングを目指す「産総研中国センター技術交流サロン」を開催した（平成25年度5回／第1回75名、第2回46名、第3回36名、第4回98名、第5回110名）。平成23年度から、産総研オープンラボへのツアー企画として、中国地域の企業、大学、公設試等へ「地域ニーズに応じたテーマ」を設定しツアー企画を開催している。平成25年度は、企業大学関係者を中心に、6コース103名を案内し、産総研研究者との連携につなげた。産総研全体のポテンシャルを把握してもらった絶好の機会として好評を博している。更に、「中国地域のものづくり技術のオープンイノベーション」をテーマに、地域経済を支える製造業の持続的発展を実現する基盤技術であるものづくり技術（特に、エネルギー、IT 技術）に光をあて、中国地域の企業の課題解決に対して、産総研がいかに関与しオープンイノベーションとして貢献できるかを企業、大学、支援機関、自治体、金融機関等と共有することを目的として「産総研本格研究ワークショップ in やまぐち」を12月3日に山口市で開催し、181名の参加を得た。
- 7) 四国センター：公設試と連携し、地域企業のニーズ

に応じたマッチングイベントとして「新技術セミナー（全産総研の新技術の紹介）」を6回開催し、延べ202名の参加を得た。また、四国工業研究会内の次世代バイオナノ研究会において、『幹細胞研究と再生医療』など2回のシンポジウムを開催し、166名の参加を得た。一般公開ではスーパーサイエンスハイスクール指定校の高松第一高校および観音寺第一高校（生徒約40人）による研究成果ポスター発表および科学体験コーナーの特別出展を実施し、研究者からの助言など意見交換を行った。

- 8) 九州センター：九経局、九州・沖縄各県公設試他共催計17機関、後援5機関で開催した九州・沖縄産業技術オープンデー（平成25年11月27日）では375名の参加があり、産業界との交流の場を実現した。産総研コンソ「計測・診断システム研究協議会」では傘下の5研究会の講演会合計15回のほか、総会講演会、出前シンポジウムを開催し、企業等からのべ569名が参加した。

【第3期中期計画】

- ・産総研と公設試験研究機関等で構成する産業技術連携推進会議等を活用して、地域企業ニーズに基づく中小企業、公設試験研究機関及び産総研の新たな共同研究の形成や、研究成果移転や機器の相互利用促進のための研究会の設置等により中小企業技術支援体制の充実を図る。

【平成25年度計画】

- ・産業技術連携推進会議地域部会において、地域経済の現状を踏まえたプロジェクトの共同提案等の取組みを引き続き強化し、地域経済の活性化と再生に向け一層寄与することを目指す。

【平成25年度実績】

- ・プロジェクトの共同提案へ向けた取組として、産業技術連携推進会議において「研究連携支援事業」を6課題（4地域部会、1技術部会）実施し、地域経済の活性化に貢献した。

【平成25年度計画】

- ・産業技術連携推進会議技術部会において公設試験研究機関の技術レベルの向上を図るため研究会や研修会活動を積極的に実施すると共に、地域部会の活動を支援し、地域中小企業の活性化やイノベーションの創出に寄与する。

【平成25年度実績】

- ・公設試験研究機関の技術レベルの向上に向けた研究会・講演会等（技術部会において89回開催（年度末までの予定を含む））を引き続き実施した。また、「技術向上支援事業」を3課題（3技術部会、2地域部会が関与）採択し、持ち回り計測や依頼試験等の計測値に

関する公設試間の連携（知的基盤、製造プロセス、ナノテクノロジー・材料部会等）を推進する事で、イノベーションの創出に貢献した。

【第3期中期計画】

- ・共同研究や技術研修等の活動を通じて、地域の産業界の研究人材を受け入れ、基盤的な研究活動等を共同で実施し、産業化への橋渡しし研究に活躍できる人材育成を行う。

【平成25年度計画】

- ・各種プロジェクトの立ち上げ支援や技術相談、セミナー開催などを通じて地域の産業界の人材育成を行う。

【平成25年度実績】

- ・各地域センターにおいて経済産業局、公設試験研究機関、商工会議所等とも連携して、技術シーズ発表会や講演会、地域の技術センターにおける出前シンポジウム等を開催し、人材育成を行った。また、包括協定を締結している国立高専機構と連携した地域企業の支援を実施した。さらに、中小企業との共同研究等で地域センター総計187名の研究人材を受け入れ、人材育成を行った。

【第3期中期計画】

- ・産総研が地域におけるハブとなり、地域を巻き込んだ産学官連携の中核となって研究開発を推進することにより、第3期中期目標期間中に3,000件以上の中小企業との共同研究等を実施するとともに、10,000件以上の技術相談を実施する。

【平成25年度計画】

- ・つくばセンターと各地域センターを合わせた中小企業との共同研究件数、技術相談件数について第2期期間中の年平均（それぞれ560件、1800件）を上回ることを目指す。また、中小企業との共同研究については、中小企業の技術シーズの実用化を推進するため、外部研究資金等を活用した本格的な研究開発に結び付けるためのFS的な共同研究を行う中小企業共同研究スタートアップ事業を引き続き実施する。

【平成25年度実績】

- ・中小企業との共同研究を609件、技術相談を2078件実施した。中小企業との本格的な共同研究を推進するために、産総研とともに公的研究資金等に提案を支援する「中小企業共同研究スタートアップ事業（22課題）」等を実施した。この活動の成果も含め、主要な中小企業向け研究資金である戦略的基盤技術高度化支援事業に15件が採択された。

【平成25年度計画】

- ・被災地復興について、被災地対象の研究開発事業（復

興促進プログラム等)への共同提案を支援する。また、福島再生可能エネルギー研究開発拠点の機能強化の一環として、被災三県(岩手県、宮城県、福島県)に所在する企業が開発した技術シーズに対する性能評価・品質評価等の事業を新たに開始する。

【平成25年度実績】

- ・ JST の A-STEP ハイリスク挑戦タイプ(復興促進型)に、産総研が参画した案件が15件提案され、うち10件が採択された。また「被災地企業の技術シーズ評価プログラム」の事業設計、公募、審査委員会事務局を担当し、一次公募で8件、二次公募で3件を採択した。

【平成25年度計画】

- ・ 平成24年度に開始した「中小企業グローバルトップ性能製品の評価手法の開発」事業の3課題を継続するとともに、新たな課題をスタートさせ、中小企業のグローバル展開を支援する活動の継続を図る。

【平成25年度実績】

- ・ 「中小企業グローバルトップ性能製品の評価手法の開発」事業について、新規公募と継続審査を行い、新規3件と継続3件の課題を採択した。また、継続案件については進捗状況報告会を開催した。報告会で現況を分析し、本事業を活用した産総研シーズ事業化のさらなる促進を図った。

3. 産業・社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

【第3期中期計画】

- ・ 我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支え、また新素材、新製品の安全性や信頼性を評価する基盤として必要な計量標準62種類を新たに開発し、供給を開始する。また、第1期、第2期を通じて開発した計量標準約530種類を維持、供給するとともに、産業現場のニーズに応える高度化、合理化を進め、トレーサビリティの普及を促進する。

【平成25年度計画】

- ・ 中期計画で整備予定のグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション等の推進に資する62種類の新規標準のうち、17種類を新たに整備する。第2期までに開発した約530種類の既存の計量標準においても、20種類の標準に関して供給範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を行う。

【平成25年度実績】

- ・ 中期計画にあるグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション等の推進に資する新規標準として、24種類を整備した。既存の計量標準においても、18種類について供給範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を行った。

【第3期中期計画】

- ・ 国土と周辺域において地質の調査を実施し、国土の基本情報として社会の要請に応えた地球科学基本図の作成及び関連情報の整備を行う。具体的には資源エネルギーの安定確保、防災等に資するため、従来に比して電子化などにより利便性を高めた各種地質図や活断層及び活火山などのデータベース等を整備、供給する。また、第3期中期目標期間中に5万分の1地質図幅を計20図幅作成する。

【平成25年度計画】

- ・ 第3期中期計画における地質の調査として、防災の基礎となる地質情報の充実、資源・エネルギーの安定確保に向けた地質情報の整備、利便性の向上および利活用の促進を目標とした地質情報整備に注力し、国の知的基盤整備計画に貢献する。具体的には、地質図幅等の地球科学基本図や活断層・津波履歴、資源ポテンシャル、衛星画像情報などの基盤情報の整備・高精度化を推進する。特にボーリング資料の一元的データベース化を開始する。またデータの国際標準化を進め、地質統合ポータルとしてのコンテンツ充実を進める。

【平成25年度実績】

- ・ 防災および資源・エネルギーに関する地質情報として5万分の1地質図幅3区画、火山地質図2面、海洋の地質図2図等を整備した。東海～四国地域での新たな津波堆積物を確認するほか、下北半島で17世紀の巨大津波の痕跡を発見した。モンゴル、南アで現地調査を行い、重希土類鉱床の分布・鉱量を確認した。また、関東平野中央部に対するボーリング資料と併に物理探査・地下水等の情報を整理した。利便性の良い地質情報の発信として地質図 Navi を正式公開すると併に、各種地質 DB をクラウドサーバに統合・整理し、配信・公表した。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

【第3期中期計画】

- ・ 新たに生み出された製品やサービスに対して、その性能や安全性を客観的に評価する計測、評価及び分析技術を開発し、試験方法、試験装置及び規格等の作成を通じて普及させる。その際、企業及び業界団体や、基準認証関係機関とコンソーシアムを形成し、開発、作成、普及を加速する。また、国際標準化活動をコンソーシアム活動に反映するために、それぞれのプロジェクトを横断的に管理する組織を平成22年度中に産総研に設置して、基準認証関係機関との連携を促進し、効果的な標準化活動を推進する。

【平成25年度計画】

- ・ 標準化戦略会議を運営し、活動方針について産総研全体の意識共有を図るとともに、標準化に関するシンポ

ジウムを開催し、所内外の関係者に向けて情報発信に努める。

- ・国際標準化の推進を通じて、新規技術の性能や安全性を客観的に評価する技術の開発、市場拡大・産業競争力強化に資する組織・体制作りを支援する。

【平成25年度実績】

- ・産総研の国際標準推進の大枠の方向性について議論する標準化戦略会議（委員11名、うち外部有識者6名）の第7回会議を7月に開催し、これまでの議論内容を総括した。標準化戦略会議は今回をもって終了とした。第3回国際標準化推進戦略シンポジウムを7月に開催、産総研における標準化・認証支援の取り組みを対外的に情報発信した。製造業を中心として、民間企業・業界団体を中心に368名（産総研37、外部331）の参加者があり、活発な議論が行われた。また情報発信の一環として平成24年度に開催した第2回国際標準化推進戦略シンポジウムの議論を書籍「未来をひらく国際標準2」としてまとめ、一般の書店で販売を開始した。
- ・標準化戦略会議の議論を踏まえ、標準化課題の調査を行い標準基盤研究等に反映することで、所内研究者等の標準化・適合性評価活動への貢献を積極的に支援した。

【第3期中期計画】

- ・我が国の認証体制を強化するために、新たな技術に対する試験法及び評価方法の標準化を推進し、人材育成などにより技術の民間移転を推進する。

【平成25年度計画】

- ・認証のための技術開発とその技術移転を促進するため、依頼試験を行うとともに技能試験等への支援を行う。

【平成25年度実績】

- ・認証のための技術開発と技術移転を促進するため、9件の依頼試験及びLED電球の測光・測色能力に関する技能試験等1件を管理・実施するとともに、適合性評価に関わる所内活動の調査を行い3件について予算的支援を行った。

【第3期中期計画】

- ・性能・安全性評価のために必要な知的基盤として、信頼性が明示された材料特性等のデータベースの整備、供給を推進する。

【平成25年度計画】

- ・物質・材料の性能・安全性評価のために必要な知的基盤として、信頼性の高い有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）、分散型熱物性DBのデータ更新とデータバンクの公開を進める。
- ・中期計画の目的に応じたデータベースを連携させ、利用者の要求に応じた部分を抽出するデータ提供サービ

スとして、産総研データバンク構想を推進する。

【平成25年度実績】

- ・信頼性の明示された有機化合物のスペクトルデータベース（約5,100万アクセス）、分散型熱物性DB（約94万アクセス）について公開を行い、データバンクとして統合を進めた。
- ・産総研で公開している複数のデータベース間を連携させ、地理空間・地図系、物質・材料系、人体系、情報系にまとめることで、利用者の要求に応じた産総研データバンク構想を推進し、その一部をクラウド化したデータバンクとして公開した。

- (3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開

【第3期中期計画】

- ・我が国の産業競争力の向上のため、標準化が求められる技術については、その研究開発の開始に際して、あらかじめ標準化することを前提として計画的に実施するなど、国際及び国内標準化を重視した取組を行う。

【平成25年度計画】

- ・標準化戦略会議で議論される国際標準活動の大枠の方針に関する議論に基づき、産業界や社会的ニーズ、行政からの要請に対応する「標準基盤研究」を推進する。

【平成25年度実績】

- ・標準化戦略会議を開催し、ITセキュリティ等の調査研究（標準化FS課題）を実施し、戦略的な取組を支援した。戦略会議での議論に基づき、標準基盤研究24件を実施し、産業界や社会的ニーズ、行政からの要請に対応した国際標準、国内標準の作成に貢献した。

【平成25年度計画】

- ・ナノテクノロジー分野の国際標準化活動を主導するため、ISO/TC229ナノテクノロジー国内審議団体として国内審議委員会の運営、ISO/TC229総会へ代表団派遣等を実施する。さらに、最適な運営体制のあり方を検討する。

【平成25年度実績】

- ・ISO/TC229ナノテクノロジー審議団体として、3回の本委員会と用語・命名法、計量・計測、環境・安全、材料規格の分科会を計4回開催するとともに、11月ブラジルでのTC229会合及び総会に日本代表団を派遣し、日本から提案しているナノ粒子の計測方法等の議論を行った。国内審議委員会事務局として産業界、関係省庁等との調整も含め、円滑に委員会を運営した。運営体制のあり方について、業界団体等と検討を行った。

【平成25年度計画】

- ・標準物質の国際標準化活動を主導するため、

ISO/REMCO 国内審議団体として国内審議委員会の運営、ISO/RENCO 総会へ代表団派遣等を実施する。

【平成25年度実績】

- ・ISO/REMCO（標準物質委員会）の国内審議団体として、2回の委員会を開催するとともに、6月オーストラリアで開催された REMCO 総会に日本代表団を派遣し議論を行った。国内審議委員会事務局として産業界、関係省庁等との調整も含め、円滑に委員会を運営した。

【平成25年度計画】

- ・産総研公式ホームページにおいて、研究成果に基づいて制定された規格情報や国際標準化推進戦略シンポジウムの情報等を発信する。

【平成25年度実績】

- ・産総研公式ホームページ内の国際標準推進部ページにおいて、研究成果に基づいて制定された規格情報や国際標準化推進戦略シンポジウムの情報等を発信した。また、「サイエンス・スクエアつくば」標準化コーナーを活用し、産総研の活動として一体的にアピールした。

【平成25年度計画】

- ・所内研究者及び産業界の標準関係者に国際標準化活動に理解を求め、協力体制の構築が円滑に行えるよう国際標準化セミナー等を行う。

【平成25年度実績】

- ・所内研修の一環として、国際標準化セミナーを実施した。また、経済産業省の次世代標準化人材養成プログラム（ヤングプロフェッショナルジャパン）にも協力し、実地研修を2回行った。

【平成25年度計画】

- ・標準化活動に携わった者が所内外で適切に評価されるよう、所内の評価者への啓発活動や社会に向けた産総研の標準化活動実績のPR等を行う。

【平成25年度実績】

- ・標準化研究課題の進捗を平成25年度版工業標準化研究開発進捗総覧として、また所内標準化関係者の活動を平成25年度版国際標準関連機関役職者一覧として発行し、国際標準化活動実績を所内外へアピールすることで、標準化活動に携わった者のインセンティブを高める活動を行った。また、工業標準化事業の推進のため国際標準や日本工業規格の作成、啓蒙・普及等に寄与した活動に努めた結果、工業標準化事業表彰で経済産業大臣賞を1名、産業技術環境局長賞を2名が受賞した。

【第3期中期計画】

- ・国際標準化を検討する国際会議への派遣等を前提とした、国際標準化活動における第3期中期目標期間終了時までのエキスパート登録数は、100名以上を目標とする。

する。

【平成25年度計画】

- ・国際会議における議長、幹事、コンビーナ及びエキスパート（プロジェクトリーダーを含む）を積極的に引き受ける。また、産総研職員が国際標準化のリーダーシップを発揮する環境を強化するべく、国際会議参加への支援を実施する。

【平成25年度実績】

- ・国際会議において総勢49名が議長、幹事、コンビーナ等の国際役職者に就任し、のべ199名のエキスパートを登録した。国際標準化の環境を強化するべく、国際会議参加旅費補助などの支援を行い、38人が会議に参加した。

【第3期中期計画】

- ・バイオマス燃料の品質評価等の標準及び適合性評価技術のアジア諸国での円滑な定着等、アジア諸国との研究協力、標準化に向けた共同作業を推進する。

【平成25年度計画】

- ・東アジア・ASEAN 経済研究センター（ERIA）のエネルギープロジェクト事業において、バイオ・ディーゼル燃料の標準化・持続性評価等を加速するため、研究者の交流等を促進し、研究開発の推進を図る。

【平成25年度実績】

- ・東アジア・ASEAN 経済研究センター（ERIA）のエネルギープロジェクトにおいて、バイオディーゼル燃料の標準化・持続性評価の加速、ならびに研究者交流の促進に貢献した。また、新規 ERIA ワーキングプロジェクト（2013-2015）を提案し、再生可能エネルギーに関する3件のワーキングプロジェクトが採択された。

【第3期中期計画】

- ・国際標準化を計画的に推進することにより産総研の成果を基とした国内提案も含めた標準化の第3期中期目標期間中の素案作成数は、100件以上、うちアジア諸国との共同で15件以上を目標とする。

【平成25年度計画】

- ・日本工業標準調査会（JISC）、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）及び国際フォーラムなどにおいて、産総研の研究成果を活用した標準化に取組み、国内及び国際標準策定を支援する。

【平成25年度実績】

- ・標準基盤研究を推進することなどにより産総研の成果を基にした JIS、ISO 等の規格案をとりまとめ、国内外の標準化機関へ36件（国際標準26、国内標準10）の提案等を行い、積極的な規格化を図った。

【平成25年度計画】

- ・規格素案作成のため、経済産業省「国際標準共同研究開発事業」など標準化推進事業の受託拡大を図る。また、日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業に基づく国際標準化を実施する。

【平成25年度実績】

- ・関連する業界団体等と連携し新規に標準化関連委託事業を3件受託し、継続を含め計11件実施した。また日米政府エネルギー・環境協力合意に基づく米国立標準技術研究所（NIST）との標準化協力受託事業について1月にPJミーティングを開催した。

【平成25年度計画】

- ・我が国の標準化活動を促進するため、アジア諸国との関係構築のための諸協力を実施する。

【平成25年度実績】

- ・アジア諸国との共同規格提案を目指して、その候補案件のフォローアップを実施した。

【平成25年度計画】

- ・基準認証イノベーション技術研究組合アジア基準認証推進事業を技術的にリードすると共に、組合事業の拡大にあわせて産総研の技術力を活かした国際標準化に向けた技術的サポートを実施する。

【平成25年度実績】

- ・基準認証イノベーション技術研究組合に参画し、産総研施設の提供による研究開発支援及び組合関連委員会への委員登録によりアジア基準認証推進事業への技術的サポートを行った。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

【第3期中期計画】

- ・産総研のインフラをコアにして、産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材や研究施設等を集約した最先端のナノテク拠点を構築し、既存電子デバイスの基本的限界を打破し、微細化や低消費電力化をもたらし高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行う。

【平成25年度計画】

- ・実証評価ラインの施設高度化と信頼性向上に努め、試作品質を維持する。つくば西-7E棟（TIA連携棟）を加えたナノテク拠点で、ナノスケール電子光融合デバイス開発を本格展開する。TIA施設・設備に係る24時間運用の可能性を検討する等、拠点ユーザの要請に柔軟に応じるとともに、共同研究の拡大を図る。

【平成25年度実績】

- ・実証評価ラインへの多目的洗浄装置の新規導入による施設高度化と老朽化装置の更新による信頼性向上を進

め、試作品質を維持した。つくば西-7E棟（TIA連携棟）に電子光融合デバイスの作製装置を移設し、デバイス開発の本格展開を開始した。平成25年5月よりスーパークリーンルームの24時間運用を一部開始し、拠点ユーザの要請に応じて共同研究の拡大に努めた。

【第3期中期計画】

- ・太陽光発電では我が国唯一の一次基準太陽電池セルの校正機関としての知見を生かし、大規模フィールドテストや屋外評価技術等の拠点化を行い、実用化に必要な研究開発を加速する。

【平成25年度計画】

- ・市場で喫緊の課題となっている電圧誘起劣化の機構を明確化し、当該劣化の解決に資する技術を開発する。長期にわたり屋外曝露した太陽電池モジュールと加速試験を施したモジュールにおいて劣化現象を解析し、両者の差異を比較検討することで、長期信頼性を担保可能な加速試験法を開発する。各種加速試験で得られた部材の設計指針をもとに新規部材をモジュールに適用し、長寿命モジュールの実用化に資する基盤技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・電圧誘起劣化の主要因がナトリウムの拡散であること、n型結晶シリコン太陽電池や化合物薄膜太陽電池でも電圧誘起劣化が生じることを確認するとともに、カバーガラス、封止材、反射防止膜の工夫により電圧誘起劣化を抑制した。太陽電池モジュール内に滞留した酢酸量を指標として、高温高湿試験と屋外曝露の相関を調査し、高温高湿試験2000～3000時間が屋外曝露約20年に相当する可能性を見出した。封止材の改良により、端面封止を施さずとも、認証試験の10倍の時間の高温高湿試験後に劣化が生じない薄膜太陽電池を開発した。

【第3期中期計画】

- ・革新的な電池材料や評価技術の開発を行うための拠点を、材料分野において世界的なシェアを有する国内複数企業を結集し、構築する。

【平成25年度計画】

- ・評価基準書最終版作成に向けて、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルの電池の特性相関性の把握による簡易評価法の検討や過充電等の安全性評価法の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・コインセル、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルでの電池特性（充放電特性）データの取得とその解析結果から相関性が把握でき、少量サンプルの評価が可能となることが分かった。また、主として過充電、過熱に関する安全性評価法を検討し、その手順を取り

まとめた。これまでに構築した世界的シェアを有する国内複数企業を中心とした拠点において、取りまとめられた評価手法、手順などを、全参画者と共有し、評価基準書最終版作成に向けた準備を進めた。

【第3期中期計画】

- ・生活支援ロボットでは世界初となるロボットの新しい安全基準を構築し、実証試験を行うための拠点を構築する。

【平成25年度計画】

- ・産総研で開発されたシミュレーターを用いたリスクアセスメント技術をロボットメーカーに提供して手法と技術の普及を促進する。試験方法の国際標準原案の発行に向けて ISO 国際会議における議論を推進する。安全性の試験・認証の事業化に向けた研究を加速する。

【平成25年度実績】

- ・シミュレーターを用いたリスクアセスメントの結果を映像の形式で可視化し、ロボットメーカー等に広く提供した。新しい安全基準として試験方法の国際標準原案を策定し、ISO 国際会議を推進して規格提案を行い、2014年2月に ISO13482として承認された。安全性の実証試験を行う拠点を構築し、試験・認証の事業化のため、公開可能な基準ロボットを作成して利用者に向けたガイドラインを作成した。

【第3期中期計画】

- ・施設や設備の外部利用を促進することで効率的に成果を生み出す制度を構築する。共同研究時の知的財産の保有に関して、技術移転、製品化等を促進するためのルール作り等を行う。

【平成25年度計画】

- ・産総研の研究施設・設備を有効活用することにより、産業界との研究開発を推進するとともに、産総研の研究成果を円滑に事業化するための取り組みを行う。

【平成25年度実績】

- ・産総研の研究成果物等を円滑に事業化するため、産総研の研究施設等を民間企業等に貸与し、「遺伝子組換えイヌインターフェロン α 発現イチゴの生産・調整及びそれを原料とする動物用医薬品の製造（平成23年4月～）」、「単結晶ダイヤモンドの供給（平成24年4月～）」及び「スーパージョイントによる単層 CNT 試験サンプルの配布（平成24年11月～）」の3事業を継続実施した。

【平成25年度計画】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針の周知・徹底を図り、戦略的、効率的な知的財産権の取得、管理、活用を図る。

【平成25年度実績】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針（産総研知的財産ポリシー）について研究ユニットへの周知・徹底を図ると共に、これを具現化するために知財行動指針（方針・類型化した行動基準等）を立案、提示するための準備として研究ユニットとの意見交換を行った（21研究ユニット、延べ33回）。また、同指針の具体施策案の1つである知財検討会を試行実施した（10研究ユニット13案件）。

【第3期中期計画】

- ・省庁間の壁を超えて、我が国の研究開発能力を結集した研究成果の実用化・製品化の取組における中核的な結節点としての機能の発揮について積極的に検討する。その際、国費により研究開発を行っている研究開発独立行政法人などとの連携を図ることにより、国費による研究開発のより効果的な研究開発体制構築や成果の実用化や製品化に向けた取組の強化をも目指す。

【平成25年度計画】

- ・産総研、筑波大学、物質・材料研究機構（NIMS）、高エネルギー加速器研究機構（KEK）と経団連の5者による TIA-nano 拠点運営体制を強化し、組織を越えた研究、教育両面に亘る統合的な研究拠点の構築を目指す。KEK を中心に共用施設 WG を設立し TIA-nano 全体で共用施設の利便性向上を検討する。

【平成25年度実績】

- ・TIA-nano 拠点運営体制を強化のため、平成25年4月につくばイノベーションアリーナ推進本部を設立し、意思決定の迅速化、企画機能の強化、窓口の一元化を図った。
- ・平成25年6月より TIA-nano の中核施設となる TIA 連携棟の運用を開始し、各種セミナーや講演会開催による TIA-nano 拠点活用プロジェクト相互の交流の加速や、企業および政府機関、研究機関等からの現地視察の受入により連携活動の強化に努めた。また、「TIA 連携大学院サマー・オープン・フェスティバル2013」（開催期間：7/15～9/3、参加者：846名）による人材育成に努めた。
- ・研究施設等利用の利便性向上のため、スーパークリーンルーム（SCR）の24時間稼働や、より簡便に SCR 施設を利用できる新しい制度「共用施設利用制度」の運用を開始した。
- ・TIA-nano 中核四機関による共用施設 WG を発足させ活動を開始するとともに、「つくば共用研究施設検索データベース」を整備し、平成25年8月より公開を開始した。
- ・つくば国際戦略総合特区の推進機関と TIA-nano の相互で広報活動を中心に協力体制が具体化し、茨城県、つくば市との連携を深めた。

【第3期中期計画】

- これにより、産総研の「人」又は産総研という「場」を活用する形で実施される外部資金による研究規模が、第3期中期目標期間終了時までに産総研運営費交付金の50%以上となることを目指す。

【平成25年度計画】

- 「人」や「場」等の産総研のリソースを活用した共同研究、受託研究、技術研究組合参画研究及び技術研修等を推進し、外部資金による研究規模の拡大に努める。また、産総研のリソースを利用した研究がより容易に且つ柔軟に行われるよう、共同研究、受託研究並びに技術研修制度等の連携制度を効果的に運用する。

【平成25年度実績】

- 「人」や「場」等の産総研のリソースを活用して23の技術研究組合に参画し、17の技術研究組合の主たる研究拠点を産総研内に設置して集中研究を実施した。
- 大型共同研究の創出のため、産総研をハブとして複数企業等がコンソーシアムを形成して行う資金提供型共同研究を「イノベーションコンソーシアム型共同研究」として制度上位置づけ、その活用促進等をサポートする体制を構築し、新たな立ち上げ（1件）を行った。
- この結果、産総研の「人」や「場」等を活用した外部資金による研究規模は、運営費交付金の55.3%となった。

【平成25年度計画】

- 「資金提供型共同研究獲得支援事業（カタパルト事業）」については、平成24年度の試行結果を踏まえ、本格的に実施し、大型共同研究の創出を図る。

【平成25年度実績】

- 「資金提供型共同研究獲得支援事業（カタパルト事業）」においては、大型共同研究の創出を図ると共に、当該事業による研究成果の発展性に鑑み27のテーマを選定した。

【第3期中期計画】

- 世界トップに立つ研究機関を目指すべく、年間論文総数で5,000報以上を目指すとともに、論文の被引用数における世界ランキングにおける順位の維持向上を図る。

【平成25年度計画】

- 産総研の研究成果を社会へ還元するため、また、国際的な研究機関としての成果発信水準を確保するために、産総研全体の年間論文総数5,000報以上を目指す。

【平成25年度実績】

- 産総研全体の年間論文数は3,987報であった。論文数の低下について統計的手法による原因分析、研究ユニ

ットの聞き取り調査などを行い、論文数増加のためのアクションプランを検討した。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

【第3期中期計画】

- 世界各国の研究情勢の把握と有力研究機関との有機的連携に基づき、効率的かつ効果的に研究開発を実施するとともに、国際的研究競争力強化のための研究者海外派遣、研究者招へいによる人材交流を促進する。

【平成25年度計画】

- 包括研究協力覚書および個別研究協力覚書の締結、更新を行い、連携の構築、維持を図ることにより、海外の研究機関との人材交流や共同研究等を組織的に推進する。

【平成25年度実績】

- 海外研究機関と、包括研究協力覚書の更新契約1件、個別研究協力覚書の新規契約1件、合計2件の覚書を締結した。これらの締結により、締結先機関の研究ポテンシャル、研究ニーズ等についての情報が網羅的に入手可能となり、人材交流や共同研究のマッチング等に組織的に取組むことを可能とした。

【平成25年度計画】

- オープンイノベーションハブ機能を強化し、将来的には産総研を中心とした多国間の連携によるネットワークの構築を目指すため、海外研究機関との人材交流を推進する。そのために、産総研フェロウシップ制度を中核に、外部資金等を活用して、研究者の海外研究機関への派遣及び海外の連携研究機関からの研究者招へいを実施する。

【平成25年度実績】

- 運営費交付金や外部資金の活用により、海外研究機関への派遣及び、海外研究機関からの研究者招へいを実施し、国際連携の強化に努めた。以下に具体的な実績を示す。

- 1) 運営費交付金産総研フェロウシップ派遣（長期海外派遣事業）により10名を採択し、欧米の先進的な研究機関、大学に派遣し、在外研究を開始した。

- 2) 外部予算等

（派遣）

頭脳循環を加速する若手研究者海外派遣プログラム（JSPS 機関補助事業）に1件（緊急時対応ロボットに関する国際共同研究）が採択され、3年間で研究者5名程度を欧米研究機関に派遣できることになった。日本学術振興会が実施している特定国派遣に1名が採択された。

（招へい）

日本学術振興会が実施している外国人特別研究員（一般）に14名、外国人特別研究員（欧米短期）に3名、外

国人特別研究員（定着促進）に2名、外国人招へい研究者（長期）に1名、外国人招へい研究者（短期）に8名採択された。

（技術研修）

JSPS サマー・プログラムにより3名、ウィンターインスティテュートにより3名を受入れるなど、合計で38名を受入れた。

【平成25年度計画】

- ・海外研究機関との人材交流の支援策として、過去に研究者が在外研究を行った際の研究環境や、事務手続き、生活環境などの情報を蓄積、整理し、将来派遣を希望する研究者等に提供する。

【平成25年度実績】

- ・派遣者支援のため、イントラネットに掲載している海外出張の所内手続きマニュアルを、より充実した内容となるよう随時見直しを行った。また、長期在外研究経験者より収集した現地での生活・研究環境や事務手続きに関する情報を取りまとめて、今後同じ国に派遣される研究者が有効活用できるよう、体系だった資料として整理した。

【平成25年度計画】

- ・産総研の国際プレゼンス向上と日本の科学技術外交に貢献するため、経済産業省、内閣府、外務省、各国公的研究機関及び大使館等との積極的連携を図る。例えば、経済産業省が主導する日米研究協力事業の成果を積極的に周知させ、産総研の国際的な研究活動が科学技術外交に貢献していることを示す。

【平成25年度実績】

- ・経済産業省が主導する日米等エネルギー環境技術研究協力事業の推進と成果普及のため、米国大使館やエネルギー省等との密接な意見交換を行った結果、7月の「エネルギー分野における二国間の取組に関する共同声明」で、米国エネルギー省傘下研究所と産総研の研究協力が明記された。また、12月の第5回日米エネルギー政策対話及び日米ワークショップにおいても、クリーンエネルギー技術協力について議論された。

【平成25年度計画】

- ・第2回世界研究機関長会議の運営に参画して、意見交換の場を設け、世界の有力な研究機関の交流や連携に貢献する。

【平成25年度実績】

- ・第2回世界機関長会議を理化学研究所と共同で運営し、各国を代表する研究機関の長が交流し、有意義な議論を行うための場を設定した。本会議では「頭脳循環と国際連携」をテーマに、問題点、課題解決に向けた方法、共通の枠組み構築に向けた意見交換を行った。

【第3期中期計画】

- ・特に、低炭素社会実現のため、クリーン・エネルギー技術分野で再生可能エネルギー研究所をはじめとする米国国立研究所と密接に連携し、燃料電池、バイオマス燃料等再生可能エネルギー関連技術、省エネルギー材料、デバイス技術等に関する共同研究、研究者の派遣及び受入れ、ワークショップの開催等による新たな研究テーマの発掘などの協力を拡大、加速する。

【平成25年度計画】

- ・米国エネルギー省傘下の研究所との連携を強化する取組みとして、既に包括研究協力覚書を締結した7研究所に加えて、その他の研究所との包括研究協力覚書締結も視野に置いた研究協力を引き続き実施する。

【平成25年度実績】

- ・包括研究協力覚書を締結している米国エネルギー省傘下の7研究所を中心に、研究協力を継続、推進すると共に、研究協力に関する意見交換を実施した。包括研究協力覚書を締結していない米国エネルギー省傘下の3研究所とも、日米等エネルギー環境技術研究協力事業において、引き続きクリーンエネルギーに関する共同研究を実施し、連携を強化した。

【平成25年度計画】

- ・日本国内で日米研究協力事業中間報告会を開催する。

【平成25年度実績】

- ・9月3日に産総研つくばセンターにて、日米等エネルギー環境技術研究協力事業の中間報告会を開催した。

【平成25年度計画】

- ・環境・エネルギー分野を中心とした日米研究協力事業をさらに推進して、研究者の長期派遣等を通じて共同研究の本格化を図る。日米研究者の相互訪問等による情報交換を活性化し、当該事業を発展的に拡大する。

【平成25年度実績】

- ・環境・エネルギー分野を中心とした日米研究協力事業をさらに推進するため、平成25年度より新たな日米等エネルギー環境技術研究協力事業が開始され、産総研が提案した7件のプロジェクトが採択された。これに伴い、米国に加えて欧州・アジアの研究機関との研究協力も拡充させた。

【平成25年度計画】

- ・米国国立科学財団（NSF）の協力の下、米国の学生等を対象とした産総研インターシッププログラムを実施し、優秀な学生等を招へいする。

【平成25年度実績】

- ・米国国立科学財団（NSF）との連携で、米国の優秀な学生や研究者を招へいするインターンシッププログラムを検討した。

【第3期中期計画】

- ・また、マレーシア標準工業研究所、タイ国家科学技術開発庁、南アフリカ地質調査所、ブラジルリオデジャネイロ連邦大学などのアジア・BRICs 諸国等の代表的研究機関との相互互惠的パートナーシップにより、バイオマス利活用、クリーンコール技術、医工学技術、環境浄化技術、レアメタル資源評価等を中心に現地における実証、性能評価を含む研究協力を推進し、アジア・BRICs 諸国等における課題解決に貢献する。

【平成25年度計画】

- ・世界の成長センターとなっているアジア諸国の公的機関との相互互惠的パートナーシップを継続的に強化する。

【平成25年度実績】

- ・アジアの成長センターとなっているタイ、インドネシア、ベトナム、インドなどの公的研究機関とのワークショップ開催や、相互訪問、情報交換により、研究連携を継続・強化させた。インド科学技術省バイオテクノロジー庁（DBT）とは、ライフサイエンス分野で共同研究を推進し、産総研内にジョイントラボを設置した。これは、日印首脳の共同声明においても明記された。

【平成25年度計画】

- ・海外の研究機関や日系企業等を対象としたワークショップを主催する。

【平成25年度実績】

- ・インドネシア・ジャカルタにおいて、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、インドネシア科学院（LIPI）、エネルギー・鉱物資源省地質総局（GAI）、及び同国に進出している日系企業との連携を強化するためのワークショップを開催した。再生可能エネルギーをテーマとして、産総研、インドネシア、日系企業からそれぞれ講演を行った。約200名の参加があり、関係機関の更なる連携強化を図った。

【平成25年度計画】

- ・ベトナムにおいては、経済産業省の資源政策、インフラ輸出政策の観点から、連携を強化、発展させていく。メタル資源確保の観点から、ベトナム科学技術院（VAST）を中心として連携を図る。

【平成25年度実績】

- ・ベトナムにおける水プロジェクト調査を企画し、ベトナム科学技術院（VAST）、環境省（MONRE）などを訪問して、今後のさらなる連携推進を確認した。

【平成25年度計画】

- ・タイにおいては、タイ国家科学技術開発庁（NSTDA）及びタイ科学技術研究院（TISTR）と継

続して連携強化を図り、産総研のアジア展開における相互互惠的パートナーシップの確立を推進する。

【平成25年度実績】

- ・タイ国家科学技術開発庁（NSTDA）、タイ科学技術研究院（TISTR）とは、第8回 AIST-TISTR-NSTDA ワークショップをバンコクで共同開催した。今後バイオテクノロジー分野で NSTDA と、計測の分野で TISTR と連携する方向性を確認した。

【平成25年度計画】

- ・韓国研究機関の動向を把握しつつ、研究者交流を推進する。

【平成25年度実績】

- ・韓国においては、新大統領就任に伴う大幅な機構改革による科学技術研究体制の変更を踏まえ、連携相手機関の状況を調査、把握した。また、韓国ウインターインスティテュートプログラム（次世代理工系研究人材交流事業）により、韓国の理工系大学院生を、技術研修生として受け入れた。さらに、韓国産業技術研究会（IstK）との包括 MOU 更新に向けて検討を開始した。

【平成25年度計画】

- ・マレーシアにおいては、同国国立研究機関等との連携を通じ、バイオマスの利活用の持続性評価、標準化研究などの研究協力を引き続き推進する。

【平成25年度実績】

- ・マレーシア標準・工業研究所（SIRIM）とは包括研究協力覚書を更新した。また、東アジア・ASEAN 経済研究センター（ERIA）ワーキングのプロジェクトを通じて、バイオマス利活用の持続性評価活動を支援した。標準化研究での連携を継続した。

【平成25年度計画】

- ・中国においては、具体的協力案件の発掘、フォローを行う。上海交通大学や中国科学院（CAS）との連携ワークショップの開催などにより連携を図る。日中連携のため産総研在籍中国研究者の交流を促進する。

【平成25年度実績】

- ・上海交通大学との合同ワークショップを開催し、従来より連携のあったライフサイエンス分野に加え、ナノテク、エネルギーなどの分野においても、連携の可能性を探索した。
- ・中国大使館及び中国科学技術部と連携し、環境関連の日中プロジェクトとして「水プロジェクト」について、研究ユニットと連携して進展を図った。

【平成25年度計画】

- ・南アフリカにおいては、地質調査所（CGS）との連携を強化して、レアメタル等の資源探査を継続する。

科学産業技術研究所（CSIR）と産総研との合同ワークショップを開催する。多分野における双方の連携強化と人材交流促進を図る。

【平成25年度実績】

- ・南アフリカにおいては、地質調査所（CGS）と、レアメタル等の資源探査及びそのための技術協力を継続した。科学産業技術研究所（CSIR）との合同ワークショップについては、CSIRの機構改革のため、再企画することになった。

【平成25年度計画】

- ・ブラジルにおいては、リオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）とは現地におけるパイロットプラント操業支援と人材交流を実施する。
- ・ブラジル鉱産局（DNPM）との個別研究協力覚書の締結を踏まえ、ブラジルでの鉱床調査を実施する。地質調査所（CPRM）との連携も併せて実施する。

【平成25年度実績】

- ・ブラジルのリオデジャネイロ大学と実施していた、地球規模課題対応国際科学技術協力（JST/JICA プロジェクト）は、8月末に事業が終了し、サトウキビ廃棄物からのバイオエタノール生産に関して人材育成・共同研究に基づいた実証プラント評価につながる研究成果が得られた。
- ・ブラジル鉱産局（DNPM）との個別研究協力覚書に基づき、6月に1週間ブラジル中南部に分布するレアアース鉱床の現地調査を実施した。また、ブラジル上院公聴会に出席して、日本におけるレアアース資源政策の現状を説明した。12月には、DNPMから職員3名を日本に招聘して、東京にてブラジル鉱業セミナーを開催した。また、ブラジル地質調査所（CPRM）とは年代測定技術に関する技術協力について双方で検討・協議した。

【第3期中期計画】

- ・さらに、仏国立科学研究センター、ノルウェー産業科学技術研究所など欧州の先進研究機関とロボティクス、環境・エネルギー技術、製造技術等での連携、その他新興国等も含む協力を推進する。

【平成25年度計画】

- ・包括研究協力覚書を締結している機関との共同研究及び人材交流に努める。平成26年度から開始されるHorizon2020に向けた連携強化を図る。

【平成25年度実績】

- ・ドイツ、フランス、ノルウェーとは、二国間科学技術合同委員会、STSフォーラム、機関長会議、ハイレベルフォーラム等のマネージャークラスの交流支援、各政府機関、研究機関の来訪対応を通して、研究連携の促進に向けた議論を行った。日本と欧州連合

（EU）との共同プロジェクトである Concert/Japan Joint Call では、事前に所内にプログラムの説明および周知を行い、産総研から1件が採択された。EUのプロジェクトである Horizon2020については、平成25年12月に公式ホームページが公開されたため、イントラネットで周知を図るとともに、研究者からの照会にも適宜対応した。

【平成25年度計画】

- ・フランスにおいては、国立科学研究センター（CNRS）とのロボティクスのジョイントラボ、環境触媒の共同研究を進める。

【平成25年度実績】

- ・フランス国立科学研究センター（CNRS）とのロボティクスジョイントラボの人的交流については、シュバイツァー特使、ペルラン大臣、フィオラゾ大臣の視察対応を行い、トップ外交に対応した。フランス原子力代替エネルギー庁（CEA）については、産総研職員が数回訪問して、スピントロニクス等での連携について合意した。環境触媒については、CNRSにて、研究推進のための意見交換を行った。

【平成25年度計画】

- ・ノルウェーにおいては、包括研究協力覚書を締結している研究機関とのワークショップの開催など、研究連携、人材交流を促進する。

【平成25年度実績】

- ・ノルウェーサイエンスウィークでは、ワークショップ、AIST-Norway Workshopでの発表と取りまとめを行った。また、ノルウェー科学技術大学（NTNU）でのジャパンセミナーにおいて、産総研とノルウェー各研究機関との連携関係について紹介した。第7回KIFEEワークショップでは、Sustainability Sessionを運営した。

【平成25年度計画】

- ・ドイツにおいては、フラウンホーファー研究機構との連携の幅を広げるとともに共同研究契約の締結などを支援する。ヘルムホルツ協会とは実質的な研究連携と人材交流を促進する。

【平成25年度実績】

- ・健康工学研究部門（関西センター）に、Fraunhofer Project Center（産総研では「研究班」の扱い）を設置するための準備作業を支援した。また、風力関係の研究を支援すべく、フラウンホーファー研究機構東京代表部と、産総研イノベーションコーディネータとの橋渡しを行った。バーデン-ビュルテンベルク州政府代表団とは、イノベーション促進に関する意見交換を行った。

【平成25年度計画】

- ・ベルギー（IMEC を含む）、スウェーデンなど、欧州の代表的な研究機関との連携を視野に入れて、交流を進める。

【平成25年度実績】

- ・ベルギーIMEC 等の欧州の代表的研究機関と、特にエレクトロニクス関連の連携を強化するべく、交流を行った。IMEC には TIA 代表団が訪問して合同ワークショップを開催した。また IMEC には産総研パワーエレクトロニクス代表団も訪問した。オランダ応用科学研究機構（TNO）にも訪問して、連携強化について検討を進めた。

【第3期中期計画】

- ・以上の実現のため、第3期中期目標期間中において包括研究協力覚書機関との研究ワークショップ等を計50回以上開催する。

【平成25年度計画】

- ・包括研究協力覚書締結機関との間において、包括的なワークショップにとどまらず、特定分野でのワークショップ等を積極的に開催し、各国研究機関との研究協力の拡大を図る。10回以上の国際ワークショップ等の開催を目指す。

【平成25年度実績】

- ・海外の研究機関等との連携強化と相互交流を目的とする「産総研イノベーションワークショップ in インドネシア」をジャカルタで開催し、インドネシア技術評価応用庁（BPPT）、インドネシア科学院（LIPI）、インドネシア・エネルギー鉱物資源省地質総局（GAI）と連携しつつ、再生可能エネルギーに関する研究協力について具体的な事例紹介やディスカッションを行った。また、タイ科学技術研究院（TISTR）、タイ国家科学技術開発庁（NSTDA）等との協力のもと、バイオマス・アジアワークショップ及び日タイ連携ワークショップをタイ・バンコクで開催した。この他、中国、台湾、アメリカ、ノルウェーにおいて6回、日本国内においてはインド科学技術省バイオテクノロジー庁（DBT）との共同研究ラボ設立に伴うワークショップをはじめとする4回のワークショップを開催した。合計14回の国際ワークショップ等を開催し、関係各国との国際連携をさらに進展させた。

(3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

【第3期中期計画】

- ・産総研イノベーションスクールにおいて、本格研究に関する講義、研究実践のためのツールを用いた研修、産総研と関連のある企業での OJT 等を通じて、基礎的研究を製品化まで橋渡しできるイノベティブな博

士研究者等を育成し、社会に輩出する。また、専門技術者育成事業、連携大学院制度等により、我が国の産業技術の向上に資することができる人材を輩出する。

【平成25年度計画】

- ・産総研イノベーションスクールにおいては、第7期生を受け入れて育成を行うとともに、聴講のみのポスドクを受け入れるなど育成対象の拡大を図る。

【平成25年度実績】

- ・人材育成を通じたイノベーション推進の観点から、産総研イノベーションスクール第7期生のポスドクとして、ポスドクコース（PD 生）20名と講義専門コース（LC 生）1名を産総研独自のカリキュラムにより育成した。具体的には、延べ9日間の集中講義及び演習（PD 生、LC 生）、産総研の研究現場での一年間の本格研究実践（PD 生）、21機関での平均2.8ヶ月間の On-the-Job Training 実施（PD 生、内1名は2カ所に派遣）を行った。今年度から試行した講義専門コース（LC 生）に関しては応募人数が少なかったため、来年度の第8期の募集に向けて、雇用されている予算の制約で参加出来なかったポスドクの問題解消と制度の周知徹底のために公募説明会実施に取り組んだ。また、イノベーションスクール制度の効果検証のために、過去のスクール生を受け入れたホスト研究者に対してアンケート調査を行い、スクール生をきっかけとした連携活動、研究グループ内に与える波及効果等をまとめた。

【第3期中期計画】

- ・イノベーションスクールについては、ノウハウを社会に広く普及するため、大学等のポスドクや博士課程の学生を受け入れるなど、他機関とも連携して博士研究者の育成を行っていく。

【平成25年度計画】

- ・産総研イノベーションスクールにおいては、継続して博士課程大学院生の育成を行う。またイノベーションスクールのノウハウ普及のため、他機関との連携強化を図るとともに、成果発表に努める。

【平成25年度実績】

- ・人材育成を通じたイノベーション推進の観点から、産総研イノベーションスクール第7期生として、博士課程コース（DC 生）9名を採用し、8名を産総研独自のカリキュラムにより育成した（途中辞退1名）。具体的には、延べ9日間の集中講義及び演習（DC 生）、産総研の研究現場での一年間の本格研究実践（DC 生）を行った。また、筑波大学グローバルリーダーキャリア開発ネットワークと共同で12月に開催した企業と博士人材の交流会は、企業8社と36名の参加者を集めた。さらに、第5回横幹連合コンファレンスの人材

育成のセッションにて、産総研イノベーションスクールの取り組みを紹介して知名度を高めるとともに、将来の連携に向けて大学等の参加者との情報交換を行った。

【第3期中期計画】

- ・外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、研究水準の向上及び研究成果の産業界への円滑な移転等を推進する。

【平成25年度計画】

- ・共同研究、外来研究員、技術研究組合及び技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、研究水準の向上をさせるとともに産業界及び学生等に対する研究成果の効率的な移転に努める。また、連携大学院制度、委員委嘱、産総研コンソーシアム制度及び兼業制度を活用した民間企業、大学との交流の実施に加え、包括協定を締結した相手方等との相互交流を促進し、協力関係の強化と成果移転に繋げる。

【平成25年度実績】

- ・共同研究の派遣研究員（1,971名）、外来研究員（1,285名）、技術研修員（1,387名）、技術研究組合のパートナー研究員（633名）等の外部人材を積極的に受け入れ、研究水準を向上させるとともに、産業界及び学生等に対する研究成果の移転を推進した。また、委員委嘱（3,506名）、役員兼業（25名）等の制度の活用に加え、連携大学院制度に基づく教員委嘱（334名）などにより、大学等への人材供給を推進した。さらに、産総研コンソーシアムによるシンポジウムの開催や包括協定を締結した相手方との技術交流会等の開催により、人材交流の促進、協力関係の強化を行った。

【第3期中期計画】

- ・第3期中期目標期間終了時まで、民間企業、大学等への人材供給や外部からの受け入れ5,000名以上を目指す。

【平成25年度計画】

- ・技術研修制度、外来研究員制度、人材移籍型共同研究制度等による人材受入や、技術研究組合との連携による人材供給、人材受入等、民間企業、大学等外部との人材交流を推進する。また、委員の委嘱制度、依頼・受託出張制度による外部機関への協力及び兼業制度を活用した民間企業、大学との人材交流の推進を図る。あわせて、人材交流の推進につながる方策も検討する。

【平成25年度実績】

- ・共同研究の派遣研究員（1,971名）、外来研究員（1,285名）、技術研修員（1,387名）、技術研究組合のパートナー研究員（633名）等の外部人材を積極的に受け入れ、研究水準を向上させるとともに、産業界及

び学生等に対する研究成果の移転を推進した。また、委員委嘱（3,506名）、役員兼業（25名）等の制度の活用に加え、連携大学院制度に基づく教員委嘱（334名）などにより、大学等への人材供給を推進した。これらの制度の活用により、外部との人材交流は5,861名となった。あわせて、技術研修制度により産総研へ受け入れる学生への旅費支給制度の見直し及び大学院生の新たな雇用制度の創設を行い、学生の受入を推進する基盤を整備した。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

【第3期中期計画】

- ・産総研の技術を有効に社会普及させるために、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を平成22年度中に策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果の民間等への移転のために外部の技術移転機関（TLO）を活用していたが、第3期中期計画開始に合わせて産総研内部に技術移転機能を取り込むことで関連部署との連携を強化し、より効果的に技術移転を行うことのできる体制を構築する。

【平成25年度計画】

- ・産総研の技術の社会普及を促進するため、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針の周知・徹底を図るとともに、成果普及に向け、研究ユニットとイノベーションコーディネータ等連携推進担当者間のさらなる連携強化等を通じ、戦略的、効率的な知的財産権の取得、管理を図り、効果的に技術移転を進める。

【平成25年度実績】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針（産総研知的財産ポリシー）について研究ユニットへの周知・徹底を図ると共に、これを具現化するために知財行動指針（方針・類型化した行動基準等）を立案、提示するための準備として研究ユニットとの意見交換を行い（21研究ユニット、延べ33回）、さらに同指針の具体施策案の1つである知財検討会を試行実施した（10研究ユニット13案件）。また、特許出願レビュー（12回開催）及び特許審査委員会（16回開催）を開催し、戦略的、効果的な知的財産権の取得、管理及び活用を努め効果的に技術移転を進めた。出願戦略シートの運用については、これまでの試行結果を踏まえ、研究ユニットとイノベーションコーディネータ等連携推進担当者間の連携のあり方や確認項目の見直しなどを行い、知財アセット構築から効果的活用までの出願戦略シートを発展させた統合シート策定の検討を行った。

【第3期中期計画】

- ・研究成果の社会還元を積極的に推進するため、成果移転対価の受領方法を柔軟化することで、技術移転の一層の推進を目指す。また、金銭以外の財産での受領の際には、審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

【平成25年度計画】

- ・産業界への技術移転を活性化するため、成果移転対価の受領方法の柔軟化（金銭以外の財産による成果移転対価の取得等）について、ニーズの有無を踏まえ、検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・改正研究開発力強化法の成立により、金銭によらない出資が可能となったことを踏まえ、出資に係る具体的な方法等について、所内に設置した検討委員会で検討を行った。

【第3期中期計画】

- ・第3期中期目標期間終了時までには800件以上の実施契約件数を目指す。

【平成25年度計画】

- ・イノベーション推進本部内でイノベーションコーディネータ等推進担当者間の連携をさらに強化するとともに、大学や研究機関等の外部機関との連携を深め、効果的に技術移転を進める。

【平成25年度実績】

- ・6分野の研究分野企画室とイノベーションコーディネータ、技術移転マネージャー等との意見交換を行うなど、イノベーション推進本部内での技術移転に関する連携体制を強化するとともに、外部機関（物質・材料研究機構、筑波大学、高エネルギー加速器研究機構等）と TIA 知財の取扱、共有知財の取扱、ライセンス活動方針について意見交換を行い、TIA 知財のワンストップライセンスについて中核4機関で合意した。平成25年度の実施契約（技術移転契約）は890件（ランニング709件、一時金181件）。

(2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援

【第3期中期計画】

- ・競争力あるベンチャー創出のため、大学等他機関の研究成果も積極的に活用し、加えて産総研のポテンシャルをもって事業化を支援する取り組みを行う。また、職員のベンチャー企業への兼業の促進及び共同研究の推進等産総研との連携強化並びに外部のベンチャー支援機関との緊密な連携を通じて、内外の研究成果を産総研のベンチャー創出、育成及び支援を経て事業化する独自のモデルを構築し発展させる。

【平成25年度計画】

- ・イノベーションの創出に寄与することを目指し、研究成果のベンチャー事業化へむけた活動を実施する。また、JST 等の外部機関によるベンチャー創出プロジェクトへの応募についても積極的に支援を行う。

【平成25年度実績】

- ・スタートアップ開発戦略タスクフォース（以下、「TF」という。）4件を新たに開始した。また、平成24年度からの継続課題3件についても着実な実施に努め、ベンチャー1社創業に至った。また、JST の A-STEP（起業挑戦タイプ）、文部科学省の START（大学発新産業創出拠点プロジェクト）等のベンチャー創出プロジェクトの応募支援（3件）や採択課題の側面支援（1件）を実施した。これらの取り組みにあたってはイノベーションコーディネータ、技術移転マネージャーらも参画させるなどイノベーション推進本部の総合力を生かして対応した。

【平成25年度計画】

- ・タスクフォースの活動および産総研技術移転ベンチャーを広く一般に宣伝し、特に投資家への検討機会を提供するために「ベンチャー開発成果報告会」を開催する。今年度については、ベンチャー創出支援事業に関する検証結果も公表する場とする。

【平成25年度実績】

- ・7/24日経ビルにて「第9回ベンチャー開発成果報告会-産総研の挑戦を振り返って-」を開催し、ベンチャー創出支援事業に関する検証結果とともに産総研技術移転ベンチャーの活動を紹介した。投資・金融機関および事業会社等から244名（前回比1.5倍）の参加があった。また、10/31産総研オープンラボにおいて「ベンチャーフォーラム-ベンチャーを介した連携推進-」を開催し、126名の参加を得た。企業、産総研技術移転ベンチャーおよび産総研の3者による連携等の紹介を行うとともにベンチャー企業の活用の重要性について議論した。

【平成25年度計画】

- ・有望な産総研技術移転ベンチャー及び継続タスクフォースを対象に、ベンチャー企業の更なる拡大・成長に向けた支援制度を検討、実施する。

【平成25年度実績】

- ・有望な産総研技術移転ベンチャーについて、ウェブサイトの構築、リーフレットの作成等を行い、広報活動の支援を実施した（2社）。
- ・有望な産総研技術移転ベンチャー及び TF を部署横断的に支援する「AIST ハンズオン支援チーム（HOST）」を立ち上げ、活動を開始した。

【平成25年度計画】

- ・事業化に向けた先行技術調査、市場調査や見本市・展示会出展等によるマーケティング調査活動や積極的なPR活動を行う。製品・サービス開発の促進およびビジネスプランの策定・検証の高度化を進め、より成功確率の高いベンチャー創出を目指す。また、このような創出活動ができる人材の育成や、創業に必要な知識の涵養に資するための研修を企画、遂行する。

【平成25年度実績】

- ・事業化に向けた先行技術調査7件を実施し、ビジネスモデルの策定・検証に資した。また、広報活動やマーケティング調査の一環として、4展示会等へ出展し、想定顧客から得た反応を製品・サービス開発に反映した。人材育成の面では、「研究成果実用化のための事業戦略研修」を企画・実施し、顧客開発モデルを組み入れた演習を行った（16名参加）。

【平成25年度計画】

- ・相談窓口対応を充実させることにより、産総研研究者によるベンチャーの迅速かつ円滑な創業を支援する。会社設立のために必要な情報の提供や手続きのバックアップを行うとともに、創業したベンチャーに対し、ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づき適切な審査を行い、技術移転促進措置並びに称号付与を行う。

【平成25年度実績】

- ・ベンチャー創業前・創業後における各種課題等に対応するため、相談窓口を設置し96件の相談対応を実施した。
- ・平成25年度は2社に対し、産総研技術移転ベンチャーの称号を付与するとともに、知的財産権の独占的な実施権の許諾、研究施設等の使用許可及びその使用料の減額等の技術移転促進措置を実施した。これにより、第1期中期目標期間から通算し、産総研技術移転ベンチャーは117社となった。また、既存の産総研技術移転ベンチャー14社の事業計画の見直し等に併せ、技術移転促進措置の追加・解除を実施した。
- ・平成25年度に産総研に新たに入居したベンチャー企業2社、及び継続入居するベンチャー企業9社について、研究施設等の賃貸借契約、外部人材受入等手続きのサポートを実施した。

【平成25年度計画】

- ・産総研技術移転ベンチャーの経営状況や事業化の状況等の把握、及び課題の解決を図るため、事業実施状況ヒアリングと企業情報調査を行う。また、課題解決等の支援の一環として法務、経営、税務、知的財産等の専門家と顧問契約を行うことにより、外部知見の活用を図る。

【平成25年度実績】

- ・産総研技術移転ベンチャー21社に事業実施状況ヒアリ

ングを実施し、技術移転の状況、経営状況等の状況を把握するとともにベンチャー支援への要望等を聴取した。

- ・財務諸表等企業情報の調査を行い、53社から回答を得た。これら調査結果から現実的なベンチャー支援策の検討を行った。
- ・産総研技術移転ベンチャーからの相談案件に対応するため、法務・経営・財務・金融・販路開拓・特許等の専門家と9件の請負契約を行い、119件の相談対応を実施した。

【平成25年度計画】

- ・産総研技術移転ベンチャーの相互の交流の促進、企業間の協業、連携を図るためスタートアップスクラブを開催する。

【平成25年度実績】

- ・スタートアップスクラブの一環として、11/29「協創マッチングフォーラム」を臨海副都心センターにて神奈川サイエンスパーク（KSP）との共催により開催し、142名の参加を得た。

【平成25年度計画】

- ・産業革新機構、中小企業基盤整備機構等のベンチャー支援機関、ベンチャーキャピタル等との連携を一層強化しベンチャー企業の支援に繋げる。

【平成25年度実績】

- ・中小企業基盤整備機構、ベンチャーキャピタル、産業革新機構等外部機関との連携を強化し、産総研技術移転ベンチャーに対し、インキュベーション施設等の紹介、投資や融資制度の紹介及び公的研究資金のための情報提供並びにそれらに付随する各種支援等を実施した。

【第3期中期計画】

- ・また、ベンチャー企業からの収入を増加させるため、成果移転の対価として金銭以外の財産での受領の可能性を検討する。なお、その対価の受領にあたっては審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

【平成25年度計画】

- ・ベンチャー企業からの収入を増加させる方法としての成果移転の対価としての株式等の取得について、ニーズの有無等を踏まえ、検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・改正研究開発力強化法（平成25年12月5日成立）の成立により、金銭によらない出資が可能となったことを踏まえ、出資に係る具体的な方法等について、所内に設置した検討委員会で検討を行った。

【平成25年度計画】

- ・整備後は産総研技術移転ベンチャー等に対し、周知を図る等により制度の利用を促進する。

【平成25年度実績】

- ・研究開発力強化法改正（平成25年12月5日成立）により、産総研は現物出資が可能となった。施行日までに必要とされる体制等を整備するため、産総研技術移転ベンチャーへのニーズ調査等を行った。

(3) 研究開発成果を活用しようとする者への出資による実用化支援

【第3期中期計画】

- ・研究開発の成果の実用化及びこれによるイノベーションの創出を図るため、産総研の研究開発の成果を事業活動において活用しようとする者に対し、出資（金銭の出資を除く。）並びに人的及び技術的援助の業務を行う。

(4) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化

【第3期中期計画】

- ・報道機関等を通じた情報発信を積極的に実施するとともに、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室等の国民との対話型活動も充実させる。一般国民が手軽に産総研を知ることができる有効な手段の一つであるホームページの抜本的な改善を始め、広報誌、メールマガジン等の様々な広報手段を活用し、効率的かつ効果的な広報活動を推進する。

【平成25年度計画】

- ・産総研全体の発表素材の掘り起こしを行うため、関係部署との連携を強化し、プレス発表件数の増加を目指す。また、記者の理解増進のためわかりやすく平易な文章で資料を作成する。

【平成25年度実績】

- ・各分野研究企画室と連携して研究内容の把握に努め、産総研全体の発表素材の掘り起こしと調整を行った。プレス発表件数は94件で、前年度（85件）より増加した。発表資料については、発表者や所内査読担当者、各分野研究企画室と連携して、平易な文章で作成するよう努めた。

【平成25年度計画】

- ・マスメディアの関心を集める情報素材を幅広く収集し、つくばセンター及び地域センターにおいて記者との定期的な意見交換会などを通して情報を提供する。また、取材対応は、取材の目的を適確に把握したうえで、迅速かつ丁寧に対応する。これらにより、産総研の活動が報道される機会を増やすことに努める。また、再生可能エネルギー利用技術など環境・エネルギー関連分野が注目されている状況から、引き続きその分野の技

術開発に関して積極的な情報発信に努める。

【平成25年度実績】

- ・話題性の高い研究成果や重要でありながら露出度の低い研究成果について、記者へわかりやすく丁寧に説明する定期的な意見交換会を、つくばセンターでは筑波研究学園都市記者会を対象に4回、関西センターでは大阪科学・大学記者クラブを対象に2回、今年度から新たに九州センターで鳥栖市政記者クラブを対象に1回開催した。また、理事長と記者との意見交換会を2回開催した。産総研オープンラボ開催に合わせて、5実験室の記者向け事前公開を行った。研究成果に関する連載記事が日刊工業新聞で47回、研究者に焦点を当てた同新聞での連載記事が2回掲載された。取材対応については、合計で1,060件となり、昨年度（1,107件）を下回ったが、これは昨年度が23年度に引き続き地震や活断層等の震災関連の取材が多く、25年度はそれらが減少したためである。なお、福島県郡山市の福島再生可能エネルギー研究所（平成26年4月開所）で今後行なわれる予定の再生可能エネルギーに関する研究開発が注目を集め、25件の取材があった。

【平成25年度計画】

- ・一般市民への話題提供を目的とした「サイエンスカフェ」を引き続き実施する。また、産業界向け及び地域における「サイエンスカフェ」も引き続き実施する。「出前講座」「実験教室」は、青少年や一般市民の科学・技術への興味向上と理解促進を主な目的とし引き続き実施する。

【平成25年度実績】

- ・「サイエンスカフェ」は話題性の高いテーマを選んでつくば市内で6回、地域センターで4回開催した。「出前講座」「実験教室」は、全国各地からの依頼を受け、115回（昨年度は119回）実施した。「出前講座」では、更に、今後サイエンスコミュニケーターとなり得る大学生を対象とした、科学の専門的な内容を他者に伝えるアプローチを学ぶための「サイエンス・コミュニケーション演習」を1回実施し、人材育成にも貢献した。

【平成25年度計画】

- ・一般公開は、つくばセンターや地域センターにおいて、研究成果をわかりやすく伝え、科学・技術の楽しさを体験できるように実施する。また、外部機関と連携したイベントへの出展等を対話型広報活動により実施して、多くの来場者に産総研への理解促進を図る。科学技術週間に合わせて実験ショー・工作コーナーを含む特別イベントを開催し、青少年が科学技術に親しむ機会を提供する。

【平成25年度実績】

- ・つくばセンターの他、北海道、東北、臨海副都心、中部、関西、中国、四国、九州の各地域センターで一般

公開を開催し、全センターの来場者数は15,679人（前年度15,534人）となった。つくばセンター及び四国センターでは、新たな試みとして、近隣の中高校生による出展ブースを開設し、地域との連携を深めた。「つくば産業フェア」や「サイエンスフェスタ in 秋葉原」など、外部機関と連携したイベントへの出展を10回実施した。4月の科学技術週間に合わせて実験ショー・工作コーナー等をつくばセンターで開催し、来場者数は1,483人となった。これらの対話型広報活動により産総研の研究成果への理解促進と科学技術への親近感醸成を図った。

【平成25年度計画】

- ・産業界における産総研の理解、認知度を向上させ、イノベーションを推進するための広報活動として、研究ユニットや関係部署が一体となってオープンラボを開催する。運営の企画については、引き続き来場者の満足感を更に高められるよう工夫する。

【平成25年度実績】

- ・つくばセンターにおいてオープンラボを開催した。来場者は5,179人（前年度4,761人）となり、前年度より大幅に増加した。約500のパネル展示と約100ヶ所のラボ見学を始め、福島再生可能エネルギー研究所とつくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点（TIA-nano）の特別展示等を行い、企業の経営層や研究者・技術者の理解度、満足度の向上を図った。

【平成25年度計画】

- ・研究成果や経営情報などの速報性を重視した発信と、不断のコンテンツの見直しを行い、動画配信やソーシャルメディアネットワークを通じた情報発信により、引き続き産総研をより理解しやすい基盤を整備し、産総研のプレゼンスを高める。

【平成25年度実績】

- ・産総研公式ホームページのリニューアルを実施し、イメージを一新するとともに目的のページにたどり着き易くなるようにコンテンツを整理して、ユーザーの情報収集の利便性を高めた（平成26年3月末リニューアル版公開）。産総研公式ホームページを通して、プレスリリース（94件）やそれ以外の最新の研究成果（8件）を迅速に発信した。動画コンテンツについては新たにサイエンスカフェの様子を映像化した独自動画3件の制作を含め計7件追加掲載した。また、You Tubeに加え産業界向けの動画配信サイトの活用も開始することで、より広い層への情報発信を進めた。産総研の研究成果の普及を目指したソーシャルメディアネットワーク（Twitter）による情報発信（発信数393件（日本語）、127件（英語））を推進した。これらのインターネットを通じた広報活動により、産総研の研究業務への理解促進とプレゼンス向上を図った。

【平成25年度計画】

- ・広報誌を毎月定期的に発行し、研究成果や経営情報などをわかりやすく伝える。産総研レポートについては、産総研が取組んでいる社会的責任に関する活動などをより分かりやすく紹介するように工夫し、平成25年9月末までに発行する。また、パンフレットなどの印刷物については、最新の研究成果の紹介や読者層を意識した編集、発行により、産総研への更なる理解促進に努める。

【平成25年度実績】

- ・広報誌は文章や図等をわかりやすく制作するよう努め、前年度に引き続き日本語版は毎月（年12回）、英語版は季刊（年4回）発行した。産総研における社会的責任に関する取組と環境活動について、記事の内容を見直し充実させながら「ISO26000社会的責任の手引き」および「環境報告ガイドライン」に基づいて編集した「産総研レポート2013社会・環境報告」を9月末に発行した。また、産総研レポートの英語版も作成し、1月にホームページで公開した。また今年度は、新たに、産総研を産業界や大学等の経営者層により知ってもらうために、現状の社会的課題に対する具体的取り組みの一例を紹介し、オール産総研による目指すべき社会還元を記述した総合パンフレットの日本語版及び英語版を作成した。産総研リーフレット（旧総合パンフレット）については、昨年度末に作成した英語版に合わせ、日本語版もリニューアルした。平成25年度に制作した印刷物は販売しているものを除いて全てを電子ブックによりホームページで公開した。

【平成25年度計画】

- ・学術誌「Synthesiology」は、所外へのPR活動を重視し、所外からの投稿論文を増加させる。

【平成25年度実績】

- ・「Synthesiology」の所外へのPR活動として、11月に開催された「研究・技術計画学会」での発表や「Synthesiology」の趣旨（本格研究の方法論の確立）に共通する考え方を持つ慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科との座談会、同学生への投稿説明会・相談会を実施した。併せて、今年度は新たに「Synthesiology」の編集幹事、編集委員に外部委員を登用することで、所外へのPRを図った。なお、今年度所外からの投稿論文は5件で、前年度（4件）より増加した。

【平成25年度計画】

- ・常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」では、わかりやすく見せる工夫を重ねるとともに、PRを充実させる。また、パネル内容や案内表示の見直しにより質の向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・「サイエンス・スクエアつくば」では、説明用タッチパネルのコンテンツの更なる充実を図った。「時短デザイン」の特別展示を開催し、ゲーム的要素を取り入れたデモ展示を行った。年間来場者数は、44,488人（前年度42,370人）となった。毎年年度末に行っている展示物の入れ替えでは、新たな展示2点を取り入れた。

【平成25年度計画】

- ・2011年東北地方太平洋沖地震等の地質災害や最新の研究成果に対応した展示更新を行う。海外を含む来場者の興味を引く特別展や体験学習イベントを開催し、地質に対する理解促進をはかる。科学系博物館や産総研地域センター等と協力する移動地質標本館や、学校と連携した補助授業や研修により、若年層の自然観育成や地球科学への理解増進に努める。地質相談所を窓口として外部機関や市民からの問い合わせに積極的に応えとともに、日本ジオパークに対する支援や広報誌の発行等を通じて地質情報の普及促進を図る。

【平成25年度実績】

- ・2011年東北地方太平洋沖地震に関連した最新研究成果を盛り込む展示に更新した。対話型の成果普及活動に注力し、特別展やイベント開催で、外国人を含む38,229人（前年比約7%減）の入館者があった。学校向けの補助授業や研修、736件（同5%減）の地質相談対応、産総研地域センターや所外へのイベント出展（7回）等で地球科学の理解増進に貢献した。霧島火山や地球熱利用に関する特別展により、最新の研究成果を紹介した。日本ジオパーク委員会事務局として認定審査や普及活動に貢献し、広報誌発行で地質情報の普及に努めた。

【平成25年度計画】

- ・職員の産総研への帰属意識向上と産総研の知名度を高めるため、「産総研 CI」を多方面で活用するとともに、各種印刷物、情報発信等における視覚的質の向上を図るため、所内の他部門にデザインの提供、助言等を行う。

【平成25年度実績】

- ・役職員からの CI 関係の依頼や福島再生可能エネルギー研究所の新規開所に伴う CI システム設計等（全41件）に対応し、助言およびデザイン提供を行った。また、所内他部門からのホームページや各種印刷物等の制作作業要請（315件）に対して、趣旨を十分に伝達できる、質の高い印刷物等になるよう積極的に支援した。産総研公式ホームページについては、様々なイベント等に応じてデザイン性に優れたパナーを作成し、ホームページを通じての広報効果増進を図った。

【第3期中期計画】

- ・一般公開やオープンラボ、産総研キャラバン、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室などは第3期中期目標期間中に200回以上開催する。

【平成25年度計画】

- ・一般公開やオープンラボ、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室、外部出展などの対話型広報活動を積極的にを行い、年40回以上開催する。

【平成25年度実績】

- ・対話型広報活動について、一般公開を9回、産総研オープンラボを1回、産総研キャラバンを11回、他機関が主催するイベントへの出展を10回、サイエンスカフェを10回、出前講座・実験教室を115回実施し、平成25年度は合計146回となった。これらの国民との対話型広報活動を通じて、広く産総研への理解や科学・技術への興味の促進を図った。

6. その他

【第3期中期計画】

- ・特許生物の寄託に関する業務及びブダペスト条約に基づき世界知的所有権機関（WIPO）により認定された国際寄託業務等については、「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針（平成22年12月7日閣議決定）」における「本法人（産業技術総合研究所）の特許生物寄託センターと、製品評価技術基盤機構の特許微生物寄託センターを統合することとし、平成23年度以降、順次、必要な措置を講ずる。」との決定を踏まえ、平成24年3月31日限りで当該業務の全部を廃止する。なお、当該業務については、同年4月1日から独立行政法人製品評価技術基盤機構が承継する。

【平成25年度計画】

- ・なし

【第3期中期計画】

- ・平成23年度補正予算（第3号）により追加的に措置された交付金については、東日本大震災からの復興のために措置されたことを認識し、革新的再生可能エネルギー研究開発事業、研究設備・機器の復旧及び巨大地震・津波災害に伴うリスク評価のための複合的な地質調査の取組のために活用する。

【第3期中期計画】

- ・上記、1～5を踏まえ、下記の分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術【別表1】

地質の調査【別表2】

計量の標準【別表3】

II. 業務運営の効率化に関する事項

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

【第3期中期計画】

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、毎年度、平均で3%以上の削減を行う。また、一般管理費を除く業務経費について、毎年度、平均で1%以上の効率化を達成する。

【平成25年度計画】

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、毎年度、平均で3%以上の削減を行う。また、一般管理費を除く業務経費について、毎年度、平均で1%以上の効率化を達成する。

【平成25年度実績】

- ・以下のような取り組みにより、削減値については現在平成25年度決算を精査中であるが、一般管理費については前年度比3%、業務経費については前年度比1%の効率化を達成する見込みである。
- ・複写機・複合機の賃貸借及び保守を一括契約とすることにより、経費を削減した。
- ・純水製造装置について、配置方法を見直して小規模装置の分散配置方式へ変更することにより、維持管理経費を削減した。

【第3期中期計画】

- ・総人件費については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）」及び「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）」に基づき、運営費交付金に係る人件費（A分類）を平成22年度までに平成17年度比5%以上削減し、平成23年度においても引き続き削減等の取組を行う。

【平成25年度計画】

- ・中期計画における削減は平成23年度までのため記載なし

【第3期中期計画】

- ・給与水準については、目標水準及び目標期限を設定してその適正化に計画的に取り組んでいるところであるが、引き続き着実にその取組を進めるとともに、その検証結果や取組状況を公表するものとする。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度も給与水準の適正化に取組み、その検証結果や取組状況を公表する。

【平成25年度実績】

- ・「国家公務員の給与減額支給措置について」（平成23年6月3日閣議決定）及び「公務員の給与改定に関する取扱いについて」（平成24年11月16日閣議決定）の趣旨に沿って、平成24年4月1日から実施した給与の減額支給及び見直しを平成25年度も引き続き実施した。
- ・給与等の水準についても、政府方針に基づき平成26年6月30日までに公表すべく、公表資料等の準備を行った。

【第3期中期計画】

- ・研究支援業務のコスト構造を見直し、管理費の削減に取り組む。また、諸手当及び法定外福利費については、国及び他の独法等との比較において適正な水準であるかの検証等を行う。

【平成25年度計画】

- ・研究支援業務の平成24年度決算や平成25年度予算執行状況を確認し、さらなる管理費削減に取り組む。

【平成25年度実績】

- ・業務効率化のための手法をまとめた「しごと効率化ガイドブック」の活用による業務効率化の推進や、学（協）会への職員個人会費の公費負担廃止等により、経費削減を図った。

【平成25年度計画】

- ・諸手当及び法定外福利費は、引き続き、国及び他の独法等と比較するなど適正化を図る。

【平成25年度実績】

- ・諸手当については、一般職の職員の給与に関する法律、人事院規則及びその改正等に照らし、給与関係規程の検証を行い、国家公務員と同等の水準であることを確認した。また公表されている他独法の諸手当とも比較検証を行い、適正水準であることを確認した。法定外福利費についても同様に、経済産業省及び他独法と情報交換を行い、適正な水準であることを確認した。

【第3期中期計画】

- ・研修、施設管理業務などの外部に委託の方がより効率的な業務については引き続きアウトソーシングを進める一方、既にアウトソーシングを行っている業務については、内部で実施の方がより効率的な場合は内部化し、また、包括契約や複数年度契約の導入等、より効率的かつ最適な方法を検討し、業務の一層の効率化を進める。なお、これらの検討に当たっては、市場化テストの導入可能性についても検討を行う。

【平成25年度計画】

- ・「つくばセンターにおける施設・管理等業務」は、平成24年4月から民間競争入札実施要項に基づき、関連

する8業務を「つくばセンター施設管理等業務共同企業体」が包括して事業を開始（実施期間は、平成24年4月1日から平成27年3月31日まで。）。

- ・上記請負業務におけるサービスの質及び経費削減効果の点検を行う。

【平成25年度実績】

- ・「公共サービス改革等基本方針」に係る閣議決定（平成23年7月15日）に基づき、つくばセンターにおける施設・管理等業務について、関連する8業務を「つくばセンターの施設管理等業務共同企業体」が包括し、平成24年度に引き続いて事業を実施した。
- ・同事業に対するサービスの質及び経費削減について平成25年度分の点検を行った。
- ・平成24年度同様に各業務ごとに分担されていた指揮命令系統が総括管理業務を中心として一つの組織体として機能し、情報の伝達が効率的に実施された。
- ・業務報告会・定期集合研修・外部講習会などを開催し、業務遂行に要する知識・能力の向上に務めた。また、各業務の安全衛生活動・啓蒙に努め、サービスの質の向上に努めた。
- ・業務改善提案を定期的に行うことにより、経費の節減・安全業務に対する意識が向上した。また、省エネに対する取り組みについては、経費の必要としない案件を抽出し、光熱量の削減に努めた。さらに、各業務の仕様変更（人員の削減）を検討し効率化を図るとともに経費削減に取り組んだ。

【第3期中期計画】

- ・研究支援業務については、より効率的かつ質の高い支援が可能となるような体制の見直しを行うとともに、効率的な時間活用の徹底及びマネジメント体制の強化による効率化を進める。

【平成25年度計画】

- ・研究現場に提供するサービスの質の向上を効率的に実現するため、業務実施体制の見直しを行う。

【平成25年度実績】

- ・産総研の組織及び業務体制の更なる改善を図るため、以下の業務実施体制の見直しを行った。
- 1) パワーエレクトロニクス拠点におけるオープンイノベーションの推進、TPEC 事務局機能の強化、平成26年度からの24時間稼働に対応できる組織体制の強化等のため、つくばイノベーションアリーナ推進本部にパワーエレクトロニクス拠点運営室を新設。
 - 2) 研究環境安全に係る企画・調整機能を強化するとともに、より効率的かつ効果的な資源配分や中長期的視野で施設整備計画を立案できるようにするため、研究環境安全本部環境安全管理部の「つくばセンター基幹設備管理室」と研究環境整備部の「施設計画推進室」及び「建設室」を廃止し、研究環境安全企画部に「研

究環境総括室」を、研究環境整備部に「技術管理室」及び「施設整備室」を新設し、更に部及び室間における業務調整を実施。

- 3) 診療所の管理及び運営をより効率的かつ効果的に行うため、当該業務所掌を「第一研究業務推進室」から総務本部人事部の「厚生室」に移管。
- 4) 研究成果の適切な管理及び利用の推進を図るとともに、より効率的で質の高い支援体制を整えるため、イノベーション推進本部知的財産部の「知的財産企画室」から秘密保持契約業務を同部の「技術移転室」及び「地域産学官連携センター」へ、知的財産権持分契約業務を同部の「技術移転室」へ移管。
- 5) 平成25年10月1日に福島県郡山市に設置した福島再生可能エネルギー研究所及び同研究所に新設した再生可能エネルギー研究センターにおける業務支援のため、同研究所に「福島連携調整室」及び「福島研究業務推進室」を新設。
- 6) 内部監査を実施する部署の組織的な客観性と独立性をより確実なものとするため、監査室をコンプライアンス推進本部から理事長直下の組織として再配置した。
- 7) 平成25年12月24日閣議決定「独立行政法人改革等に関する基本的な方針」により法人統合の可能性が低くなったため、企画本部の「法人統合準備室」を廃止。

【平成25年度計画】

- ・ノー残業デーの徹底により職員に効率的な業務遂行意識を醸成するとともに、労働時間の縮減に努める。
- ・リフレッシュのための年次有給休暇取得促進キャンペーンにより有給休暇の取得を促進するとともに、労働時間管理説明会等により、労働時間の縮減、効率的な時間活用について徹底し、職員のワークライフバランスの実現を図る。
- ・引き続き、職員研修等の機会を活用し、広い職層を対象に業務の効率化、業務品質の向上のためのカリキュラムを実施し、日常的に業務を見直し効率的に時間を活用する意識の向上に努める。

【平成25年度実績】

- ・毎週水曜日の「ノー残業デー」については、定時退庁を促す館内放送や、管理監等による所内巡視等を実施し、時間外労働時間の縮減の意識付けを行った。
- ・リフレッシュのための年次有給休暇取得促進キャンペーンについてポスターによる周知、取得実績の所内公表を実施し、職員の効率的時間活用の意識醸成を図った。・管理者向け労働時間管理説明会を事業所・地域センター毎に実施し、労働時間管理の重要性への理解を深めることにより、時間外労働時間の縮減、業務効率化への意識向上を図った。
- ・階層別研修のうち、グループ長等研修、事務職員フォローアップ研修、新規主査研修、中堅研究職員研修等において、「業務効率化」や「労働時間管理」に關す

るカリキュラムを実施し、業務効率を上げるためのスキル等の向上、また、日常業務にかかせないタイムマネジメントスキルの向上を図った。

【第3期中期計画】

- ・所内リサイクル物品情報システムを活用した研究機器等の所内リユースの取り組みにおいて、第3期中期目標期間終了時までには年間600件以上の再利用を目指す。

【平成25年度計画】

- ・職員研修及び説明会において所内リユースの周知、啓発を図るとともに、研究業務推進部室会計チームとの連携により、リサイクル物品情報システムを活用した所内リユースを推進する。

【平成25年度実績】

- ・平成25年度は、全体で588件の所内リユースが成立した（経費削減効果額は約7.3億円）。うち、リサイクル物品情報システムを活用したリユース件数は496件（経費削減効果額は約4.27億円）。

※経費削減効果額は資産取得価格での見積額

- ・下記の財務会計制度説明会等を実施し所内リユースの周知・啓発を行った。
- 4/2 新規採用職員研修
- 8/29 有形固定資産等の有効利用について資産管理責任者及び使用者宛て周知
- 8/22、12/19 全国会計担当者連絡会議を通じ、有形固定資産等の有効利用について啓発した。
- ・資産の廃棄に際しては、同システムへの掲載を原則とすると共に、資産の一体的な再利用に留まらず部品単位での再利用を促す観点からも、同システムへの掲載の徹底を啓発した。

【第3期中期計画】

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

【平成25年度計画】

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

【平成25年度実績】

- ・「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針（平成22年12月7日閣議決定）を踏まえて、鉱工業に関する科学技術の研究開発等について研究テーマの重点化による事業規模の見直しを引き続き実施するとともに、瀬戸サイトについては当該サイトを廃止し、現物を国庫納付した。
- ・「独立行政法人の職員宿舎の見直し計画（平成24年4月3日行政改革実行本部決定）」を踏まえて、借上宿舎規程を改正（平成25年5月1日施行）し、借上宿舎に

入居できるものを「頻度高く転居を伴う転勤等をする職員」に相当する者のみとし、入居期間を7年以内に限定した。

(2) 契約状況の点検・見直し

【第3期中期計画】

- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づき、競争性のない随意契約の見直しを更に徹底して行うとともに、一般競争入札等（競争入札及び企画競争・公募をいい、競争性のない随意契約は含まない。以下同じ。）についても、真に競争性が確保されているか、点検・検証を行い、契約の適正化を推進し、業務運営の効率化を図る。

【平成25年度計画】

- ・産総研の「行政支出見直し計画」、「1者応札・1者応募に係る改善策」、及び契約監視委員会での点検・見直しによる指摘事項等を踏まえ、契約の適正化を推進するため、以下の取り組みを行う。

【平成25年度実績】

- ・産総研の「行政支出見直し計画」、「1者応札・1者応募に係る改善策」、及び契約監視委員会での点検・見直しによる指摘事項等を踏まえ、契約の適正化を推進するため、以下の取り組みを行った。

【第3期中期計画】

- ・一者応札及び100%落札率の割合を少なくするため、適切な公告期間の設定等により競争性を確保し、競争性が働くような入札方法の見直しを図る。

【平成25年度計画】

①適切な公告期間の設定

- ・事業者が余裕をもって計画的に提案を行えるよう、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、可能な限り説明会を実施し、説明会から提案締め切りまでの期間を十分に確保する。

②適切な調達情報の提供

- ・入札ないし公募公告に、仕様概要、関係資料の提出期限等、事業者が参加するために必要な情報を提供する。
- ・調達情報をより多くの事業者に行き渡らせるため、産総研入札公告掲載ページへのリンクの設置を依頼する等、他機関との連携を推進する。
- ・その他、調達計画の公表等、事業者への事前の情報提供を行う。

③適切な仕様書の作成

- ・仕様書の作成にあたっては、業務遂行上必要最低限の機能や条件を提示する。
- ・事業の実施方法等、事業者の提案を受けることでより良い事業の実施が可能となる事項については抽象的な記載とし、可能な限り、関連情報を提供する公募説明

会を開催する。

④適切な事業期間の設定

- ・開札日から役務等の履行開始日までの期間を契約対象の業務内容に応じて確保する等、人員の配置が困難であったり、キャッシュフローの余力のない、比較的規模の小さい事業者も競争に参加できるよう取り組む。

⑤その他

- ・他機関における「契約監視委員会に関する公表事項」等の情報を収集及び分析し、当所においても取り組み可能な事例については積極的に取り入れる。
- ・以上のほか、入札辞退理由等を活用し、引き続き、実質的な競争性を阻害している要因を把握し、改善に取り組む。

【平成25年度実績】

①適切な公告期間の設定

- ・前年度に引き続き、事業者が余裕を持って計画的に提案を行えるよう、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、可能な限り説明会を実施し、説明会から提案締め切りまでの期間を十分に確保した。（事業内容に応じて、公告期間を21日～30日とする取り組みを継続実施。）

②適切な調達情報の提供

- ・前年度に引き続き、以下の取り組みを実施。
- ・入札ないし公募公告には、仕様をイメージしやすい件名にするとともに「仕様概要」を記載することとした。また、必要な資料の提出期限等を公告に記載した。
- ・産総研の調達情報に関しては、3機関（つくば市商工会、つくば研究支援センター、筑波研究学園都市交流協議会）のホームページからのリンクを引き続き設置すると共に、RSS方式による情報配信を引き続き行った。

※RSS方式とは：新たな入札案件の公告等のホームページの更新情報を、希望するユーザーのブラウザ等を用いて自動配信する仕組み。

RSS 経由による情報発信件数（平成25年4月～平成26年3月 実績）

総アクセス数 約1,908,000件【約7,788件／日】

うち、RSS 経由でのアクセス件数 約38,000件【約155件／日】

※ 各公告案件に対する延べアクセス件数（落札公告も含む）

※ 1日あたりの件数は土日等を除く

- ・調達予定のある機器等に関して、産総研公式ホームページ上の「参考資料募集」ページに必要とするスペック等の情報を公表し、仕様書の作成の基となる参考資料（パンフレット等）を広く業者から募集する取組を継続して実施した。
- ・規模の大きい什器類の調達について、経費節減、応札参加者の負担軽減及び応札参加者の拡大を図るため、産総研公式ホームページから仕様書のダウンロードが

できる取り組みを実施した。

③適切な仕様書の作成

- ・事業の実施方法等、事業者の提案を受けることでより良い事業の実施が可能となる「企画競争案件」については、可能な限り、関連情報を提供する公募説明会を実施し、事業の規模等を把握するための現場説明や、仕様書に添付することが困難な機器構成図等を開示した。
- ・調達担当者は、調達請求者が調査した要求仕様に基づくメーカー比較の結果である「調達事前調査票」を基に、競争に参加できる可能性がある業者に対して、入札公告がされている旨の情報提供を行った。
- ・調達請求者において、購入予定製品の参考資料・見積を請求する業者の目安として利用されることを目的に、販売代理店とメーカーの販売委託関係を一覧整理した「納入実績リスト」を引き続き、所内を活用し内部職員向けにイントラ上で公開した。

④適切な事業期間の設定

- ・役務等の契約において、落札日から履行開始までの間に必要な準備期間を落札した業者が確保できるよう、研究計画に支障のない範囲で余裕を持った事業期間の設定に心がけた。具体的には、4月当初に履行開始となるような年間契約等で、人員や材料等の確保が事前に必要な案件に関しては、3月初旬に契約を締結し、十分な準備期間を確保できるよう配慮した。

⑤その他

- ・平成24年度契約分の点検内容を早期に反映させるべく、本年度においても契約監視委員会を前倒しで6月に開催するとともに、平成25年度上期契約案件の審査を12月に実施した。
- ・入札参加事業者の新規参入を促すために、入札公告前の平成26年1月28日に「平成26年度年間契約予定一覧」を産総研公式ホームページにて事前公表すると共に、産総研メールマガジン及びRSS方式による情報配信を行った。
- ・他機関における「契約監視委員会での指摘事項」については、当該機関のホームページ等から情報収集及びヒアリングを行ったが、他機関での新たな改善策は見当たらなかった。
- ・入札辞退者に対して辞退理由のアンケートを継続実施し約2,700社からの回答を得て、入札辞退理由の把握に努めた。
- ・一般競争に係る入札書の提出期限を開札日の前日までとし、開札時まで応札参加者数が分からない手法を講じ、競争性の更なる確保に努めた。
- ・事業者の利便性向上を図るため、入札等参加に必要な書式（価格証明書、見積原価計算書等）についてダウンロード項目として追加した。

【第3期中期計画】

- ・産総研内「契約審査委員会」において、政府調達の利用を受けることとなる物品等又は特定役務の仕様書、契約方式、技術審査等に関する審査を行っているが、第3期中期計画期間においては、審査対象範囲の拡大や審査内容の拡充に関する新たな取り組みを行う。

【平成25年度計画】

⑥契約審査委員会における審査内容等の拡充

- ・所内「契約審査委員会」における審査対象範囲を見直すとともに、技術的な見地から要求仕様の審査を拡充する。

【平成25年度実績】

⑥契約審査委員会における審査内容等の拡充

- ・各事業所の契約担当職毎に委員会を設置し、政府調達協定の対象となる契約案件を適切に把握し、調達スケジュール・仕様書等の法令への適合性について各事業所の研究分野に応じて技術的な見地から厳正に審査した。

【第3期中期計画】

- ・また、契約審査体制のより一層の厳格化を図るため、法人外部から採用する技術の専門家を契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。

【平成25年度計画】

⑦契約審査体制のより一層の厳格化

- ・法人外部から採用する技術の専門家を日々の契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。

【平成25年度実績】

⑦契約審査体制のより一層の厳格化

- ・つくばセンターにおいては、契約審査委員に民間企業での技術的な専門知識を有する契約審査役を加え、請求者が要求する仕様内容・調達手段について、必要最低限の仕様や条件となっているかを厳正に審査し質的向上を図ると共に、事業所間での要求仕様の標準化を図った。（審査件数138件）
- ・契約監視委員会の意見を踏まえ、地域センターで開催される契約審査委員会にも可能な限り契約審査役が出席することとし、本年度は中部センター及び臨海センターでの契約審査委員会に出席すると共に、TV会議を通じて契約審査委員会に出席し、審査を実施した。（審査件数23件）
- ・さらに、地域センターの契約案件については、前年度の契約件数の上位一割の案件が対象となる金額まで審査対象の基準額を引き下げ、契約審査役による審査を実施した。（審査件数11件）

2. 研究活動の高度化のための取組

- (1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

【第3期中期計画】

- ・外部からの評価結果や社会的ニーズ等を踏まえ、研究領域ごとに戦略的、効果的に研究を遂行するため、機動的に組織体制の見直し、組織の改廃や新設を行う。

【平成25年度計画】

- ・組織体制の見直しを機動的に実施するため、平成24年度と同様に、「研究ユニット活動総括・提言委員会」を半期ごとに開催し、今後の研究及び組織のあり方等のとりまとめを行う。

【平成25年度実績】

- ・「研究ユニット活動総括・提言委員会」を上期に3研究ユニット、下期に25研究ユニットを対象として開催し、活動の総括及び今後の研究及び組織のあり方等をとりまとめた。

【平成25年度計画】

- ・研究ユニット評価結果や社会的ニーズ等を踏まえ、機動的な組織体制の見直しを図るとともに、研究推進組織の改廃及び新設等を行う。

【平成25年度実績】

- ・平成24年度の研究ユニット評価結果等を踏まえて、平成24年度をもって水素材料先端科学研究センター、バイオメディシナル情報研究センター及びダイヤモンド研究ラボを廃止し、平成25年4月に創薬分子プロファイリング研究センター及び触媒化学融合研究センターを新設するとともに、平成24年度末をもって設立期限を終えるナノチューブ応用研究センターの設立期限を平成26年度末まで2年間延長した。
- ・東日本大震災復興基本法第3条等に基づき制定された「東日本大震災からの復興の基本方針」及び「福島復興再生基本方針」（閣議決定）等を踏まえ、平成25年10月1日に福島県郡山市に福島再生可能エネルギー研究所を設置するとともに、同研究所に再生可能エネルギー研究センターを新設。
- ・研究ユニット評価結果等を踏まえた上で、研究分野ごとに全研究ユニットの体制を検討し、平成26年度に向けての研究組織の改廃を実施することとした。具体的には、平成25年度をもって新燃料自動車技術研究センター、糖鎖医工学研究センター、生命情報工学研究センター及び活断層・地震研究センターを廃止し、糖鎖創薬技術研究センター、ゲノム情報研究センター、磁性材料工学研究センター及び活断層・火山研究部門を新設することを決定した。
- ・国内外の有識者からなる運営諮問会議を平成26年1月27日に開催し、産総研の研究活動、運営全般に関して、戦略的かつ効果的な助言を得た。

【第3期中期計画】

- ・実用化や製品化までの研究開発期間の短縮を図るためにも、自前主義にとらわれることなく、共同研究等により、海外を含め大学、他の研究機関や民間企業等の人材、知見、ノウハウ等をより積極的に活用する。

【平成25年度計画】

- ・新たな技術開発による新産業の創出を図るために、「産総研オープンラボ」の他、産総研内外で開催されるイベントや研究者によるアウトリーチ活動を活用し、産総研の技術シーズを国内外へ発信する。日本経済の再生に向けた技術開発戦略を議論する「日本を元気にする産業技術会議」において、平成24年度に発表した提言及び産総研行動計画のフォローアップや新たな課題を議論する為のシンポジウム等を開催する。また産業界のニーズも踏まえ民間企業、他の研究機関との共同研究等を機動的かつ集中的に推進する。

【平成25年度実績】

- ・産総研オープンラボ（来場者のべ5,179名）の実施や産学官連携推進会議、科学・技術フェスタ（いずれも内閣府主催）等の外部イベントへの出展により、産総研の技術シーズを国内外へ発信した。また「日本を元気にする産業技術会議」では、ダイバーシティや食産業等をテーマとしたシンポジウム（平成25年度は9回開催）を開催すると共に、提言及び産総研行動計画のフォローアップを行った。平成25年度においては機動的な連携を推進する制度を活用した「FS 連携」を73件実施した。これらのイベント、制度においてはイノベーション推進本部および各研究ユニット所属のイノベーションコーディネータ等が、各出展、案件における連携担当となり、産業界の多様なニーズ把握と産総研の技術シーズのマッチングを図り、新たな連携へ繋げる活動を行った。
- ・共同研究の派遣研究員（1,971人）、外来研究員（1,285人）、技術研修員（1,387人）、技術研究組合のパートナー研究員（633人）等の外部人材を受入れ、知見、ノウハウ等を積極的に活用した。

【第3期中期計画】

- ・産総研が取り組む必要がある研究開発について、政策との関係や他との連携強化に実効的な措置や取組を明らかにしつつ、経済産業省の関係課室と意見交換を行いながら具体的な技術目標を明示した「産総研研究戦略」を策定し実行する。その際、更なる選択と集中を図り、実用化や製品化という目標を明確に設定した研究開発への重点化を図る。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に策定した「産総研研究戦略」について、研究の進捗、産業ニーズの変化、産業界の意見等を踏

まえて内容を見直し、平成25年度版を策定する。

- ・イノベーション推進本部においては、平成25年度「産総研研究戦略」における研究支援の在り方、連携の方策、研究成果の社会への還元の在り方、人材の育成等についてのアクションプランを、PDCA を通じて推進する。

【平成25年度実績】

- ・平成24年度に策定した「産総研研究戦略」について、研究の進捗、産業ニーズの変化、産業界の意見等を踏まえてこれを見直すとともに、平成24年度以降重点的に取り組んでいる事項を取り入れ、今後に向けた研究の方向性を示す内容となる平成25年度版を策定した。
- ・連携の方策、研究成果の社会への還元の在り方に関しては、知的財産部、産学官連携推進部を中心に、各研究分野、研究ユニット等に配置したイノベーションコーディネータを通じて実践と検討のサイクルで推進した。また、福島再生可能エネルギー研究所およびつくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点を“出会いの場”として取り上げ、オープンラボでの特別展示や、メディアを通じた情報発信を行った。

【第3期中期計画】

- ・萌芽的な基礎的研究についても一定の関与をしつつ、産業変革を促すような革新的、独創的な研究課題を実施する形で重点化を図り「産総研研究戦略」に位置づける。

【平成25年度計画】

- ・産業変革を誘導する革新的、独創的な研究課題の構築を重点課題として「産総研研究戦略」に位置づけ、イノベーションコーディネータ等による特別チームを編成し、産業界とのインターフェイス機能及びオープンイノベーションハブ機能の強化と、社会・政策ニーズを踏まえながら進めていく。また、産総研として進めるべき重点課題に対して、重点的な予算配分や関係者及び、知財、産学官連携推進等の専門家により継続したタスクフォースによる研究計画のブラッシュアップや体制の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・産業変革を誘導する革新的、独創的な研究課題の構築を重点課題として、平成25年度「産総研研究戦略」に位置づけた。具体的には、従来の戦略予算による課題研究を遂行すると共に、科学的・技術的に優れており、大きな産学連携プロジェクトに成長することで、社会的・経済的に大きなインパクトが期待できる研究課題を対象とし、産総研の「看板」である、グリーン・テクノロジーとライフ・テクノロジーで我が国産業をリードする世界最高水準の研究開発成果の創出を目指す研究プログラムとして、産総研戦略的融合研究事業（STAR）を創設した。本年度は「高電力効率大

規模データ処理イニシアチブ」(IMPULSE)、および、「革新的創薬推進エンジン開発プログラム」(LEAD)の2テーマがスタートし、事業推進のためのサポート体制を整備した。

【第3期中期計画】

- ・「I. 2. (1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発」において掲げた地域センターの取り組みの成果に関しては検証を行い、第3期計画期間中にその検証結果を公開するとともに、検証の結果を踏まえて各地域センターが一律に同一の機能を担うことを前提とせず、各地域センターの所在する地域の特性に応じて各地域センターが果たす機能の大胆な見直しを行い、産総研の研究開発戦略における地域センターの役割を検討する。具体的には、地域センターが有している、地域特性を活かした技術開発や地域における科学技術拠点群形成のための先端研究開発等の活動により発揮される研究機能と地域産業政策や地域産学官をつなぐ活動により発揮される地域連携機能を活かした取り組みについて、地域産業への技術移転、成果普及を通じて地域産業の振興や新産業の創出に寄与、貢献しているか、あるいはそれらが確実に見込まれる状況になっているか、地域の大学及び企業等を巻き込んで産学官の緊密な連携やオープンイノベーションの推進を実現できているか、大学と企業をつなぐ役割や地域の中小企業等の技術開発や製品化の取り組みに寄与、貢献しているか、といった視点から総合的に検証し、その検証結果を踏まえて各地域センターが有する研究機能と連携機能を発揮する活動とリソース配分の見直しを行い、地域活性化の中核としての機能強化を図る。

また、地域センターに所属する事業所及びサイトについては、研究機能と連携機能の観点から、共同研究等の設立目的終了時又は利活用状況が低下した時点において、その事業の必要性を検証し、不要と判断された場合は速やかに閉鎖する。

【平成25年度計画】

- ・地域事業計画について、地域センターの取り組みの成果についての検証結果を踏まえ、必要に応じて見直しを行い、これに従って地域経済に貢献する最高水準の研究開発を実施する。

【平成25年度実績】

- ・地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発を推進した。主な成果は次のとおり。
- 1) 北海道センター：産総研植物工場を用いて、イチゴによるイヌ・インターフェロンの生産に成功し、共同研究相手企業がイヌ歯肉炎軽減薬としての製造販売承認を得(H25.10.11)、産総研植物工場の商業応用が実現した。組換え植物(イチゴ)そのものが医薬品として認可されたのは世界初。

- 2) 東北センター：NEDO プロジェクト「革新的塗装装置の開発」の成果を発展させ、常温で固体である物質の加熱溶融体に高圧二酸化炭素を混合して噴霧する新しい微粒子製造技術を開発。共同研究を通じて環境負荷の少ない省エネルギー型微粒子製造技術として企業への技術移転を進めた。また、最先端のマイクロ波化学プロセス技術を開発し、複合銅ナノ粒子合成やTOC分析装置用試料前処理に展開。後者は地域中小企業がプロトタイプ装置を作成し、上市準備中。

- 3) 臨海副都心センター：第3期の課題であるライフ・ITの融合研究を推進した。「バイオテクノロジー作業ロボット開発」においては、共同研究相手の企業と共に、高精度で多自由度の動きができる双腕ロボット「まほろシステム」を開発し、国内大手製薬会社と公的研究機関等に導入すると共に、海外からの引き合いも多数あり、製品化に貢献した。「創薬支援拠点化」においては、国内大手製薬会社3社と共同研究について個別に内容を詰め、共同研究及び受託研究契約を成立させると共に、慶應大学医学部及び同病院と産総研の包括協定締結を実現し、国立がんセンターとの連携も促進した。更に、「障害物環境歩行ロボット」に関して、世界トップレベルの技術を開発した。

- 4) 中部センター：次世代自動車関連研究などで材料メーカー等との連携を進め、継続中の二つの技術研究組合に加えて、今年度設立した技術研究組合「新構造材料技術研究組合」と「未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合」が中部センターにおいて活動を開始した。また、「炭素繊維強化プラスチック(CFRP)」について、名古屋大学ナショナルコンポジットセンター(NCC)が国から受託する炭素繊維複合材料開発プロジェクトより再委託を受け、NCCの試料について材料評価を実施するとともに、CFRP加工に向けて開発したWC-FeAl超硬工具の性能試験について公設試7所によるラウンドロビン試験を実施中。さらに、ペアガラスを必要としないガスクロミック調光ミラーを開発し、地域企業を含む企業6社との共同研究を開始した。市販のLPGカセットボンベを使ったハンディ燃料電池システムを試作し、災害・非常時用やアウトドア用、次世代自動車などの移動体用電源へのSOFC発電システムの適用の可能性を示し、NEDOより実用化に向けた企業との研究開発プロジェクトを受託し、発電性能の確認と共に100時間の連続発電、劣化率10%以下を達成した。

- 5) 関西センター：従来のLiイオン電池の正極材料に比べて、6倍近い理論容量を持つイオウ系正極材料を用いた電池のサイクル寿命を実用レベルまで向上することに成功し、電気自動車や大型蓄電池開発を目指した企業との共同研究を実施中。独自に開発したナノカーボン高分子アクチュエーターにおいて、従来の約百倍の繰り返し耐久性と数十倍の変位保持性を実現し、

実用化の目途を得た。ダイヤモンド半導体を用いたダイオード整流素子を試作し、高温（250℃）で高速・低損失動作を実現した。

- 6) 中国センター：セルロースナノファイバー（CNF）等を利用する高性能複合材料製造に関して、25年度に完成した200t 製造ラインを使用して高規格木粉を製造し10t/月で出荷を開始した。また、工業生産が可能な湿潤セルロースナノファイバー（CNF）を直接複合化する方法により、ヒノキを原料としたCNF1%添加ポリプロピレン（PP）複合材で、引張強度1.3倍、弾性率1.4倍、伸び600%を達成した。これにより、CNF 少量添加でも高強度で弾力性のあるプラスチックを作成することができ、実用化に近づけることができた。
- 7) 四国センター：高感度・迅速・簡便な測定が可能な細胞チップ技術について、マラリア検出システムを確立した。製品化に向け企業との共同研究を継続するとともに、マラリア感染の早期診断について実証試験を実施し、アフリカで96件の結果を得た。循環がん細胞検出については、血中試料を迅速に検出できる、簡便・超安価なマイクロ流路チップを開発した。製品化に向け企業との共同研究を推進中。地元企業との連携では、産総研の遺伝子組換え酵母技術を活用した共同研究により、「廃棄うどん」を原料としたバイオエタノール生産技術を開発し事業化につなげた。
- 8) 九州センター：窒化アルミニウムへの第3元素添加による圧電特性の改善に成功し、携帯端末機器用の次世代電子部品材料として技術移転を行った。また、各種市販太陽電池モジュールの発電量評価を可能とする屋外曝露サイトでのデータ解析を通じて、太陽電池の種類や天候が発電量に及ぼす影響を明確化し、地域の気象条件に適応した太陽電池を選択するためのデータベースを構築した。

【平成25年度計画】

- ・地域センター活動検証委員会の検証結果を公開するとともに、その検証結果を踏まえ、各地域センターの機能強化策を講ずる。

【平成25年度実績】

- ・地域センター活動検証委員会を7回開催し、報告書案を取りまとめるとともに、検討結果を本格研究 WS を通じて公表した。また、検証結果を踏まえて、各地域の特長に応じた、研究機能、連携機能、内部マネジメントに関する強化策を策定した。

【第3期中期計画】

- ・産総研イノベーションスクール（平成20年度開始）及び専門技術者育成事業（平成17年度開始）については、第3期中期目標期間中において、育成期間終了後の進路等、育成人材の追跡調査等によって成果を把握して、

現行の事業の有効性を検証し、その継続の要否も含めた見直しを行うものとする。

【平成25年度計画】

- ・産総研イノベーションスクールについては、育成修了者の進路の追跡調査を行うとともに、産学官連携の促進ツールとしての効果の検証を行い、外部有識者との意見交換を実施して事業評価の準備を行う。

【平成25年度実績】

- ・産総研イノベーションスクール制度の効果検証のために、過去の育成修了者の進路の追跡調査を引き続き実施して、パンフレット等に掲載する修了生の就業状況データを更新した。また、過去のスクール生を受け入れたホスト研究者全員に対してアンケート調査への回答を依頼し、スクール生をきっかけとした連携活動、研究グループ内に与える波及効果等をまとめた。また、3月には外部委員による諮問委員会を開催して意見交換を行い、スクール運営に関するアドバイスを得た。さらに、修了生を含めた人的ネットワーク形成を促進するために、先輩との交流会に合わせて同窓会としての近況紹介を試みた。

【第3期中期計画】

- ・ベンチャー開発センターについては、第3期中期目標期間中において、創出ベンチャー企業の業績や動向を把握し、それまでの取組における成果及び問題点並びに制度上のあい路等を厳格に検証し、その結果を公表するとともに、当該検証結果を踏まえ、事業の存続の要否も含めた見直しを行う。具体的には、産総研ベンチャーの創出、育成及び支援に関する施策について、創出企業が成功に至った例、失敗した例の両方について、技術シーズ発掘からビジネスプラン策定や検証を経て創業に至るまでの過程における各施策の有効性について検証し、検証結果を踏まえた見直しを行うとともに、有効性の高いものと認められ引き続き実施する施策については外部の研究開発機関等へ知見やノウハウを広く公開、共有する。

【平成25年度計画】

- ・ベンチャー創出支援事業に関する検証結果を公表し、外部の研究開発機関等と知見やノウハウを共有するとともに、検証結果を踏まえた事業の見直しを行う。

【平成25年度実績】

- ・ベンチャー創出支援事業に関する検証結果は産総研公式ホームページ、「第9回ベンチャー開発成果報告会」及び「ベンチャーフォーラム」等において公表した。これまでの知見やノウハウは NEDO のベンチャー創出支援に関わる新制度であるプラットフォーム事業の構築に際し、参考情報として提供した。また、所内においても検証結果を踏まえて、有望な産総研技術

移転ベンチャーの重点的支援、スタートアップ・アドバイザーを中心としたチーム力を強化する取り組みなどを新たに開始した。

【第3期中期計画】

- ・研究評価の質を向上するため、現場見学会の開催や事前説明等の充実により、評価者が評価対象を把握、理解する機会を拡大する。

【平成25年度計画】

- ・外部委員が評価対象を把握、理解する機会を拡大するために、外部委員と研究ユニットとの多様な方式による意見交換及び外部委員への成果の情報提供等を引き続き実施するとともに、外部委員への事前説明の充実を図る。

【平成25年度実績】

- ・外部委員が評価対象を把握、理解する機会を拡大するために研究ユニットが主体となり、委員会形式、個別訪問形式で意見交換を実施した。新たな外部委員に対して産総研の評価システム等の事前説明を実施した。

【平成25年度計画】

- ・評価委員会での評価資料の説明とその質疑以外に、ポスターセッション等を行うとともに、それらにおける多様な研究内容の紹介や研究者との質疑等により、評価委員が評価対象の把握や理解を深めるための機会の充実を図る。

【平成25年度実績】

- ・評価委員会での評価資料の説明とその質疑以外に、現場見学会及びポスターセッションを実施することにより、評価委員が評価対象の把握や理解を深めるための機会を充実させた。

【平成25年度計画】

- ・前回の研究ユニット評価結果や評価委員との意見交換における指摘事項への対応状況を研究ユニット評価資料に記載するとともに、必要に応じて評価委員会での説明を行う。

【平成25年度実績】

- ・前回の研究ユニット評価結果や評価委員との意見交換における指摘事項について、改善点などの対応状況を研究ユニット評価資料に記述するとともに、必要に応じて評価委員会での説明を行った。

【平成25年度計画】

- ・評価資料の活動データに加えて、評価委員が研究ユニットのアウトプットの内容をより詳細に把握できる情報提供の充実を図る。

【平成25年度実績】

- ・評価委員に対して、外部公開版研究成果発表データベ

ースを用いた研究ユニットの論文等の確認方法について情報提供することにより、研究ユニットのアウトプット(論文等)の内容をより詳細に把握できるようにした。

【第3期中期計画】

- ・産総研ミッションに即した、より客観的かつ適切な評価軸へ見直しを行い、アウトカムの視点からの評価を充実させる。また、研究成果創出の最大化ならびに成果の社会還元につなげるため、PDCA サイクルによる継続的な自己改革へ評価結果を適切に反映させる。

【平成25年度計画】

- ・研究ユニット評価において、研究ユニットが参画している技術研究組合等外部連携の類型を示すこと等により、より適切な評価を受けられるようにする。

【平成25年度実績】

- ・評価委員に対して、研究ユニット評価において、研究ユニットが参画している技術研究組合について、実施範囲と役割等の関係を示して説明をすることにより、より適切な評価ができるようにした。

【平成25年度計画】

- ・第3期中期目標期間における評価の基本方針に基づき「イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務」に対する活動について、前回の評価委員会での指摘事項を踏まえたその後の業務活動について、国民に対して提供するサービスの質の向上等の観点から評価を実施する。

【平成25年度実績】

- ・イノベーション推進活動評価委員会を開催し、「イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務」に対する活動について、「競争力のある研究シーズの育成」「産業界との協働プロジェクトの拡充」「産業技術人材の育成」などの項目を対象に、前回の評価委員会等での指摘事項を踏まえたその後の業務活動について、国民に対して提供するサービスの質の向上等の観点から評価を実施した。

【平成25年度計画】

- ・PDCA サイクルによる自己改革を継続的なものとするために、研究ユニットと評価部との意見交換を年度の早期に実施する。研究ユニット評価委員会に、当該研究ユニットに関連する研究ユニット長が出席することを引き続き実施し、研究ユニット評価の効果的な活用を図る。

【平成25年度実績】

- ・PDCA サイクルによる自己改革を継続的なものとするために、平成24年度に評価を実施した研究ユニットと評価部とで、評価結果の重要な指摘事項等について

の意見交換を8月までに実施した。また、研究ユニット評価委員会に、関連する研究ユニットの出席を促し、当該研究ユニットの説明やそれに対する評価委員からの質疑を把握することにより、評価の効果的な活用を図った。

【平成25年度計画】

- ・研究評価を実施している外部機関との意見交換会、及び国内外の評価関連学会やセミナーに参加し、次期中期目標期間における当所の研究ユニット評価を実施するために必要な事項について、情報収集を行う。

【平成25年度実績】

- ・研究評価を実施している外部機関（NEDO 等）との研究評価に関する意見交換、及び米国評価学会や研究・技術計画学会等国内外の評価関連学会やセミナーに参加し、次期中期目標期間における評価について情報収集を行った。

【第3期中期計画】

- ・平成22年度末までに秋葉原事業所を廃止し、職員の配置を見直すとともに、業務の効率化を図る。

【平成25年度計画】

- ・なし

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

【第3期中期計画】

- ・新たな事業所やサイト等の研究拠点を設置する場合は、現状の基幹設備状況や拠点設備等の汎用性を踏まえるとともに、省エネルギーの推進、類似の研究領域に係る施設を極力近接して配置するなど経済性、効率性を考慮した施設整備に努める。研究開発の進捗よく状況に応じて、無駄なく必要な研究スペース等を確保するものとする。また、研究開発の終了時には、施設の有効活用のための検討を行い、その上で施設の廃止又は不用資産の処分が適切と判断された場合は速やかに実施する。

【平成25年度計画】

- ・「福島再生可能エネルギー研究開発拠点」について、適切な工事監理・監督を行い、高品質な研究施設を完成させる。

【平成25年度実績】

- ・「福島再生可能エネルギー研究開発拠点」建設工事において、適切な監理・監督を行い、事故による工事の遅延防止並びに高品質な施工の確保を図るとともに、安全で環境に配慮した研究施設を計画どおりに完成させた。（実験別棟：平成25年10月、研究本館：平成26年1月完成）
- ・「A 区画整備建設工事・電気設備工事・機械設備工

事」、「再生可能エネルギー備蓄回生システム設置工事」、「風力発電設備設置工事」、「太陽光発電設備工事」等について、適切な工事監理・監督により、計画通りの施設を完成させた。

【平成25年度計画】

- ・研究拠点の再構築及び老朽化対策として実施する改修工事においては、経済性を考慮しつつ、エネルギー効率の高い、環境負荷と施設運用コストを低減できる、汎用性の高い施設・設備を設計し、工事に着手する。

【平成25年度実績】

- ・研究拠点の再構築として、北海道、東北、つくば、関西、九州の各センターにおいて、経済性を考慮しつつ、エネルギー効率が高く、かつ汎用性の高い研究施設の設計を行い、計画通り建設に着手した。
- ・前例のない予算規模の老朽化対策事業において、施設維持管理コストの低減、安全確保、環境保全に配慮した設計を行うとともに、研究活動への影響の最小化を図りつつ、つくば中央・東地区特高受変電設備、つくば中央地区北・東地区研究廃水処理施設、各事業所電源盤等の大規模研究インフラ施設の改修工事に着手した。

【平成25年度計画】

- ・スペース有効活用審査委員会において閉鎖が決定された建物について、予算状況を勘案しながら解体・撤去を進める。

【平成25年度実績】

- ・閉鎖決定された建物について、7棟4,108m²の解体撤去を完了し、18棟5,176m²の解体撤去の手続きを開始した。

【平成25年度計画】

- ・研究環境安全委員会等のツールを活用し、省エネルギー性が高く、安全性が確保された施設の整備を推進する。

【平成25年度実績】

- ・大規模設備及びエネルギー消費施設の導入・更新にあたっては、研究環境安全委員会を発展的に解消し、研究環境安全企画部の業務として建築、機械、電気、安全、省エネ等に関する審査（33件）を実施し、安全性、省エネルギー性の高い施設整備の実現に貢献した。

【平成25年度計画】

- ・補正予算により措置された整備事業を踏まえ、これまでの計画をより効果的になるように中期施設整備計画を見直す。

【平成25年度実績】

- ・前例にない規模の補正予算が措置されたことから、中期施設整備計画に留まらず、マスタープランも含めて

見直しを行い、今後の施設整備計画の検討に着手した。

【平成25年度計画】

- 施設情報のデータベースをもとに、平成24年度に作成した施設管理支援システムについて、適切な維持管理・運営を行う。

【平成25年度実績】

- 実施した設備改修や現地確認により明らかになった内容を随時反映するとの手法でデータの更新を行い、施設管理支援システムを適切に維持管理・運営した。

【平成25年度計画】

- 研究施設等を効率的に運営するために定めた有効活用フローを効果的に活用し、引き続き効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進する。

【平成25年度実績】

- スペースを有効活用するため、管理監・地域センター所長による年2回の巡視を実施した。これに加え、原則年2回の開催としていたスペース有効活用審査委員会を毎月開催することとし、スペース配分及びスペースに関する方針決定に迅速に対応し、効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用を推進した。

【平成25年度計画】

- 研究スペースの配分に際しては、中期施設整備計画を踏まえ、効率的な配置及び研究領域の集約化を進めるとともに、不用となった建物を閉鎖する。また、変化する研究開発のニーズに応じたスペース利用となるよう、スペースの返納や既存設備の有効活用を促進する。

【平成25年度実績】

- 18棟の建物を閉鎖し、研究スペースの効率的な配置を進め、さらに大部分の動物実験施設を6-12棟へ集約化して効率化を図ることとした。また、集約化等によって生み出された空きスペース等については、産総研が参加する技術研究組合等への貸与を行う等、研究開発のニーズに応じたスペース利用の推進を図った。

【第3期中期計画】

- 産総研が保有する研究人材及び研究開発で活用する最先端の研究機器、設備等を社会と共有するための拠点（先端機器共用イノベーションプラットフォーム）の体制整備を行うとともに公開設備の範囲の拡大を行う。

【平成25年度計画】

- 共用施設の管理・運用システムの更なる強化を図る。具体的には、専門知識を持たないユーザでも、所望の加工・分析等が可能な機械にアクセスできるよう、利便性の高い検索機能を持つ「機器データベース」の整備を行う。

【平成25年度実績】

- TIA-nano 四機関の300点余りの共用機器（加工・分析装置）を網羅した「つくば共用施設データベース」を整備し、平成25年8月より公開した。装置名から検索する機能に加え、専門知識を持たないユーザでも「やりたいこと」から出発して装置の検索が行える新たな検索機能を持たせ、利便性の高いデータベースとし、共用施設の利用促進と利便性の向上を図った。

【平成25年度計画】

- 外部公開施設の所外利用を促進するため IBEC の宣伝に努める。

【平成25年度実績】

- 産総研オープンラボ、イノベーションジャパン2013、TIA-nano 公開シンポジウム等各種イベントにおける利用説明会・ポスター展示により、上記データベースと IBEC 施設の宣伝を行い、外部利用促進に努めた。

【平成25年度計画】

- TIA の中核機関の一つとして、共用施設 WG 設立に尽力する。

【平成25年度実績】

- TIA-nano 中核四機関、産業界、政府関係機関等産学官のメンバーによる共用施設 WG を発足させた。3回の会合を開き、WG の目標、人材育成等今後の活動について議論した。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

- (1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

【第3期中期計画】

- 研究職については、研究活動に活力を与える任期付研究職員制度を持続的に発展させるために、多様な人材の確保に配慮しつつ、若手研究員の採用を促進する新たな制度を導入するなど、採用制度の見直しを行う。

【平成25年度計画】

- 研究職員については、優秀かつ多様な人材を確保するための方策を継続的に検討していく。平成24年度に改定を行った博士型任期付研究員制度については、その効果を検証し、任期付研究職員制度の持続的発展に努める。

【平成25年度実績】

- 平成24年度に今後の産業技術の発展を担う若手の育成を考慮して採用する博士型任期付研究員制度に改定したことにより、平成24年度に引き続き、平成22年度及び平成23年度に実施してきた産業人材育成型任期付研究員制度より応募者の採用年齢が下がるとともに採用者数が増加した。（平成22年度採用者平均年齢32歳（採用者数55名）、平成23年度採用者平均年齢31歳（採用者数54名）→平成25年度採用者平均年齢30歳

(採用者数66名)

【第3期中期計画】

- ・事務職については、産総研で求める人物像及び専門性を明確にした上で採用活動を実施し、優秀な人材確保に努める。また、特別な専門知識を必要とする特定の業務については、民間経験等を有する者の中途採用を積極的に推進する。

【平成25年度計画】

- ・全国の主要大学等での就職説明会や企業合同説明会の参加を通じて、就職希望につながる効率的な勧誘と広報を行い、多様で優れた人材の確保に努める。

【平成25年度実績】

- ・主要大学の就職説明会（9箇所）及び企業合同説明会（11箇所）に参加して、優れた人材の確保に向け、積極的な採用活動を実施した。また、産総研主催の就職セミナーを開催（4回）し、志望度を上げるため若手事務職員から具体的な業務内容とその魅力等について説明する機会を設けた。

【平成25年度計画】

- ・特別な専門知識が必要な特定の業務を行う部署については、引き続き即戦力が必要な業務を調査し、中途採用制度も活用する等により適切な人材の確保に努める。
- ・事務系契約職員等の職員登用制度（地域型任期付職員）については、引き続き適切な実施に努める。

【平成25年度実績】

- ・ファシリティマネジメント（研究施設管理）業務について3名、国際輸出管理業務について1名、つくばイノベーションアリーナ拠点の施設維持・運営業務について4名を特定業務任期付職員として採用した。また、技術系（研究施設管理）職員について、新卒採用者1名を内定した。
- ・地域型任期付職員（事務系契約職員等の職員登用制度）については、5名採用内定した。

【第3期中期計画】

- ・定年により産総研を退職する人材については、関係法令を踏まえて、第2期に引き続き再雇用を行っていく。

【平成25年度計画】

- ・シニアスタッフ制度の見直しについて、労働法令の高齢者雇用制度など国家公務員の再任用制度の今後の動向を見つつ、検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・平成25年度末で定年退職する職員のうち、研究業績の極めて著しい職員、研究を継続する必要がある職員は、研究ユニットでの再雇用を実施した。また、本部・事業組織に在籍し、特定業務を高い専門性・経験で継続

する必要のある職員は、本部・事業組織での再雇用を実施し、その他の再雇用については、引き続き現状のシニアスタッフ制度を活用して、昨年度同様に募集、面談等を実施して再雇用を希望する退職予定者全員の再雇用を行うこととした。

【第3期中期計画】

- ・人材の競争性、流動性、及び多様性をより一層高めるとともに、最適な研究者の構成、知財戦略の推進やベンチャー創出あるいは研究マネジメント等の分野における専門的な人材の活用を図るため、第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略としてまとめる。また、それに応じた人事システム、研究者の評価システムやキャリアパスの見直しを行うものとする。

【平成25年度計画】

- ・平成24年6月21日付で理事会決定した「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について（中間とりまとめ）」について、実施された各措置について、適切な運用を行っていくとともに、イノベーション推進本部及び関連組織の業務方針及び体制の改善については、継続検討課題として引き続き検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・平成24年6月21日付理事会決定「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について（中間とりまとめ）」に基づき、下記措置を続行した。
 - 1) 研究推進組織における研究職員の役職等の見直しに基づく異動発令
 - 研究職5級で役職が主任研究員の者（審査対象者90名（辞退者57名含））について、業績審査及び研究統括、副研究統括による面談を実施し、平成24年度に新設した上級主任研究員への推薦候補者を決定し、10月1日付で発令を行った（33名）。
 - 2) 博士型任期付研究員の採用
 - 平成24年度に新設した博士型任期付研究員を69名採用した。
 - 3) 専門的な業務を担う人材の確保
 - ・ファシリティマネジメント（研究施設管理）業務について3名、国際輸出管理業務について1名、つくばイノベーションアリーナ拠点の施設維持・運営業務について4名を特定業務任期付職員として採用した。また、技術系（研究施設管理）職員について、新卒採用者1名を内定した。
 - 4) 管理職員の明確化
 - 事務職員について平成24年度に明確化した管理職員と非管理職員の区分に従い、役職異動時に管理監督者等の指定と解除を通知した。

5) 事務職員に係る役職定年制の実施

平成24年度に導入した事務職員に係る役職定年制により、10月1日付で18名の対象者に対して発令を行った。

6) 事務系契約職員等に対する職員登用の継続

地域型任期付職員として、平成25年4月1日付で5名を採用した。また、5名の平成26年度採用予定者を内定した。

【第3期中期計画】

- 男女や国籍などの別にかかわらず個人の能力を存分に発揮できる環境の実現を目指し、共同参画を推進する。研究系の全採用者に占める女性の比率について第3期中期目標期間終了時までに第2期実績を上回る15%以上を確保し、更なる向上を目指す。また、外国人研究者の採用については、研究セキュリティをはじめコンプライアンスの観点に留意しつつ、積極的な採用に努める。

【平成25年度計画】

- ワーク・ライフ・バランス支援及びキャリア形成支援を進めるとともに、介護支援に関する調査分析及び課題抽出を引き続き行う。ダイバーシティ意識の啓発及び浸透のための取組を継続する。

【平成25年度実績】

- ワーク・ライフ・バランス支援として、仕事と介護の両立のためのノウハウや介護予備軍の不安が軽減する知識を提供する、外部専門家による介護情報及び研究者の視点から見た介護支援技術に関するセミナーを開催した。介護関連セミナー時のアンケート調査、介護特別休暇と年次有給休暇の相関性の分析等により、継続した情報提供や制度がより利用されるような環境づくりの必要性が課題として抽出された。
- キャリア形成支援として、ロールモデルによる特別シンポジウムおよび懇談会を開催し、女性研究者を取り巻く課題について具体的な問題提起と議論を行い、支援策を検討した。また、女性事務職のための交流会を開催した。
- 多様性活用（ダイバーシティ）意識の啓発及び浸透のために、ユニット長研修において、ダイバーシティの重要性を講義（1回）の内容に盛り込むとともに、グループ長等研修、中堅研究職員研修、新人研修において、ダイバーシティに関する講義（計4回）を実施した。また、「日本を元気にする産業技術会議」との共催で、海外からの専門家を招きダイバーシティに関するシンポジウムを開催した。

【平成25年度計画】

- 研究職を希望する女性向けのリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を引き続き行う。高い資質を有

する外国人研究者の採用に引き続き努める。外国人研究者採用・活用支援のための方策を検討する。

【平成25年度実績】

- 大学の就職情報誌と理系専門誌へ女性研究者の紹介を掲載した。また理系女子を対象とした合同説明会（東京及び大阪）に参加し、積極的に採用に向けての活動を行った。女性研究者の採用を促進するため、前年度と同様に各研究分野の採用担当者に対して採用プロセスにおける女性比率のデータを提示し、採用目標比率の再確認・意識喚起を行った。また、外国人研究者採用については、各研究分野共通の重要課題の一つと位置づけ、海外に於ける産総研のリクルート活動のあり方等について分野担当者間で議論を継続した。
- 外国人研究者に向けた業務手続マニュアル等を作成し、研究環境の向上に努めた。また、外国系グループ長への業務支援者として、事務職員配置の調整を行った。さらに、全国の外国系研究職員への聞き取り調査を実施し、採用・活用に関する課題の把握と支援策の検討を行った。

【平成25年度計画】

- ダイバーシティ推進のため、国、自治体、学協会及び他の研究教育機関等との連携関係をさらに発展していく。男女共同参画を推進するコンソーシアムの活動内容を、外国人等を含めたダイバーシティに発展させる。コンソーシアムに参画する研究教育機関と積極的に情報共有を図り、連携をさらに強化する。

【平成25年度実績】

- つくば市の男女共同参画審議会に委員として参加し、市の男女共同参画推進基本計画の推進に協力するとともに、市主催の男女共同参画に関するイベントにおいて、実行委員として企画段階から参加し、7研究教育機関を代表して活動内容を発表した。研究・技術計画学会女性エンジニア活生分科会の運営委員に就任するとともに、共催のシンポジウムを開催した。男女共同参画を推進するコンソーシアムであるダイバーシティ・サポート・オフィスの事務局として、イベント開催、懇話会、メーリングリスト、ニュースレター等による情報共有を図り、参加機関が主催する各セミナーへの相互参加により連携を強化した。また、活動内容を男女共同参画からダイバーシティに拡大するため議論を行った。

【第3期中期計画】

- 高度に専門化された研究職の能力向上に重要な要素は、意識啓発と優秀な研究マネージャによる指導であり、意識啓発や自己開発スキルに重点をおいた研修を契機として自己研鑽や OJT を通じた研究能力の一層の向上を図る。研究開発マネジメント能力を高めるためには、研修での意識啓発やスキル蓄積に加えて新たなキ

キャリアを積極的に経験させるなどの取組を行う。

【平成25年度計画】

- 研究職員の能力向上およびキャリアデザインを意識し、新入職員から研究グループ長、研究ユニット長までの年齢層・各職層に対応した、階層別研修の一層の充実を図る。特に若手研究職員に対する研修は、さらなる効率化と高度化を目指したカリキュラム整備を継続して行う。

【平成25年度実績】

- 若手の研究職員、特にパーマネント化前の任期付研究職員を対象とする若手研究員初期研修について、カリキュラムの組み換えと修正により内容の明確化と効率化を図った。これを含め、研究職員の能力向上及びキャリア開発に向けた意識啓発を目的とした研修を、10の階層別研修として整備し、実施した。また、45歳の中堅研究職員を対象とする研修において、労務管理とメンタルヘルスの講義を追加し、マネジメントスキルの充実を図った。

【第3期中期計画】

- 研究支援業務における業務の専門性の深化に対応して、職員の専門性の蓄積を図るための研修（知財、ベンチャー、産学官、財務、能力開発など）やスキルアップのための研修（簿記、民法など）などを実施する。また、実際の産学官連携活動等の場での若手職員のOJTなど、産業界との連携を牽引できる人材育成の仕組みを構築し、産学官連携、国際標準化、知財管理等をマネージすることができる人材の育成に努める。

【平成25年度計画】

- 産業界との連携を牽引できる人材を育成するため、引き続き業務内容の整理・充実に向けた検討など若手職員に対するOJTを行うことで、業務の効率化ならびに専門性の深化を図る。

【平成25年度実績】

- 新規採用職員の育成を効率的に行うため、OJTリーダーを設置し、管理者とともに業務の指導・サポートを行うことで、効果的かつ効率的な若手職員の育成を図った。また、着実な指導が行えるようOJTリーダー研修を実施するとともに、新規主査研修にOJTの内容を取り入れることで、指導能力の向上を図った。

【平成25年度計画】

- 職員の専門性の蓄積及び自己のスキルアップのため、引き続き成果活用人材育成等のプロフェッショナル研修を実施する。研修カリキュラムについては、更なる効率化、高度化を図る。

【平成25年度実績】

- 成果活用人材育成研修については、成果活用に関わる

職員が必要な知識を広く持てるよう検討を行い、対象者を広げるなど内容と運用を一部改善してカリキュラムを開始した。また、パーマネント化した研究職員に対して、産業界との連携の一助とすべく、知財権に関わる民法の講義を実施した。

【第3期中期計画】

- 複数の研究成果を統合して「製品化」につなげる人材の育成においては、職種の別なく広範な育成研修を実施し、意識啓発とスキルアップを図る。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、「製品化」につながる研究実施の更なる活性化に向けた意識啓発に対応する内容を盛り込んだ階層別研修を実施する。

【平成25年度実績】

- 階層別研修において、次の研修を実施した。
 - 中堅研究職員研修Ⅰ及びⅡにおいて、企業での研究開発経験者からの講義を取り入れた。
 - 若手研究員初期研修及びフォローアップ研修において、「製品化」に向けた意識啓発として、本格研究についての講義と演習を実施した。

【第3期中期計画】

- 職員の専門性向上のため、内部での研修、外部への出向研修を積極的に実施し、毎年度300名以上の職員が研修を受講するよう努める。

【平成25年度計画】

- プロフェッショナル研修については、引き続き成果活用人材育成研修、スキルアップ自己研鑽研修等を実施するとともに、職員のニーズや社会情勢等を踏まえ、必要に応じてカリキュラムを見直し、効率的で高い効果が得られる研修を実施する。また、省庁等が行う外部研修への積極的な参加を促す。

【平成25年度実績】

- プロフェッショナル研修については、対象者を広げるなど成果活用人材育成研修のカリキュラム内容と運用を一部改善して開始した。スキルアップ自己研鑽研修の一部として行っていた民法セミナーを、産業界との連携の一助とすべく、若手研究員対象の研修に取り入れて実施した。これらの研修を延べ433名の職員が受講した。また、外部研修として経済産業省等が実施する研修を積極的に受講するよう働きかけ、9研修を延べ13名の職員が受講した。

【第3期中期計画】

- 共同研究や技術研修の実施に伴う外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、外部人材との交流を通じた研究水準の向上及び研究成果の産業

界への円滑な移転を推進するとともに、産業界や学会との人事交流並びに兼業も含む産総研からの人材の派遣等も実施する。

【平成25年度計画】

- ・共同研究、外来研究員、技術研究組合及び技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、研究成果の効率的な移転に努める。また、共同研究制度や連携大学院制度、委員の委嘱、依頼・受託出張、産総研コンソーシアム、兼業等の制度を活用した人材の相互交流を積極的に実施する。

【平成25年度実績】

- ・共同研究の派遣研究員（1,971人）、外来研究員（1,285人）、技術研修員（1,387人）、技術研究組合のパートナー研究員（633人）等の外部人材を積極的に受入れた。また、委員委嘱（3,506人）、役員兼業（25人）等の制度の活用に加え、新規の連携大学院協定の締結を行い、連携大学院制度に基づく教員委嘱（334人）などにより、大学等への人材供給を推進し、効率的な成果移転に努めた。

【平成25年度計画】

- ・兼業については、兼業先での活動及び所内での活動が適正に行われるよう、引き続き注意喚起を行うとともに、所内規程等に照らし合わせ厳正な審査を行う。

【平成25年度実績】

- ・兼業申請を遅滞なく行うよう、全職員に対する注意喚起を行うとともに、所内規程に照らした適時・適切な審査を行った。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

【第3期中期計画】

- ・個人評価制度については、産総研のパフォーマンス向上に向けた職員の意欲を更に高めることを目的として、評価者と被評価者間のコミュニケーションを一層促進し、産総研ミッションを反映した中長期的視点を含んだ職員個々人の目標設定とその達成へのきめ細かな助言などを通じた効果的な活用を図る。研究活動のみならず成果普及活動を含めた産総研のミッション実現への貢献度や、職務遂行能力等を発揮した研究や業務運営の円滑化への貢献度等をより適切に評価できるよう見直しを行う。

【平成25年度計画】

- ・1級研究職員採用に伴う職域別の評価の視点の見直しを実施するとともに、地域型任期付職員の長期評価制度についての検討を行うなど、評価制度の更なる改善に向けた検討、所要の修正を行う。

【平成25年度実績】

- ・長期評価制度について、職域別の評価の視点に1級研

究職員の昇格についての「評価のポイント」「成果例」を記載し改訂した。また、地域型任期付職員として採用された者の昇格シミュレーションを実施し、現行制度の中で審査を実施しても問題がないか等の検討を行った。そのほか、研究職員の「短縮推薦制度の拡張」（3→4級昇格についての在級年数を1年短縮できる制度を導入）、「推薦理由表の簡略化」等の制度見直しを実施した。

- ・短期評価制度について、評価基準（A・B・C・D）を明確化し、評価者の評価基準の認識がこれまで以上に揃うよう手引きを改訂するとともに、評価者への説明会を実施した。

【第3期中期計画】

- ・職員の職種や業務の性格等を勘案した上で、個人評価結果を業績手当や昇格等に、より適切に反映させるよう適宜見直しを行うとともに、職責手当の見直しを含め、職員の能力、職責及び実績をこれまで以上に給与に適切に反映するように検討する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年6月21日付で理事会決定した「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について（中間とりまとめ）」に基づき運用を開始した制度について、必要に応じて適宜見直しを実施する。

【平成25年度実績】

- ・上級主任研究員審査を長期評価の審査スケジュールに合わせ実施し、業務効率化を図った。
- ・研究職5級で役職が主任研究員の者（審査対象者90名（辞退者57名含））について、業績審査及び研究統括、副研究統括による面談を実施し、上級主任研究員への推薦候補者を決定した。10月1日付で上級主任研究員の発令を行った(33名)。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

【第3期中期計画】

- ・定期的な研修及びセルフチェック等の実施を通して、参加型コンプライアンスを推進し、役職員等の意識向上を図るとともに、リスク管理活動などの取組において、PDCA サイクルを有効に機能させることにより、全所的なコンプライアンスの徹底を図る。

【平成25年度計画】

- ・全職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向け、新規採用職員研修をはじめとする各種職員向け研修、セルフチェックの実施等によって、参加型コンプライアンスの推進を図る。

【平成25年度実績】

- ・参加型コンプライアンスの推進を図るため、新規採用

職員、グループ長等及び研究ユニットの研究員等を対象にコンプライアンスに関する研修を実施した。また、役職員等を対象としたコンプライアンスセルフチェックを1月に実施した（実施率100%）。

【平成25年度計画】

- ・所内におけるコンプライアンス推進活動の一環として、身近な事例をもとに「コンプラ便り」を作成・発信し、職員等のコンプライアンスに関する理解向上に努める。

【平成25年度実績】

- ・所内におけるコンプライアンス推進活動の一環として、身近な事例（交通事故、飲酒運転等）を基に「コンプラ便り」を4通作成し、イントラへ掲載することでコンプライアンスに関する理解のさらなる増進を図った。

【平成25年度計画】

- ・役職員が安心して産学官連携活動に取り組めるよう、利益相反マネージメントを実施する。

【平成25年度実績】

- ・役職員等を対象として、年2回（上期8月、下期3月）の利益相反に係る定期自己申告を実施した。いずれも対象者全員から申告を受け、利益相反上ヒアリングが必要と認められた者に対して外部カウンセラーによるヒアリングを実施し、利益相反マネージメント委員会において全員について「利益相反上の懸念がない。」と決定した。

【平成25年度計画】

- ・これまでに蓄積された利益相反マネージメントの知見や外部有識者の意見をマネージメント手法に反映することで、効率的かつ効果的で、時宜にあったマネージメントに努める。特に、利益相反に関する相談事例をイントラに掲載するなど情報発信に努める。

【平成25年度実績】

- ・産総研における利益相反マネージメントを効率的かつ効果的で時宜にあったものとするため、外部有識者からなる利益相反マネージメント・アドバイザーボードを開催して意見を聴取するとともに、イントラに掲載した利益相反に関する相談事例集により利益相反マネージメントに関する役職員等の理解向上に努めた。

【平成25年度計画】

- ・各部署等におけるリスク管理活動プランの策定及び自己評価等を通じ、リスク管理のPDCAサイクルを着実に遂行するとともに、リスク管理の具体的な取り組みとその自己評価をもとに、組織的なリスク管理の向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・6月と12月に所内の全研究ユニットに対してリスク管理活動の自己評価とプラン策定を依頼し、そのデータ

を集計することにより、リスク管理における取り組み事例や教訓となる事例等の整理と分析を行った。分析結果については、平成24年度及び平成25年度の2年計画で、研究ユニットのリスク管理責任者等との面談を通してフィードバックした。

【平成25年度計画】

- ・研究ユニット等との意見交換及び内部監査等を活用してリスク管理活動のモニタリングを行い、その結果を関係部署等にフィードバックすることにより、引き続きリスク管理活動の向上に努める。

【平成25年度実績】

- ・4研究センター及び11研究部門のリスク管理責任者等とリスク管理活動等に関する意見交換を行い、リスク管理に対する意識や取り組み状況の把握に努めた。意見交換によって得られた知見は、今後の組織のあり方を検討するための参考資料として、研究ユニット活動総括・提言委員会等に提供した。

【平成25年度計画】

- ・産総研の業務継続計画（BCP）について、関係部署による情報共有及び課題の検討を行い、必要に応じた見直しを行う。

【平成25年度実績】

- ・BCPの実効性を確保し継続的改善を図るため、優先業務担当部署と情報共有を行った。

【平成25年度計画】

- ・内部監査の実施にあたっては、業務上の問題点の発見・指摘だけを目的としたものではなく、被監査部門との相互理解のもとに業務上の課題等についての改善提案等を行う。また、内部監査の実施により、各組織が実施する業務の有効性及び効率性が担保されているかの把握を行う。

【平成25年度実績】

- ・内部監査の実施については、監査の必要性の高い業務（検収業務、立替払制度等）について書面及び実地による監査を実施し、監査を通じて把握・取得した業務の実態及び客観的データを分析・評価することにより、当該業務の合规性、有効性及び効率性を把握するとともに課題等の抽出を行った。
- ・抽出した課題等について、被監査部門が課題等を的確に把握し、改善に向けて主体的に取り組めるよう、被監査部門との十分な意見交換を実施し、相互理解のもとに改善提案等を行った。
- ・内部監査が組織内で有効に機能するための重要な要件である「独立性と客観性の確保」を図るために、平成25年10月より内部監査の実施部署である監査室について、コンプライアンス推進本部内の部署から理事長直下の部署に独立・再配置し、内部監査体制の更なる強

化を行った。

- ・監事監査と内部監査の実施業務の重複を避けるとともに、内部監査の品質向上を図るために、監事と監査室との意見交換等を十分に行った。

【平成25年度計画】

- ・監事監査が効率的に行えるよう監事への情報の提供等必要な支援を行う。

【平成25年度実績】

- ・監事監査が適切かつ効率的に行えるよう監事との打合せを十分に行うとともに、被監査部門の事前情報収集、データ作成、日程調整及び監査記録作成等を行った。
- ・監事監査と内部監査の実施業務の重複を避けるとともに、内部監査の品質向上を図るために、監事と監査室との意見交換等を十分に行った。（再掲）

【平成25年度計画】

- ・中東や北朝鮮等での世界情勢の変化を踏まえて、輸出管理の徹底はこれまで以上に重要との視点に立ち、所内における研修会の実施、情報提供を積極的に行うとともに、経済産業省等との連携による厳格な輸出管理を図る。

【平成25年度実績】

- ・安全保障輸出管理に関する研修として、新規採用職員研修、部門等輸出管理者会議を含め、17回の研修を実施した。
- ・日本安全保障貿易学会に講師として招かれ「産業技術総合研究所における輸出管理の取り組み」というタイトルで講演を行った。
- ・経済産業省主催の大学等向け輸出管理説明会に講師として招かれ「産業技術総合研究所における輸出管理の取り組み」というタイトルで講演を行った。
- ・JICA 研修により、ASEAN 各国の輸出規制当局の担当者を受入れ、安全保障輸出管理についての講義等を行った。
- ・経済産業省による定期立入検査を受けた結果、指摘はなかった。

【第3期中期計画】

- ・産総研の諸活動の社会への説明責任を的確に果たすため、保有する情報の提供の施策に関する充実を図るとともに、開示請求への適切かつ迅速な対応を行う。また、個人の権利、利益を保護するため、産総研における個人情報の適正な取扱いをより一層推進するとともに、個人情報の開示請求等に適切かつ迅速に対応する。情報セキュリティポリシーの適正な運用を継続維持し、セキュリティや利便性の高いシステムの構築を目指す。

【平成25年度計画】

- ・情報公開窓口の円滑な運用を行い、開示請求及び問い

合わせ等に適切に対応するとともに、ホームページを活用した法令に基づく情報掲載を滞りなく実施する。

【平成25年度実績】

- ・開示請求及び問い合わせ等に対し、請求対象となった法人文書を管理する部署等との十分な調整により適切に対応した。（法人文書開示請求6件、開示等決定5件、他機関からの意見照会1件、諮問1件（平成26年3月末現在））
- ・法令等により公表が義務付けられている事業報告書や年報等を、ホームページ上で遅滞なく公表した。

【平成25年度計画】

- ・個人情報保護窓口及び苦情相談窓口の円滑な運用を行い、開示請求等に適切に対応するとともに、個人情報の管理に関して、部署等の個人情報の管理に資するように法人文書管理と連動した説明資料の作成・提供を行う。

【平成25年度実績】

- ・他機関等からの問い合わせに対し、法令に基づき、適切に対処した。（他機関からの照会1件（平成26年3月末現在））
- ・平成25年度新規採用職員研修における、文書管理、情報公開・個人情報保護及び情報セキュリティの3講義において、それぞれの関連性を踏まえた説明を行った。

【平成25年度計画】

- ・新たな情報セキュリティポリシーの改訂とともに、その普及、浸透のための活動を行う。併せて、情報セキュリティの維持、向上のための対策を効果的、効率的に最新技術を導入して実施し、標的型ウィルス等の新たな脅威に備える。

【平成25年度実績】

- ・「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一規範」（情報セキュリティ政策会議決定）に基づき、情報セキュリティポリシー（基本方針、規程、要領、実施ガイド）の改訂案を作成した。・情報セキュリティ意識の啓発、確認のための自己点検（セルフチェック）を実施した。実施率は100%（平成24年度92.49%）であった。・情報セキュリティ対策のPDCA サイクルを確立するため、24の研究推進組織に対して情報セキュリティ監査、及び外部公開サーバ脆弱性診断（22件）を実施した。また、平成24年度の情報セキュリティ監査で指摘事項のあった9の研究推進組織についてフォローアップ監査を実施した。・情報セキュリティを効果的、効率的に行うため、ネットワークセキュリティ管理監視サービスを導入し、インターネット通信を一元的に監視する体制を構築した。

【平成25年度計画】

- ・システム維持費の縮減のため、基幹業務システムのハ

ードウェア等のシステム基盤の更新を進めると同時に、業務継続計画の具現化のため災害対策システムの構築を進める。また、更新した基盤への個別業務システムの移行並びに安定稼働への見通しを得ると共に、平成24年度に見直した情報システム化に関する新スキームの一層の浸透と実施の徹底を図る。

【平成25年度実績】

- ・基幹業務システムの更新にあたり、新技術の採用やライセンスコストの抑制等の工夫を施した設計とし、平成26年度の稼働に向け導入作業を実施した。
- ・関西センターに災害対策システムを構築する作業に着手した。
- ・情報システム開発・改修に対し、新スキームの一層の浸透と実施の徹底を図った。

【平成25年度計画】

- ・費用対効果を勘案して、老朽化した地域センターネットワーク機器更新、TV 会議システムのサービス向上、外部公開データベースの更新を実施する。次期電話システムの導入に向けた検討を行い、ネットワークの更なる安定運用を進める。

【平成25年度実績】

- ・中国センターのネットワーク機器の入替えを実施した。また、その他の地域センターのネットワーク機器更新のための設計を行った。
- ・外部との TV 会議を行うためのゲートキーパー装置を導入し、TV 会議システムの運用改善を行った。
- ・外部公開データベース（法人文書、個人情報、研究成果発表、研究者、知的財産権公開）をクラウド化し、コストダウンと省電力化を図った。
- ・次期電話システムの検討を行い調達手続きを開始した。また、ネットワークの安定運用と高速化を図るため、SINET（学術情報ネットワーク）を次期ネットワークシステムの候補として、検討を開始した。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

【第3期中期計画】

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、PDCA サイクルによる継続的な安全管理活動を推進するとともに、安全衛生管理体制の維持強化を図り、業務を安全かつ円滑に遂行できる快適な職場環境づくりを進める。

【平成25年度計画】

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、引き続き「環境安全マネジメントシステム」の運用を推進する。より実効的なシステムの運用を図るとともに、各事業所及び地域センター間の運用レベルの均一化及びレベルアップを図る。また、事故報告やヒヤリハット報告から得られる情報を分析し、再発防止策を充実さ

せ、事故件数の低減及び人的被害の最小化を図る。

【平成25年度実績】

- ・所内で発生した事故及びヒヤリハット報告の情報をとりまとめ、それらの分析結果及び再発防止策を所内イントラネットに掲示するとともに、毎月の全国総括安全衛生管理者補佐会議を通じて所内全員に周知した。一般事故件数は平成24年度より12件増加し（合計52件）、うち、人的被害事故件数は平成24年度を7件上回る29件であった。6月に人的被害事故が連続して発生したため、臨時安全衛生会議の開催による緊急の注意喚起、再発防止策の確認の徹底等を行い、事故の未然防止を講じた。
- ・全事業所及び地域センターにおいて運用している「環境安全マネジメントシステム（ESMS）」について、安全管理担当者が事務局等として参加し、内部監査を実施した。また、全国安全衛生管理担当者会議で模擬監査及び意見交換を行い、改善点や評価点の情報を共有し、各事業所間の運用レベルの均一化及びレベルアップを図った。

【平成25年度計画】

- ・ライフサイエンス実験管理業務においては、倫理・安全に関する7つの既存委員会の運営及びヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験、生物剤毒素使用実験の実地調査を継続して実施する。また、外部有識者による講演会等を開催し、倫理・安全面の確保を図るとともに、最新の法・技術等情報を収集し、その対策、周知等を図る。

【平成25年度実績】

- ・研究所におけるライフサイエンス実験に関して、倫理面及び安全面から実験計画内容を審議する委員会を14回開催するとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験の実地調査を実施した。・ライフサイエンス実験に係る実験責任者及び実験従事者に対し、倫理、安全に関する教育訓練講習会を開催した（延べ1545名参加）。

【平成25年度計画】

- ・放射線関連行政に関する法令改正等の情報収集及び法令遵守状況の現地調査等を実施するとともに、各事業所及び地域センターとの連携により、適切かつ一元的な放射線管理体制を維持・推進する。

【平成25年度実績】

- ・平成24年度末に実施した各事業所の放射線関連法令遵守状況の現地調査の課題について、フォローアップ調査を実施し、不適切事例が無いことを確認した。さらに、各事業所の放射線業務従事者、エックス線装置使用者等の一元管理を引き続き行うとともに、登録申請を効率化するためのシステム改修を行った。

【平成25年度計画】

- 放射線管理業務の更なる効率化を目指し、核燃料物質の外部移管を推進し、不要になった放射線関連施設を廃止する。

【平成25年度実績】

- 放射線管理業務の効率化について、中部センター放射線発生装置使用施設の廃止を完了させるとともに、つくば及び北海道センターの放射線関連施設の廃止の検討を開始した。また、防護対象核燃料物質の外部移管に向けた手続きを推進した。さらに、平成24年度に実施した核燃料物質の集約化に伴い、4事業所（つくば中央第3及び西、関西センター、四国センター）の核燃料施設廃止手続きを進めた。

【平成25年度計画】

- 原発事故由来の放射性物質に関連する研究について、引き続き法令遵守や放射線安全管理面から支援する。

【平成25年度実績】

- 福島第一原子力発電所内での廃炉関連技術に関する研究について、法令に基づく個人の被ばく管理、及び研究現場での安全管理体制の確認を実施した。

【第3期中期計画】

- 研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないよう、PDCA サイクルによる環境配慮活動を推進するとともに、活動の成果等を環境報告書として取りまとめ毎年公表する。

【平成25年度計画】

- 環境配慮活動を推進するため「環境安全マネジメントシステム」を効率的に運用し、特に、環境への影響が大きい環境事故防止対策の強化を図る。

【平成25年度実績】

- 「環境安全マネジメントシステム」の運用を推進し、特に、有害物質の漏えい・流出を想定した緊急事態対応訓練をつくばセンターの2事業所及び4地域センターで実施した。

【平成25年度計画】

- 引き続き、環境配慮活動の取組及び実績について、「産総研レポート」として公表する。

【平成25年度実績】

- 環境配慮の取組及び実績について、環境報告に社会性報告を合わせ、「産総研レポート社会・環境報告 AIST Report 2013」として公表した。特に、環境トピックスとして TIA 連携棟の省エネルギー対策や、地球温暖化対策として温室効果ガス排出量削減の取り組みについて紹介した。

【第3期中期計画】

- 産総研全体としてのエネルギー消費、温室効果ガス排

出についての実情分析を行い、現状を定量的に把握する。当該分析結果を活用し、エネルギー多消費型施設及び設備の省エネルギー化を推進するとともに、高効率の機器を積極的に導入することにより、エネルギーの削減を図る。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、夏期の電力ピークカットに貢献する。

【平成25年度実績】

- 夏期のピークカットに貢献するため、輪番・一斉休暇の実施、大電力消費設備の一部停止や負荷分散運転等の対策を講じることで、節電目標値を達成した（平成22年度比、つくばセンター：10%減、地域センター：4-13%減）。

【平成25年度計画】

- 産総研の敷地内で活動する技術研究組合の使用電力量について、平成24年度に設置した電力量計を活用して適切に把握し、省エネルギー対策の普及啓発を行う。

【平成25年度実績】

- 技術研究組合における使用電力量を適切に把握した。また、夏季のピークカットへの協力を依頼し、省エネルギー対策に関する意識向上に取り組んだ。

III. 財務内容の改善に関する事項

1. 予算（人件費の見積もりを含む）

平成25年度決算報告書によって明示する。

【第3期中期計画】

（参考）

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G（y））については、以下の数式により決定する。

$$G(y) \text{ (運営費交付金)} \\ = [\{ (Aa(y-1) - \delta a(y-1)) \times \beta + (Ab(y-1) \times \varepsilon) \} \times \alpha a + \delta a(y)] + [\{ (Ba(y-1) - \delta b(y-1)) \times \beta + (Bb(y-1) \times \varepsilon) \} \times \alpha b \times \gamma + \delta b(y)] - C$$

- G（y）は当該年度における運営費交付金額。
- Aa（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分のA分類人件費相当分以外分。
- Ab（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分のA分類人件費相当分。
- Ba（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分のA分類人件費相当分以外分。

- ・ Bb (y-1) は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分のA分類人件費相当分。
- ・ C は、当該年度における自己収入（受取利息等）見込額。

※ 運営費交付金対象事業に係る経費とは、運営費交付金及び自己収入（受取利息等）によりまかなわれる事業である。

- ・ αa 、 αb 、 β 、 γ 、 ε については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。
- ・ αa （一般管理費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比3%以上の削減を達成する。
- ・ αb （業務経費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比1%以上の効率化を達成する。
- ・ β （消費者物価指数）：前年度における実績値を使用する。
- ・ γ （政策係数）：法人の研究進捗状況や財務状況、新たな政策ニーズや技術シーズへの対応の必要性、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。
- ・ δa (y)、 δb (y) については、新規施設の竣工に伴う移転、法令改正に伴い必要となる措置、事故の発生等の事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。 δa (y-1)、 δb (y-1) は、直前の年度における δa (y)、 δb (y)。
- ・ ε （人件費調整係数）

2. 収支計画

平成25年度貸借対照表及び損益計算書によって明示する。

(1) 運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

【第3期中期計画】

- ・ 産総研に限られたリソースを有効に活用し、相対的に優先度が低い研究プロジェクトにリソースを割くことがないよう、外部資金の獲得に際しての審査に当たっては、以下の点に留意するものとする。
- ① 外部資金の獲得に当たっては、それによる研究開発と実施中の研究開発プロジェクト等との関係・位置付けを明確にするとともに、産総研のミッションに照らして、産総研として真に優先的、重点的に取り組むべき研究開発とする。
- ② 特定の研究者に過剰に資金が集中することや他の研究開発課題の進捗よくに悪影響を与えることがないよう研究者の時間配分を的確に把握、管理する。

【平成25年度計画】

- ・ 研究テーマデータベースシステムを活用して、研究開発に対する研究者の取組状況を把握し、外部資金を獲

得して優先的に実施する研究テーマと、運営費交付金で重点化して実施する研究テーマを見極めた効率的な運営費交付金事業を実施する。

【平成25年度実績】

- ・ 研究テーマデータベースシステムを活用して、研究職員の研究開発への取組状況を把握、管理すると共に、外部資金で行う研究開発が産総研のミッションに照らして、優先的、重点的に取り組むべきものになるよう、外部資金獲得に際しての審査を継続して行った。また、運営費交付金事業としてグリーンイノベーション、ライフイノベーション等の社会ニーズを見据え、産総研のコア技術に連携、知財、標準化の戦略的な取り組みを絡めて実施することを目的としたテーマを募集し、所内審査を経て戦略予算事業として配賦した。

【第3期中期計画】

- ・ 外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、個々の外部資金の性格に応じて、その有効性を定期的に検証し、その結果を踏まえ、外部資金の獲得による研究開発の在り方について、一層の効率化、重点化の観点から、所要の見直しを行うものとする。

【平成25年度計画】

- ・ 研究テーマデータベースシステムを活用して、外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、外部資金の種類ごとの検証を行う。

【平成25年度実績】

- ・ 研究テーマデータベースシステムを活用して、外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、論文数と外部資金による研究の関連を検証した。

【第3期中期計画】

- ・ 産総研の事業について、個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけを一層明確化するとともに、民間企業における自社内研究テーマと産総研に期待する共同研究ニーズの的確な把握のための体制整備等を行う。

【平成25年度計画】

- ・ 個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけの一層の明確化を目指し、研究テーマデータベースシステムを活用して研究戦略と各研究テーマの関連と年度推移の分析を行う。

【平成25年度実績】

- ・ 研究テーマデータベースシステムを活用して、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究それぞれの研

究テーマについて、研究戦略との関連付けを行い、成果発表や予算額の年度推移分析を行った。

- ・民間企業の自社内研究テーマを FS や試作品作成などの支援により産総研との大型共同研究に結びつける資金提供型共同研究獲得支援事業（カタパルト事業）については、平成24年度の試行結果を踏まえ、本格的に実施し、大型共同研究の創出を図った。加えて、イノベーションコーディネータらが収集・把握した情報の活用を行った。

【第3期中期計画】

- ・大型の外部資金の獲得に当たっては内部の人材を広く集積させる組織体制を構築し、所内のプロジェクト責任者を中心として体制を組む。また、外部資金の獲得の際には、特に民間資金の場合は産総研のこれまでの投入資源を踏まえてユニット内で決定する。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度においても、プロジェクト責任者を中心とした体制により大型の外部資金の獲得に努めるとともに、民間資金については、これまでの投入資源を踏まえつつ、研究ユニットの連携研究及び技術移転推進テーマを発展させて獲得を図る。

【平成25年度実績】

- ・23の技術研究組合に参画し、27の大型外部資金プロジェクトを推進した。うち9の大型外部資金プロジェクトについては、産総研研究員がプロジェクトリーダーを務める研究開発を実施した。また、研究成果を活用した企業等との共同研究において、民間企業に研究資金の提供を求めた連携研究とするコーディネートを実施した。
- ・SiC 半導体パワーエレクトロニクスについては、平成20年度から平成23年度までの大型内部予算（産業変革研究イニシアティブ）による研究拠点（クリーンルーム）の整備や SiC ダイオード試作品の外部サンプル提供の開始を踏まえ、新たな民活型の共同研究コンソーシアム「つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション（TPEC）」を平成24年に設立し、オープンイノベーションによる技術開発コスト削減、共通インフラや知財の相互利用を推進した。その結果、コンソーシアムへは24企業・9機関が参画し、共同研究における提供資金額も大幅に増加した。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

【第3期中期計画】

- ・企業との共同研究などの促進のための外部資金の獲得に対するインセンティブ、国益に沿った形での海外からの資金獲得、研究施設の外部利用等の際の受益者負担の一層の適正化等の検討を行う。

【平成25年度計画】

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを活用する形で実施される外部資金による研究規模の拡大を図るため、共同研究が促進されるよう企業等との連携において加速が必要な研究課題に対し、重点的な支援を行うとともにインセンティブ制度の改善を図る。また、国益に沿った海外からの資金の受入及び研究施設の外部利用等の際の受益者負担に係る制度改善等の一層の適正化に向けた検討を引き続き実施する。

【平成25年度実績】

- ・海外を含む外部機関からの研究資金受入や研究施設の外部利用に関する制度等の外部との連携推進の検討とあわせて、共同研究・受託研究、人材の受入、技術研究組合参画研究に関する所内インセンティブ制度の拡充を図り、外部資金獲得および連携制度活用に係るモチベーションを向上させ、外部資金による研究規模の拡大を推進した。所内インセンティブ制度の拡充として、具体的には、技術研究組合参画研究のインセンティブ配分率を平成24年度の50%から平成25年度は80%に引き上げを行った。
- ・研究施設等の外部利用の際の受益者負担につき、連携研究等経費算定要領を一部改正（西事業所スーパークリーンルームにおける使用料及び必要経費算定方法の見直し等）し、適正化を図った。

【第3期中期計画】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果移転対価の受領方法を柔軟化する。

【平成25年度計画】

- ・産業界への技術移転を活性化するため、成果移転対価の受領方法の柔軟化（金銭以外の財産による成果移転対価の取得等）について、ニーズの有無を踏まえ、検討を行う。【再掲】

【平成25年度実績】

- ・検討の結果、産業界への技術移転を活性化するための成果移転対価の受領方法の柔軟化については、寄附により新株予約権を取得することが適切という結論を得た。
- ・また、改正研究開発力強化法の成立により、金銭によらない出資が可能となったことを踏まえ、出資に係る具体的な方法等について、所内に設置した検討委員会で検討を行った。【再掲】

【第3期中期計画】

- ・オープンイノベーションの促進、共同研究等連携による地域発イノベーション創出を目指したコーディネー

ション活動の全国規模での展開、強化を通じた取組も行う。

【平成25年度計画】

- ・つくばと地域センターに配置したイノベーションコーディネータの全国的なネットワーク機能の活用と、産総研研究者と企業、大学、公設試験研究機関等との有機的な結合を図り、産学官連携共同研究施設（オープンスペースラボ）等と共同研究制度等の産学官連携制度の活用により、オープンイノベーションを促進する。

【平成25年度実績】

- ・つくばと地域センターのコーディネータを一同に会した「全国イノベーションコーディネータ等会議」を年2回（8月、3月）開催する等、コーディネータ間のネットワークを強化することで全国規模での連携の推進を行った。
- ・各研究分野企画室との連携を強化するためにイノベーションコーディネータの配置見直しを行った。
- ・オープンスペースラボとして、臨海副都心センターおよび四国センターでは装置等を備えた公開スペースを設置して、地域の中小企業や研究機関との共同研究を行い、オープンイノベーションハブ機能の強化を推進した。

【平成25年度計画】

- ・地域発イノベーションの創出を目指し、産業技術連携推進会議を活用した各地域の技術的共通課題の抽出と、地域企業とオール産総研での連携を推進する。また、イノベーションコーディネータ、産業技術指導員等による企業訪問、ニーズのヒアリング、産総研研究者とのマッチング等による連携構築のスキームについて、他地域へも展開し、地域企業とのオール産総研での連携を促進する。

【平成25年度実績】

- ・産業技術連携推進会議を活用した事業として、地域産業界及び公設試と連携し、「研究連携支援事業」として新規・継続課題6件を実施した。
- ・重点地域として九州地域を選定し、産業技術指導員が九州産学官連携センターのイノベーションコーディネータと連携して、地域の研究開発型有望企業21社に接触を試み、15社に企業訪問を実施した。この結果、現在九州地域の企業3社と公的研究資金への提案又は資金提供型共同研究締結に向けて調整を行っている。

【第3期中期計画】

- ・技術相談、技術研修にあたっては、受益者負担の観点から制度の見直しを行う。

【平成25年度計画】

- ・技術相談及び技術研修の実施にあたり、受益者負担、

制度利用促進の観点の両面から、検討チームにより適正な課金制度の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・技術相談及び技術研修の実施にあたり、検討チームにより、受益者負担、制度利用促進の観点の両面から適正な課金制度の検討を行った。具体的には、技術相談について受益者に負担を求めている研究機関等に対して先行事例調査をヒアリング等により行った。

【第3期中期計画】

- ・このように従来以上の外部資金獲得可能性を検討し、外部資金の一層の獲得を進める。

【平成25年度計画】

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを提供することで、外部資金による研究規模の拡大を目指す。特に資金提供型共同研究、受託研究、技術研究組合参画研究、技術研修等の制度について、柔軟性を向上させ、一層の外部資金を獲得するための運用を行う。
- ・「資金提供型共同研究獲得支援事業（カタパルト事業）」については、平成24年度の試行結果を踏まえ、本格的に実施し、大型共同研究の創出を図る。

【平成25年度実績】

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを活用して23の技術研究組合に参画し、17の技術研究組合の主たる研究拠点を産総研内に設置して集中研究を実施した。
- ・資金提供型共同研究では、相手機関ごとの契約事項の合意ポイントを明らかにして担当者間で共有することにより、契約締結実務の効率性と柔軟性の向上を図り、更なる資金獲得に向けた体制を構築した。
- ・また、科研費獲得のための所内サポート体制を整備し、経験豊富なアドバイザーによる申請書のブラッシュアップを通じて一層の研究費獲得へつなげる運用を行った。
- ・技術研究組合参画研究については、産総研内に拠点を置く組合へのサービス向上のため、手続き窓口担当者の明確化と周知、手続きマニュアルの整備と更新等の取組を開始した。
- ・技術研修制度では、受け入れる学生の実情を踏まえ、宿泊費や旅費の支払い基準を見直し、より利用し易い制度とする検討を行った。
- ・「資金提供型共同研究獲得支援事業（カタパルト事業）」においては、大型共同研究の創出を図ると共に、当該事業による研究成果の発展性を鑑み27のテーマを選定した。契約に至った課題は7件（平成26年2月現在）となった。
- ・この結果、産総研の「人」や「場」等を活用した外部資金による研究規模は、運営費交付金の55.3%となった。

3. 資金計画

平成25年度キャッシュ・フロー計算書によって明示する。

IV. 短期借入金の限度額

【第3期中期計画】

(第3期：19,220,000,000円)

- ・想定される理由：年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大3ヶ月遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払い遅延を回避する。

【平成25年度計画】

- ・なし

【平成25年度実績】

- ・短期借入金の実績なし

V. 重要な財産の譲渡・担保計画

【第3期中期計画】

- ・次の不要資産を処分する。
- ・九州センター直方サイトの土地(福岡県直方市、22,907m²及び建物

【平成25年度計画】

- ・中部センター瀬戸サイトについては、土壌汚染対策掘削除去工事を行い、平成25年9月以降国庫納付予定。

【平成25年度実績】

- ・中部センター瀬戸サイトについては、平成26年3月31日に現物により国庫納付を行った。

VI. 剰余金の使途

【第3期中期計画】

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等

【平成25年度計画】

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等

【平成25年度実績】

- ・独立行政法人通則法第44条3項により主務大臣の承認を申請した積立金の実績なし。(剰余金は発生していない)

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 施設及び設備に関する計画

【第3期中期計画】

- ・施設整備に際しては、長期的な展望に基づき、安全で良好な研究環境の構築、ライフサイクルコストの低減、投資効果と資産の活用最適性に配慮した整備を計画的に実施する。

【平成25年度計画】

1) 【平成23年度施設整備費補助金(3次補正)】

- ・新営棟建設として、福島再生可能エネルギー研究開発拠点整備事業を引き続き実施する。総額50.0億円
- ・東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測施設の整備を引き続き実施する。総額10.9億円

2) 【平成24年度施設整備費補助金(当初)繰り越し分、平成25年度施設整備費補助金(当初)】

- ・老朽化対策として、耐震化改修を引き続き実施する。つくばセンター 第7事業所(平成24、25年度の2カ年国庫債務負担行為：平成24年度分として2.6億円、平成25年度分として6.3億円)総額8.9億円

3) 【平成24年度施設整備費補助金(1次補正)】

- ・研究開発拠点の再構築として、つくばセンター、関西センター、北海道センター、東北センター、九州センターにおいて新研究棟の整備事業を実施する。総額110億円
- ・老朽化対策として、建築関連改修、電力関連設備改修、給排水関連設備改修、排ガス処理設備改修、空調設備改修、廃水処理設備改修、エレベーター設備改修を実施する。総額218億円

4) 【平成25年度施設整備費補助金(当初)】

- ・老朽化対策として、石綿関連改修の整備事業を実施する。総額0.1億円

【平成25年度実績】

1) 【平成23年度施設整備費補助金(3次補正)】

- ・新営棟建設の、福島再生可能エネルギー研究開発拠点整備事業を実施し、完了した。総額50.0億円
- ・東南海・南海地震予測のための地下水等総合観測施設の整備を実施し、完了した。総額10.9億円

2) 【平成24年度施設整備費補助金(当初)繰り越し分、平成25年度施設整備費補助金(当初)】

- ・老朽化対策の、耐震化改修を実施した。(平成26年度へ繰越)つくばセンター 第7事業所(平成24、25年度の2カ年国庫債務負担行為：平成24年度分として2.6億円、平成25年度分として6.3億円)総額8.9億円

3) 【平成24年度施設整備費補助金(1次補正)】

- ・研究開発拠点の再構築として、つくばセンター、関西センター、北海道センター、東北センター、九州センターにおいて新研究棟の整備事業を実施した。(平成26年度へ繰越)総額110億円

- ・老朽化対策として、建築関連改修、電力関連設備改修、給排水関連設備改修、排ガス処理設備改修、空調設備改修、廃水処理設備改修、エレベーター設備

改修を引き続き実施した。(平成26年度へ繰越)
総額218億円

4) 【平成25年度施設整備費補助金(当初)】

- ・老朽化対策として、石綿関連改修の整備事業を実施し、完了した。総額0.1億円

5) 【平成25年度施設整備費補助金(1次補正)】

- ・新宮棟建設費として、グローバル認証基盤整備事業を実施した。(平成26年度へ繰越)総額89.9億円
- ・老朽化対策として、電力関連設備改修、空調設備改修、外壁建具改修、給排水関連設備改修、排ガス処理設備改修等を実施した。(平成26年度へ繰越)総額38.1億円

2. 人事に関する計画

【第3期中期計画】

- ・第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略とし、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるとともに、研究マネジメント等様々な分野における専門的な人材の確保、育成に取り組む。

(参考1)

期初の常勤職員数 3,190人
期末の常勤職員数の見積もり：期初と同程度の範囲で人件費5%削減計画を踏まえ弾力的に対応する。

※任期付職員については、受託業務等の規模や研究開発力強化法の趣旨に則って必要人員の追加が有り得る。

(参考2) 第3期中期目標期間中の人件費総額

中期目標期間中の総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込み

：133,793百万円

なお、総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込みと総人件費改革の取組の削減対象外となる受託研究費等により雇用される任期付研究員の人件費との合計額は137,602百万円である。(受託業務等の獲得状況により増減があり得る。)

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

【平成25年度計画】

- ・平成24年6月21日付で理事会決定した「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について(中間とりまとめ)」について、実施された各措置について、適切な運用を行っていくとともに、イノベーション推進本部及び関連組織の業務方針及び体制の改善については、継続検討課題として引き続き検討を行う。【再掲】

【平成25年度実績】

- ・平成24年6月21日付理事会決定「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について(中間とりまとめ)」に基づき、下記措置を続行した。
- 1) 研究推進組織における研究職員の役職等の見直しに基づく異動発令
研究職5級で役職が主任研究員の者(審査対象者90名(辞退者57名含))について、業績審査及び研究統括、副研究統括による面談を実施し、平成24年度に新設した上級主任研究員への推薦候補者を決定し、10月1日付で発令を行った(33名)。
 - 2) 博士型任期付研究員の採用
平成24年度に新設した博士型任期付研究員を69名採用した。
 - 3) 専門的な業務を担う人材の確保
・ファシリティマネジメント(研究施設管理)業務について3名、国際輸出管理業務について1名、つくばイノベーションアリーナ拠点の施設維持・運営業務について4名を特定業務任期付職員として採用した。また、技術系(研究施設管理)職員について、新卒採用者1名を内定した。
 - 4) 管理職員の明確化
事務職員について平成24年度に明確化した管理職員と非管理職員の区分に従い、役職異動時に管理監督者等の指定と解除を通知した。
 - 5) 事務職員に係る役職定年制の実施
平成24年度に導入した事務職員に係る役職定年制により、10月1日付で18名の対象者に対して発令を行った。
 - 6) 事務系契約職員等に対する職員登用の継続
地域型任期付職員として、平成25年4月1日付で5名を採用した。また、5名の平成26年度採用予定者を内定した。【再掲】

【第3期中期計画】

- ・研究職はより若手の研究者、事務職は求める専門性の視点での採用を検討、推進する。また、女性研究者や外国人研究者の採用も積極的にを行う。

【平成25年度計画】

- ・研究職員については、優秀かつ多様な人材を確保するための方策を継続的に検討していく。平成24年度に改定を行った博士型任期付研究員制度については、その効果を検証し、任期付研究職員制度の持続的発展に努める。【再掲】

【平成25年度実績】

- ・平成24年度に今後の産業技術の発展を担う若手の育成を考慮して採用する博士型任期付研究員制度に改定したことにより、平成24年度に引き続き、平成22年度及び平成23年度に実施してきた産業人材育成型任期付研

究員制度より応募者の採用年齢が下がるとともに採用者数が増加した。（平成22年度採用者平均年齢32歳（採用者数55名）、平成23年度採用者平均年齢31歳（採用者数54名）→平成25年度採用者平均年齢30歳（採用者数66名））

【平成25年度計画】

- ・研究職を希望する女性向けのリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を引き続き行う。高い資質を有する外国人研究者の採用に引き続き努める。

【平成25年度実績】

- ・大学の就職情報誌と理系専門誌へ女性研究者の紹介を掲載した。また理系女子を対象とした合同説明会（東京及び大阪）に参加し、積極的に採用に向けての活動を行った。女性研究者の採用を促進するため、前年度と同様に各研究分野の採用担当者に対して採用プロセスにおける女性比率のデータを提示し、採用目標比率の再確認・意識喚起を行った。また、外国人研究者採用については、各研究分野共通の重要課題の一つと位置づけ、海外に於ける産総研のリクルート活動のあり方等について分野担当者間で議論を継続した。

【第3期中期計画】

- ・また、研究職個々人の研究開発能力の向上とともに、研究開発マネジメントの人材を育成し、事務職においては専門性の蓄積を重視した人事ローテーションを実施することにより専門家人材を育成する。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度も引き続き、所属長等への人事ヒアリング等を活用し、所として専門性の必要な部署及び業務に従事する人材の育成にむけた研修の検討や人事ローテーションを行う。

【平成25年度実績】

- ・「産総研の研究開発業務の一層の推進のための業務運営体制の改善について（中間とりまとめ）」を平成24年6月21日付で理事会決定した事務職員のキャリアパスの類型を反映した人事調査書により、平成25年度も本人が希望する今後のキャリアパス、現在の勤務状況等を調査した。事務職員が配置されている部署の所属長等への人事ヒアリングでは、その調査書を参考に、各部署において専門性を必要とする業務の把握を行い、その結果を踏まえた人事ローテーションを実施した。また、専門性の必要な人材の育成に向けた検討については、各専門業務（産学官、知財、財務、広報等）においては平成24年度と同様の研修を実施した。施設業務においては、他省庁研修を活用して育成を進めるとともに、関連する建築士などの資格取得を支援するため、当該資格が対象とできるよう補助制度を改定した。（2月施行）

3. 積立金の処分に関する事項

【第3期中期計画】

- ・なし

【平成25年度計画】

- ・なし

【平成25年度実績】

- ・なし

《別表1》 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【第3期中期計画】

- ・グリーン・イノベーションを実現するためには、二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量削減と、資源・エネルギーの安定供給の確保を同時に図る必要がある。温室効果ガスの排出量削減のため、再生可能エネルギーの導入と利用拡大を可能とする技術及び運輸、民生等各部門における省エネルギー技術の開発を行う。資源・エネルギーの安定供給のため、多様な資源の確保と有効利用技術、代替材料技術等の開発を行う。将来のグリーン・イノベーションの核となるナノ材料等の融合による新機能材料や電子デバイスの技術の開発を行う。産業部門については、省エネルギー技術に加えて環境負荷低減や安全性評価と管理、廃棄物等の発生抑制と適正処理に関する技術の開発を行う。

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

【第3期中期計画】

- ・再生可能エネルギーは枯渇の心配がなく、低炭素社会の構築に向けて導入拡大が特に必要とされるエネルギーである。このため、再生可能エネルギー（太陽光、バイオマス、風力、地熱等）を最大限有効利用するための技術の開発を行う。また、再生可能エネルギーの需要と供給を調整し、末端最終ユーザへの安定供給を行うために必要なエネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、エネルギーネットワークにおける統合制御技術の開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

【第3期中期計画】

- ・太陽光発電技術に関して、共通基盤技術及び長寿命化や発電効率の向上等に関する技術の開発を行う。具体的には、太陽光発電普及に不可欠な基準セル校正技術、評価技術、診断技術等の基盤技術開発を行い、中立機関としてその技術を産業界に提供するとともに、標準化に向けた活動を行う。また、長寿命化、高信頼性化のために構成部材、システム技術等の開発を行うとともに寿命の検証のための評価技術の開発を行う。

1-(1)-① 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化(IV-3-(1)-②へ再掲)

【第3期中期計画】

- 太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。

【平成25年度計画】

- 太陽光発電システムの普及を目指し、基準セル校正技術の不確かさ低減、新型太陽電池実効性能評価技術の確立に向けた取り組みを推進すると共に米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定、人材交流、技術指導等の連携による国際整合性を推進する。太陽電池発電量、長期信頼性に関わる評価技術を加速推進する。

【平成25年度実績】

- 超高温黒体輻射に基づく基準セル校正技術の不確かさ低減研究を推進した。屋外高精度評価技術や HIT 太陽電池や多接合太陽電池の JIS、IEC 標準化、新型太陽電池実効性能評価技術の確立に向けた取り組みを推進すると共に米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定、人材交流、アジア地域の研究機関等への技術指導等の連携による国際整合性を推進した。発電量評価技術についてつくば、鳥栖における発電量推定方式の検証とデータベース化準備を行った。長期信頼性については、高温高湿試験と屋外曝露の相関を調査した。

1-(1)-② 太陽光発電の長寿命化及び高信頼性化

【第3期中期計画】

- 太陽光発電システムの寿命及び信頼性の向上のために、太陽電池モジュール構成部材、システム構成部材、システム運用技術等を開発する。新規部材を用いること等により、太陽電池モジュールの寿命を現行の20年から30年に向上させるとともに、それを検証するための加速試験法等の評価技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 市場で喫緊の課題となっている電圧誘起劣化の機構を明確化し、当該劣化の解決に資する技術を開発する。長期にわたり屋外曝露した太陽電池モジュールと加速試験を施したモジュールにおいて劣化現象を解析し、両者の差異を比較検討することで、長期信頼性を担保可能な加速試験法を開発する。各種加速試験で得られた部材の設計指針をもとに新規部材をモジュールに適用し、長寿命モジュールの実用化に資する基盤技術を開発する。

【平成25年度実績】

- 電圧誘起劣化の主要因がナトリウムの拡散であること、n 型結晶シリコン太陽電池や化合物薄膜太陽電池でも電圧誘起劣化が生じることを確認するとともに、カバーガラス、封止材、反射防止膜の工夫により電圧誘起劣化を抑制した。太陽電池モジュール内に滞留した酢酸量を指標として、高温高湿試験と屋外曝露の相関を調査し、高温高湿試験2000~3000時間が屋外曝露約20年に相当する可能性を見出した。封止材の改良により、端面封止を施さずとも、認証試験の10倍の時間の高温高湿試験後に劣化が生じない薄膜太陽電池を開発した。

1-(1)-③ 太陽光発電の高効率化

【第3期中期計画】

- 太陽光発電システムの低コスト化に直結する発電効率の大幅な向上を目指し、結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜、有機材料、それぞれの太陽電池デバイス材料の性能に関して、相対値で10%以上の効率向上のため、表面再結合の抑制と高度光閉じ込めにより、安定で高性能な新材料や、それを用いた多接合デバイスを開発する。

【平成25年度計画】

- CIGS 太陽電池セルとサブモジュールの高効率化を図り、省資源化、代替材料技術の開発にも取り組む。
- 薄膜シリコンオールジャパン研究開発体制で太陽電池の高効率化を図り、開発した技術を大面積成膜に展開する。
- 新材料の開発、導入、デバイス構造の最適化により、有機薄膜および色素増感太陽電池の変換効率向上を図る。
- 新原理に基づく革新的太陽電池の原理検証などを進める。
- 次世代結晶シリコン PV コンソーシアムの先行研究をつくばで開始し、高効率薄型結晶シリコン太陽電池の要素技術を開発する。

【平成25年度実績】

- 化合物太陽電池の省資源化、代替材料化を進めた。また、CIGS 太陽電池で世界最高効率(CZTSSeでは世界最高と同等)を達成した。
- 二種類の薄膜シリコン太陽電池で世界最高効率を達成し、その大面積高速製膜にも成功した。
- 有機薄膜太陽電池に新規逆型構造を導入し変換効率7.1%を達成した。立体障害の大きな増感有機色素により10%を超える変換効率実現の指針を得た。
- スマートスタック技術を使った革新的太陽電池で変換効率27%を達成した。
- 先行研究として薄型結晶シリコン太陽電池の低濃度エミッタ技術の検討を行った。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

【第3期中期計画】

- ・温暖化防止や新たなエネルギー源の確保のため、バイオマス資源、風力、地熱及び次世代太陽光利用等、多様な再生可能エネルギーの利用に必要な要素技術、評価技術等の開発を行う。
- ・具体的には、非食料バイオマス資源を原料とする燃料製造技術、高品質化技術等の開発を行う。また、我が国の気象条件を考慮した、安全性や信頼性に優れた風力発電のための技術の開発を行う。地熱資源開発のための評価技術、特に低温地熱資源のポテンシャル評価技術の開発を行い、地熱発電及び地中熱利用システムの開発普及に寄与する。さらに、多様な再生可能エネルギーについての情報を収集し、必要に応じて新たな技術の開発に着手する。

1-(2)-① バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発（I-3-(1)-④へ再掲）

【第3期中期計画】

- ・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換（酵素糖化、発酵）技術、熱化学変換（ガス化、触媒合成）技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0（産出エネルギー／投入エネルギー）以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。
- ・油脂系バイオマスの化学変換（触媒存在下の熱分解や水素化処理及びそれらの組み合わせ処理）により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料（重量比酸素分0.1%未満）を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料（BDF）品質を満たすために、第1世代 BDF の高品質化技術（酸化安定性10h 以上）等を開発する。同時に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

【平成25年度計画】

- ・バイオエタノール製造プロセスについては、目標を達成した。BTL プロセスについては、触媒の微細構造の研究によって、既存の FT 合成触媒と比べて反応効率が20%高い触媒を開発するとともに、その FT 合成触媒で作られる炭化水素に合った水素化分解・異性化反応触媒を開発する。また触媒の研究結果を踏まえて BTL プロセスのシミュレーションを行い、エネルギー収支2.0を達成するためのストラテジーを明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・バイオエタノール製造プロセスについては、すでに目標を達成しているが、民間企業からの依頼に基づいて前処理・糖化メカニズムをマイクロレベルで解明すると

ともに、耐熱性、耐酸、耐塩性エタノール発酵酵母の機能評価と遺伝子組換え系の開発を行った。BTL プロセスについては、既存の FT 合成触媒と比べて反応効率が60%高い触媒を開発し、この反応で得られた炭化水素を低分子化するための水素化分解触媒も開発した。またエネルギー収支2.0を達成するための概略プロセスを構築した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、JST-JICA 事業でタイに設置されたパイロットプラントによる高品質 BDF 製造実証研究の推進を支援する。飽和モノグリセリド等のフィルター閉塞成分の低減技術を高度化する。また、第2世代バイオ燃料製造のため、同事業でタイに設置されたジャトロファ残渣の急速熱分解炉によるバイオオイル製造実証研究を支援する。バイオオイル中の含酸素化合物脱酸素用触媒の石油系基材との共処理時の活性および耐久性向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・ジャトロファ油から製造した高品質 BDF を混合した軽油を用いて5万 km 実車走行試験を実施し、走行に問題のない品質であることを実証した。BDF の部分水素化と吸着剤処理の併用により、モノグリセリドを94%以上除去することができた。ジャトロファ残渣の急速熱分解パイロットプラントの試験稼働を行い、各部の正常な作動とバイオオイルの生成を確認した。バイオオイル中の含酸素化合物脱酸素の活性、選択性を検討し、触媒担体の選択により、活性低下を抑制しつつ、高オクタン価成分の選択性が向上することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進する。平成25年度においては以下を実施する。
 - 1) 東アジアアセアン経済研究センター（ERIA）事業において引き続きワーキンググループ（WG）を運営し、実市場でのバイオディーゼル燃料品質管理に有益なバイオディーゼル燃料流通ハンドブックの改訂を実施する。
 - 2) 次世代バイオ燃料やエネルギーキャリアと成り得る各種合成液体燃料について、実用化に向け必要な標準化課題の調査を実施する。

【平成25年度実績】

- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化の推進に関し、以下の成果を得た。
 - 1) 東アジアアセアン経済研究センター（ERIA）事業にて、最新のヨーロッパ規格と調和すべく、EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard:2008（EEBS:2008）の改訂と、これらの情報を更新したディーゼル燃料流通ハンドブックの改訂作業を実施した。

2) 再生可能エネルギー貯蔵・流通に関するトータルシステムシナリオ検討のプロジェクトを開始し、各種エネルギーキャリアに関する実用化に向けた標準化課題の調査を開始した。

1-(2)-② 風力発電の高度化と信頼性向上

【第3期中期計画】

- 我が国の厳しい気象や風特性を反映した風特性モデルを開発し、安全性と信頼性に優れた普遍的な風車技術基準を IEC 国際標準として提案する。また、高度な風洞実験やシミュレーション技術を援用することにより、風速のリモートセンシング技術の精度と信頼性を向上させ、超大形風車ウィンドファームの発電量を数パーセント以下の不確かさで評価する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 風特性データの解析、風モデルによる風車設計への影響評価シミュレーションを継続して実施することにより、説得性の高い裏付けデータを整備する。まずは平成25年12月頃までにとりまとめられる IEC 61400-1 Ed. 4 ドラフト文書に提案内容が盛り込まれることを目指し、IEC TC88 MT1の場に裏付けデータを提出、提案する。LIDAR による風特性評価技術の高度化を目指し、ナセル搭載型 LIDAR の開発とその要素技術を活用した風車制御技術の高度化のためのフィージビリティスタディを実施する。

【平成25年度実績】

- 日本の厳しい風条件を反映するように新たに開発した風車設計のための風モデルが、風車設計に与える影響を風車荷重シミュレーションにより詳細に評価し、IEC 国際規格としての説得性の高い裏付けデータを整備した。こうしたデータや成果を IEC TC88 MT1 の場に提供することにより、日本の厳しい風条件を反映した風モデルを IEC 国際規格として採用させる目処を得ることに成功した。LIDAR による風特性評価技術の高度化を目指し、ナセル搭載型 LIDAR として求められる仕様を検討し、その仕様に基づいたナセル搭載型 LIDAR のプロトタイプ機を開発した。

1-(2)-③ 地熱資源のポテンシャル評価（別表2-2-(2)-②の一部を再掲）

【第3期中期計画】

- 再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。

【平成25年度計画】

- 地熱資源ポテンシャル評価の研究においては、EGS 等未利用地熱資源の評価を含めた評価手法改良を継続する。地熱開発促進にむけた地熱利用と温泉保全の両立の研究では、温泉発電システムについて国内外の動向調査、資料整備を行い、資源量の再評価を開始する。また、温泉共生型地熱貯留層管理システム開発で得た成果の他地域への展開を図る。さらに、産総研福島拠点での地熱研究の体制を構築し、平成26年度開所の準備を進める。

【平成25年度実績】

- 地熱資源ポテンシャル評価の研究では、改良した容積法により未利用地熱資源を含む全国の熱水系資源を再評価した。地熱利用と温泉保全の両立の研究では、国内外動向調査、新潟県での温泉発電試験に伴う温泉モニタリング等により資源量を再評価した。また、温泉共生型地熱貯留層管理システム開発で得た成果の他地域への展開用ツールとして、温泉モニタリングデータを評価する地熱-温泉共生アドバンスドソフトを作成した。さらに福島研究所での地熱研究の体制を構築し、再生可能エネルギー研究センター地熱チームを10月に立ち上げた。

【平成25年度計画】

- 山形盆地及び秋田平野で、オープン型地中熱システムの一つの帯水層蓄熱冷暖房システムの適地指標定量化を継続し、成果を取りまとめる。津軽平野で、クローズド型地中熱システムのポテンシャル評価及び地中熱システムの地下環境への影響評価を実施する。調査研究の西日本への展開を図る。産総研福島拠点での地中熱研究体制を構築し、平成26年度開所の準備を進める。熱帯-亜熱帯地域での地中熱利用研究として、タイ国カセサート大学に加えてチュラロンコン大学とも研究を開始し、CCOP 地下水プロジェクトのサブプロジェクトとして位置づける。

【平成25年度実績】

- 山形盆地及び秋田平野で、帯水層蓄熱冷暖房システムの適地指標定量化を継続し、地下水流速等を指標とした適地マップを取りまとめた。津軽平野でクローズド型地中熱システムのポテンシャル評価、環境影響評価を地下水温等の情報を基に実施した。福島研究所での地中熱研究の体制を構築し、地中熱チームを立ち上げた。地圏資源環境 RI との協力の下、大阪平野における地中熱研究体制を整備した。熱帯-亜熱帯地域での地中熱利用に関し、タイ国チュラロンコン大学とも新たに研究を開始し、CCOP のサブプロジェクトとして位置づけた。

1-(2)-④ 次世代型太陽光エネルギー利用技術

【第3期中期計画】

- ・太陽光エネルギーを直接利用した水の分解により水素を製造する、可視光応答性の光触媒や光電極による分解プロセスの効率向上を目的とした、光電気化学反応技術を開発する。また、人工光合成システムの経済性や実現可能性を検証する。
- ・色素増感太陽電池の高性能化と耐久性向上を目的として、増感色素や半導体電極、電解質、対極、封止材、セル構造等の改良を図る。色素増感太陽電池の早期実用化への貢献を目指し、新規色素や半導体を30種類以上開発し、データベース化する。

【平成25年度計画】

- ・多孔質半導体光電極の高性能化のために、高速スクリーニング技術により新規半導体材料を探索し、その成膜条件や薄膜界面状態等を変えて光電特性向上を検討する。また光触媒の性能向上のために、長波長を使える新規半導体開発とその調製法や表面処理手法の改良、モルフロジー制御等による水分解活性向上および反応機構解明を検討する。人工光合成システムの理論効率を試算するための反応モデルを構築し、その妥当性検証に着手する。

【平成25年度実績】

- ・多孔質半導体光電極の高性能化に関して、高速自動スクリーニング技術により Fe-Bi-Ba や Cu-Nb-Bi 系等の光電流が大きくなる特殊な組成を多数見いだした。BiVO₄半導体への複数金属 (Mo や W) のドーピングによる光電流の向上効果を見いだした。また光触媒の性能向上に関しては、表面処理工程の不純物を取り除くことで活性が向上することを確認した。長波長 (600nm) まで利用できる鉄系光触媒でレドックス反応が進行することを初めて見いだした。光触媒-電解ハイブリッド人工光合成システムの理論効率等を試算し、低コスト水素製造が可能であること確認した。

【平成25年度計画】

- ・色素増感太陽電池の早期実用化のため、可視光だけでなく近赤外光に感度を持ち、高性能かつ耐久性のある新規ルテニウム錯体色素を高性能色素骨格の置換基を変化させて多数開発する。錯体色素構造と電池特性との関連情報の集積を行うとともに、色素のデータベースを拡充し、さらに錯体色素に関して分子軌道法などの手法を用いて電圧向上や高性能化に強く関係する因子を特定する。

【平成25年度実績】

- ・色素増感太陽電池の高性能化に関して、近赤外光に感度を持つ新規ルテニウム錯体色素を8種類合成した。多座配位子を利用して耐久性のあるルテニウム錯体色素を開発できた。錯体色素と有機色素を混合して世界最高レベルの効率 (11.1%) を達成した。色素構造とヨウ素電解液との相互作用が開放電圧に影響するとい

う新たな機構を分子軌道法により検証した。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

【第3期中期計画】

- ・自然エネルギーの導入拡大等による出力変動を吸収して安定した電力を供給するための技術の開発を行う。具体的には、エネルギー貯蔵技術、パワーエレクトロニクス技術、情報通信技術等を活用して、地域の電力網における電力供給を安定させるためのエネルギーネットワーク技術の開発を行う。また、高効率電力ネットワークシステムに必要な電力変換器の高効率化と高密度化を実現する素子の開発を行うとともに、その量産化、集積化及び信頼性向上に必要な技術の開発を行う。

1-(3)-① エネルギーネットワーク技術の開発 (I-2-(2)-①へ一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・太陽電池等の再生可能エネルギー機器が高密度に導入された住宅地域のエネルギーネットワークを設計、評価する技術及びネットワークを効率的に運用するためのマネジメント技術を開発する。数百戸規模の住宅における実用化を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした研究を行う。また、電力系統の再生可能エネルギー発電受入れ可能量を大幅に拡大するための負荷制御技術等を、試作器の開発等により実証する。
- ・電力計に内蔵される電力線通信機器 (PLC) を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLC によるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用 PLC を開発する。

【平成25年度計画】

- ・住宅エネルギー需要予測を組み込んだ住宅エネルギー需給計画モデルのプロトタイプに、エネルギー融通手法を組み込んで拡張し、住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験設備へ実装して実験を行い動作を検証し、正常に動作することを確認する。太陽光発電のパワーコンディショナについて、複数台を協調制御する技術を開発し、実験により評価、検証する。

【平成25年度実績】

- ・住宅エネルギー需給計画モデルのプロトタイプにエネルギー融通手法を組み込んで拡張を行った結果、エネルギー需要予測においてサポートベクターマシンの利用による精度向上の可能性が見いだされたため新たな手法を開発した。パワーコンディショナのみではなく、蓄電池やコージェネレーション等も含めた住宅の様々なインバータを用いた無効電力調整によって配電線の

電圧を制御する技術を開発し、実験により正常に動作することを検証した。負荷制御技術等の実証を完了し、制御技術の正常動作と、負荷に悪影響を与えないことを検証した。

【平成25年度計画】

- ・メガソーラー向けに、太陽電池パネルを直列接続したストリング単位でのモニタリングに対応するように不具合検知アルゴリズムを改良する。この改良したアルゴリズムおよび平成24年度までに開発した各要素技術（後付け型の発電モニタ通信装置子機、親機、クラウドサーバ）を統合し、メガソーラー向けの太陽電池パネルのモニタリングシステムを構築する。発電事業者等と連携し、既設メガソーラーに発電モニタ通信装置を後付けで設置し、実環境での長期間モニタリング試験（少なくとも1年間以上）を開始する。

【平成25年度実績】

- ・太陽電池パネルを直列接続したストリング単位でのモニタリング情報からパネルの不具合検知を行えるよう、ストリング発電量の相対変動に基づく統計量を用いるようにアルゴリズムを改良した。その結果、疑似欠陥を確実に検出できることを実験で確認した。また発電事業者等と連携し、商用のメガソーラーにおいてモニタリングシステムを構築し、平成26年2月から1年間に亘るモニタリング試験を開始した。また昨年度知財実施契約を締結した、発電モニタ通信装置の技術移転先企業において、平成25年6月より製品販売が始まった。

1-(3)-② 電力変換エレクトロニクス技術の開発

【第3期中期計画】

- ・電力エネルギーの高効率利用を可能とする SiC や GaN 等の新規半導体材料を用いた高性能パワー素子モジュール及びそれらを用いた電力変換エレクトロニクス技術を開発する。具体的には、SiC、GaN 素子の普及に必要な低コスト大口径高品質ウエハ製造技術、高信頼でより低損失高耐圧なパワー素子技術とその量産化技術（50A 級素子歩留まり70%）、高機能を実現する10素子規模の集積化技術、200～250℃の高温実装技術や、25～30W/cm³の高出力パワー密度化技術を統合した回路設計、製作技術を開発する。
- ・省エネルギーに効果的な次世代ダイヤモンドパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術の高度化により低欠陥高品質エピタキシャル膜の製造技術を開発する。また、実用的な縦型構造を有し、低損失かつ冷却フリーで250℃において動作するパワーダイオードを開発する。

【平成25年度計画】

- ・引き続き SiC、GaN 等の高性能パワー素子と、その電力変換器応用技術の開発を進める。

- 1) 溶液法による1cm 厚以上の SiC 結晶を安定的に得た上で、結晶特性を評価する。加工一貫工程の6インチ化に着手する。
- 2) 耐圧3kV 超で15mΩ cm²の SiC-MOSFET、13kV-20A 級の SiC-IGBT を実現する。
- 3) SiC、GaN パワー素子の高速スイッチング化を進める。
- 4) 接合温度225℃以上の SiC パワー素子近傍に受動素子を配置する1.2kV-50A 級モジュールに必要な接合技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・SiC、GaN 等の高性能パワー素子と、その電力変換器応用技術の開発を進めた。
- 1) 溶液法により1cm 厚の SiC 単結晶を得た。6インチ SiC パルク結晶の切断加工時間を従来の1/4に短縮した。
 - 2) 3.3kV 耐圧で14.7mΩ・cm²の SiC-MOSFET、16.5kV-30A の SiC-IGBT を実現した。
 - 3) SiC-JFET で15V/ns 級、GaN-HEMT で2V/ns 級の高速スイッチングを実現した。
 - 4) 接合温度225℃以上で動作する1.2kV-50A 級 SiC パワーモジュールで70W/cm³の出力パワー密度を達成するとともに、より高密度化が可能な両面接合技術を開発した。

【平成25年度計画】

- ・複合欠陥がデバイス逆方向特性に及ぼす影響を定量的に解析する。またドリフト層のエピタキシャル成長に及ぼす諸プロセスの影響を解析し、低欠陥エピタキシャル成長の方針を探る。

【平成25年度実績】

- ・逆方向電圧1kV 以上の耐電圧デバイスには45° 複合欠陥はデバイスに致命的なキラー欠陥であることをデバイス実証した。また大きな影響を有する表面起因の欠陥に関して、UV アシスト研磨により、動作層となるドリフト層エピ欠陥増加は抑制されることを示した。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

【第3期中期計画】

- ・省エネルギーによる温室効果ガス削減は、再生可能エネルギー導入に比べて、直接的かつ早期の効果が期待されている。運輸部門での省エネルギーのため、自動車等輸送機器の効率向上のための技術及び中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を動的に行うための技術の開発を行う。また、民生部門での省エネルギーのため、戸建て住宅等のエネルギーを効率的に運用するマネジメントシステムの開発とともに、高性能蓄電デバイス、燃料電池、省エネルギー部材の開発を行う。さらに、将来のエネルギー消費増加の要因になることが懸念される情報通信にかかわる省エネルギーのため、電子デ

バイス、集積回路、ディスプレイ、入出力機器、光ネットワークの高機能化と省エネルギー技術の開発を行う。

2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術

【第3期中期計画】

- ・運輸部門での省エネルギーによる温室効果ガス削減に貢献するため、次世代自動車等輸送機器のエネルギー貯蔵、高効率化技術や新たな運輸システム技術の開発を行う。具体的には、次世代自動車用蓄電デバイスの高性能化、低コスト化につながる材料の開発を行う。燃料電池自動車用に、燃料電池の低コスト化、耐久性の向上に必要な先端部品材の開発と反応解析、信頼性試験等の技術開発を行うとともに、安全な高圧水素貯蔵システムの開発を行う。輸送機器の軽量化のための軽量合金の高性能部材化に向けた総合的な技術開発、低燃費と同時に排気ガス規制を満たす自動車のエンジンシステム高度化技術の開発を行う。上記の輸送機器の効率向上に加えて、運輸システム全体の省エネルギー化のため、情報通信機器を用いた市街地移動システムに関する技術の開発を行う。

2-(1)-① 次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発 (IV-1-(1)-④へ一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・電気自動車やプラグインハイブリッド自動車等の次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全と低コストを兼ね備えた高エネルギー密度電池（単電池で250Wh/kg以上）の設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、革新型蓄電池系（空気電池等）の実用可能性を見極めるための性能評価を行う。さらに、未確立である蓄電池の寿命検知と診断解析技術の確立を目指し、電池の寿命に最も影響を及ぼす電池材料の劣化因子を確定する。
- ・新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。
- ・エネルギー密度500Wh/kg以上の革新型蓄電池の開発を目指し、ハイブリッド電解質を利用した二次電池の固体電解質の耐久性を向上させる。さらに、安全性に優れた準固体型及び全固体型のリチウム-空気電池を開発し、単セルでの動作を実証する。

【平成25年度計画】

- ・酸化物正極については、組成比及び価数の最適化を進め、実電池組込時の容量損の低減のため初期充放電効率を80%以上に高めることを目指す。シリコン系負極については、300サイクル後の容量維持率を80%まで向上させると共に、釘刺し等でも発火しない電池を実現する。硫黄系正極については、充電開始が可能で、2.0電子反応以上の容量をもつ含硫黄材料の作製を指

す。金属負極については、主に形態制御と充放電効率向上に重要なパラメータの解明を行う。空気電池の二次電池化を目指し、空気極触媒と耐酸化性導電性担体との複合化により、高耐久性の可逆空気極を開発する。

【平成25年度実績】

- ・酸化物正極については、Li 過剰系において250mAh/gの高容量で効率89%を達成した。シリコン系負極は、組成制御と新開発のバインダ及び箔により、300サイクル後の容量維持率80%への向上と、試作電池において釘刺し試験等でも発火しない極めて高い安全性を実証した。硫黄系正極については、充電開始可能で2.2電子反応容量の材料を開発した。金属 Li 負極については、析出核発生密度を増大させ、副反応のない範囲での電流密度増大により樹枝状成長抑制効果を見出した。ペロブスカイト型酸化物と Sb ドープ Sn 酸化物との複合化により、高耐久性の可逆空気極触媒を開発した。

【平成25年度計画】

- ・電気自動車用単セルについて進めている性能評価試験を継続することでデータの蓄積を図る。電池の残存性能評価手法について検討を継続し、有効な手法を提案する。電気自動車やプラグインハイブリッド自動車における電池材料の劣化因子を検討するため、小容量モデルセルについて進めている劣化挙動の定量的な解析のさらなる精度向上を進めるとともに、劣化メカニズムについての提案を行う。

【平成25年度実績】

- ・電気自動車用単セルについて各種試験条件を変えた試験を進めることで、劣化に影響を及ぼす因子について検討した。その結果、温度、充電状態、放電深度等の試験パラメーターの中で、温度の影響が最も大きく、サイクル試験により容量低下が加速されることが明らかになった。小容量モデルセルの結果と比較検討したところ、容量の劣化メカニズムとしては、サイクルに伴う正負極の容量バランスの崩れが主要因であること、ルート則等を適用することで単セルの電池残存性能評価が可能であることが確認できた。

【平成25年度計画】

- ・評価基準書最終版作成に向けて、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルの大きさとその電池特性との相関性を把握し、少量サンプルでの簡易評価法の検討や過充電等の安全性評価法の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・コインセル、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルでの電池特性（充放電特性）データの取得とその解析結果から相関性が把握でき、少量サンプルの評価が可能となることが分かった。また、主として過充電、

過熱に関する安全性評価法を検討し、その手順を取りまとめた。これまでに構築した世界的シェアを有する国内複数企業を中心とした拠点において、取りまとめられた評価手法、手順などを全参画者と共有し、評価基準書最終版作成に向けた準備を進めた。

【平成25年度計画】

- ・高エネルギー密度二次電池（単電池で250Wh/kg以上）に必要な安定な大容量電極材料の開発を継続して行う。また、革新型蓄電池の開発においては、エネルギー密度で500Wh/kgを実現するため、様々な技術を用いて、リチウム-空気電池など革新型蓄電池の開発と共に、新規リチウム-空気電池に使える安価な新型触媒の開発、全固体型リチウム-空気電池の構築などを引き続き検討する。

【平成25年度実績】

- ・高エネルギー密度二次電池の設計が可能な固溶系正極材料 Li (NiCoMn) O₂-Li₂OMn₃において、高分解能電子顕微鏡観察により超格子に類似した二相構造の存在を発見した。固体電解質膜-ゲル複合電解質と一体化した空気極を用いた有機電解液型リチウム-空気電池において、空気中で長時間安定な充放電を実現した。空気極中の炭素表面に RuO₂触媒をコーティングすることより、全固体型リチウム-空気電池の充電過電圧を大幅に低減させ、エネルギー変換効率を向上させた。

2-(1)-② 燃料電池自動車用水素貯蔵技術の開発

【第3期中期計画】

- ・水素貯蔵材料の開発を目的として、構造解析技術、特に水素吸蔵状態を「その場観察」できる手法（「その場」X線・中性子回折、陽電子消滅、核磁気共鳴等）を開発する。この技術を用いて、材料の水素貯蔵特性と反応機構を解明し、得られた知見から、高い貯蔵密度（重量比5%、50g/リットル）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。
- ・安全な高圧水素利用システムを開発するため、水素材料強度データベース及び水素破面と組織データベースを構築する。また、燃料電池車や水素ステーションの高圧水素容器開発指針、水素輸送技術開発指針を関連業界に提案し、評価設計手法、及び実証実験手法を開発する。さらに、水素関連機器の開発促進と安全性向上に寄与するために、水素と高分子材料の関係や水素とトライボロジーの関係を解明するとともに、その利用普及を進めるため、水素基礎物性データベースを構築する。

【平成25年度計画】

- ・V系材料に関し、合金組成と作製条件の異なる材料について中性子回折実験、放射光 X線等の実験を進め、

繰り返し特性の向上に関わる因子を明らかにする。

Mg系材料では、低温熱源が利用可能な新規材料を探索するため、中性子実験および核磁気共鳴測定の結果から材料中の水素の位置および存在状態を解析し、低温作動に必要な構造的条件を検討する。

【平成25年度実績】

- ・V系材料に関し、合金組成の異なる材料について、中性子、放射光 X線等の実験を進め、組成によらず、吸蔵放出の繰り返しによる劣化時には格子欠陥の蓄積がみられることを確認した。高い水素貯蔵密度（重量比5%、50g/リットル）を達成した Mg系材料において、低温作動に必要な構造的条件を検討するため水素の存在状態の解析を進めた結果、ナノメートルサイズの Mg基組織がバルク状 Mgに比べ同じ温度で高い吸蔵圧力を示すことが判り、作動温度を低下できる可能性を見出した。

【平成25年度計画】

- ・安全で経済的な水素関連機器を実現するため、材料の物性に与える水素の影響について解明を進める。特に、水素ステーション用鋼種拡大のため、高圧水素環境下でき裂進展試験などの遅れ破壊特性等を評価し、材料評価方法の国際標準化のための基礎データを蓄積する。さらに、走査型プローブ顕微鏡等を用いて、微小領域での初期き裂発生状況を観察し、水素脆化メカニズムの解明を進める。また、事故事例の解析を進め、リスク評価のための知見を蓄積する。併せて、高圧水素ガス中材料試験装置群を活用した企業との共同研究による外部予算の獲得を目指す。

【平成25年度実績】

- ・115MPaまでの高圧水素中で Cr-Mo鋼のき裂進展開始試験を実施し、破壊靱性値データを収集した。またサンディア国立研究所と共同で、同一試験片を用いた高圧水素中破壊靱性試験結果の相互比較を世界で初めて実施した。ステンレス系材料の水素脆化破面のき裂生成・成長過程を走査型プローブ顕微鏡で観察し、オーステナイト相と歪み誘起マルテンサイト相の界面から、き裂が生成することを明らかにした。さらに九州大学と、リスク評価のための事故事例の解析を進めるとともに、NEDO水素利用技術研究開発事業を受託した。

2-(1)-③ 軽量合金による輸送機器の軽量化技術の開発

【第3期中期計画】

- ・省エネルギーに有効な輸送機器の軽量化を可能にするため、マグネシウム等の軽量合金の特性向上を図るとともに、金属材料の耐食性試験（JISZ2371）を基に規定される塩水噴霧/高温乾燥/高温湿潤の複合サイクル試験において300時間以上耐久可能な低コスト表

面処理技術を開発する。また、強度と剛性を低下させずに常温プレス加工性を改善し、高い比強度（引っ張り強さ／比重：160MPa以上）とアルミニウム合金並みの成形性を示すマグネシウム合金圧延材を開発する。

【平成25年度計画】

- ・Mg合金連続鋳造の安定化に向け、精密な温度制御と更なる組織微細化・均質化に向けた攪拌条件の最適化を行う。開発した高品質Al合金スラリーでセミソリッド成形を行い、熱処理の適用性を調べる。Mg合金の鍛造成形では、組織微細化による二次加工温度低温化（150℃）を検討する。Mg合金圧延材では室温成形性の改善のため、高い比強度160MPa以上とAl合金並みの成形性（室温エリクセン値8.0以上）を付与する。表面処理ではこれまでの塩水噴射試験結果を解析し、膜厚および防錆剤添加量の最適化を図る。

【平成25年度実績】

- ・鋳造過程における精密な温度制御と電磁攪拌条件の最適化により、Mg合金鋳物の平均結晶粒径を3分の1以下に微細化できた。Al合金のセミソリッド成形では、成形体中の含有ガス量を熱処理可能な10.0ml/100gAl以下にできた。Mg合金の組織微細化により150℃でも鍛造加工ができた。高温圧延法により160MPaの比強度と8.0の室温エリクセン値を有するMg合金圧延材を作製した。開発した防錆剤混入透明層状皮膜をMg合金へ適用し、塩水浸漬で未処理材の20倍以上の耐食性を実現した。

2-(1)-④ 自動車エンジンシステムの高度化技術

【第3期中期計画】

- ・新たな排出ガス規制値を満たしつつ、燃費の向上を目指し、新燃料と駆動システムの最適化、燃焼制御技術の向上、排出ガス浄化技術の高度化により、超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム、及びこれらを評価する計測技術を開発する。また、低品質燃料から低硫黄・低芳香族燃料（硫黄分1～2ppm未満）や高H/C（水素／炭素原子比）の高品質燃料を製造する技術等を開発し、市場導入に必要な燃料品質等の評価を行う。

【平成25年度計画】

- ・超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム及びこれらを評価する計測技術に関して、ディーゼルパーティキュレートフィルター（DPF）に使用する触媒の性能向上、窒素酸化物処理触媒に関し経年劣化を解決するための研究、DPF内PM蓄積量の評価法の研究開発を行う。また、数値解析と実験により、これまでの成果を取り入れた仮想的なエンジンシステムについて、排出ガス浄化および燃費向上効果を総合評価する。一方、燃料品質の向上、評価についてはDME燃料について、前年度に作成した原案を基に国内外標準化の実作業を

推進する。

【平成25年度実績】

- ・複雑な表面構造を持つDPFに高活性な酸化触媒をコーティングする方法、および有機物を利用した貴金属活性種の担持状態を制御し、経年劣化に強い窒素酸化物酸化触媒を量産する方法を見出した。超音波を用いたDPF内のPM蓄積量評価法について、これまで実施できなかった高負荷運転下においても蓄積量推定が可能なことを確認した。X線による燃料噴霧の詳細解析等を実施し、総合評価に必要なエンジンシステムのシミュレーション精度を向上させた。自動車用DME燃料品質に関して、原案を基に主要国とのコンセンサス形成を推進した。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、廃食用油や泥状トラップグリースなどの低品質廃油脂類の脱酸素技術の検討において、触媒改良により石油系基材との共処理におけるさらなる脱硫活性の低下抑制および水素消費量低減を目指す。また、脱酸素により得られる高H/Cの高品質炭化水素のセタン価適正化のための選択的異性化（分解抑制）技術およびジェット燃料留分が最大となる選択的分解技術について、触媒の高性能化を行う。

【平成25年度実績】

- ・廃油脂混合軽油の水素化処理における水素消費量低減の指針を明らかにするとともに、10重量%廃食用油混合軽油の水素化脱酸素において、脱酸素触媒の最適化により、脱硫活性を維持しつつ、水素消費量を38%低減できる触媒を開発した。高H/Cの直鎖パラフィンを主成分とする廃食用油脱酸素油の選択的異性化において、分解を抑制してイソパラフィン選択率を向上させる触媒を開発した。また、酸触媒の最適化により、炭素数7～12のジェット燃料留分が選択的に得られる分解触媒を開発した。

2-(1)-⑤ 市街地移動システム技術の開発

【第3期中期計画】

- ・低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つであるコンパクトシティ構想に貢献するための技術として、中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を自律的に行うための研究開発を行う。具体的には、パーソナルモビリティによる市街地における長距離自律走行（3km以上）と協調に基づく高効率化、施設等で試験運用可能なレベルの自律・協調搬送システム、高効率な搬送経路計画のための市街地等広範囲環境情報取得技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・自律走行車いす等を対象に以下の研究開発を行う。
- 1) 3次元環境データとGPSを統合した自律走行技術

を開発し、つくば駅－産総研間の約2.5kmの市街地自律移動を実現する。

- 2) 複数の移動体による環境データの取得と活用による経路計画と協調技術を開発し、実環境のデータを利用した安全で効率的な経路選択と協調走行を実現する。
- 3) 高速無線通信を利用することにより、つくば駅－産総研間の遊歩道周辺の形状データと画像情報を融合した3次元環境をクラウド上に構築する。

【平成25年度実績】

- ・自律走行車いす等を対象に以下の研究開発を実施した。
- 1) つくば駅－産総研間の遊歩道上において、GPS情報で補正した3次元環境ベースの自己位置推定技術により、2.5kmの車いす自律走行を実現した。
- 2) AR（拡張現実）技術による移動体と協調した効率的な経路選択が可能なインターフェースを開発した。また、車いす型などの連結型モビリティを開発し、協調走行の一つの実施例として実現した。
- 3) サーバ上に構築した分散ファイルシステムのデータベース化検証を行い、高速公衆回線経由で市街地3次元環境データを蓄積した。

2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術

【第3期中期計画】

- ・民生部門での温室効果ガス削減に貢献するため、住宅、ビル、工場等での省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、戸建て住宅等におけるエネルギーの負荷平準化に不可欠なエネルギーマネジメントシステム、蓄電デバイスである二次電池及びキャパシタの高エネルギー密度化技術の開発を行う。また、定置用燃料電池の耐久性と信頼性の向上に資する基盤技術と、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術の開発を行う。未利用熱エネルギーの有効利用のため、熱発電システムの発電効率、信頼性の向上や長寿命化のための材料技術の開発を行うとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法の開発を行う。加えて、省エネルギーと快適性の両立を目的とした調光窓材、外壁材等の建築部材及び家電部材の開発を行う。

2-(2)-① エネルギーマネジメントシステムのための技術開発（I-1-(3)-①を一部再掲）

【第3期中期計画】

- ・戸建て住宅に関して二酸化炭素削減率20%の達成を目標として、戸別・集合住宅又はビル・地域単位でのエネルギーを効率的に運用するためのエネルギーマネジメント技術を開発する。重要な要素技術として、負荷平準化に不可欠な高エネルギー密度化を可能とする蓄電デバイス（二次電池で250Wh/kg、キャパシタで18Wh/kg）を開発する。また、電力マネジメントに必須の電力変換器について、高密度化、耐高温化のため

のダイヤモンド半導体等新材料を含む電力変換デバイスを開発する。

- ・電力計に内蔵される電力線通信機器（PLC）を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLCによるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用PLCを開発する。

【平成25年度計画】

- ・柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験を引き続き実施する。年間を通じて実験を行い、各季節での省エネルギー効果の検証を行う。複数住戸に分散設置された蓄電デバイスの制御手法の開発に取り組み、システム全体の早期社会導入を目指して、需要家の経済性についても評価する。

【平成25年度実績】

- ・柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験として、温水融通実験により秋期と冬期における省エネルギー効果の評価に着手した。複数住戸に分散設置された蓄電デバイスの制御手法の開発のための実験設備を整備した。蓄電デバイスの運用アルゴリズムへの蓄電池の充放電による劣化コストを考慮した経済性のモデルを構築した。

【平成25年度計画】

- ・優れた性能を示した材料を正負極に用いてハイブリッドキャパシタを作成し、エネルギー密度が最大になるセル構成（組み合わせ）を決定することで、期末目標の18Wh/kg達成を確実なものにする。また、高速充放電特性を向上するために最適な細孔構造を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・MgO 鋳型メソポーラスカーボン（MgO-MPC）を調製し、熱処理条件と細孔構造を対応づけ、さらにキャパシタ特性と関連づけた。うち、非常に高いエネルギー密度を示した約3nmのメソ孔を有するMgO-MPCについて、高速充放電下での電解液イオンの挙動を解析し、レート特性に優れたキャパシタ電極の開発指針を得た。高エネルギー密度ハイブリッドキャパシタとして18Wh/kg達成が確実と見込まれる有力な正極・負極の組み合わせを決定した。二次電池に関し、炭素微小球の負極特性を評価し、高エネルギー密度デバイス開発への見通しを得た。

【平成25年度計画】

- ・ダイヤモンドの持つ高い絶縁耐圧を実証すると共にその優れた特性を利用した高耐圧用パワーデバイスの開発を行う。ダイヤモンドバイポーラトランジスタの信頼性研究を行う。GaN 系材料では特徴である分極特性を利用したパワーデバイスの開発、および GaN パワーデバイスの信頼性、集積化技術の研究を進める。電力変換器の信頼性に関して、特に高パワー密度設計を行った結果についての実証、およびより高パワー密度化、汎用化を進めるための要素技術開発を進める。

【平成25年度実績】

- ・ダイヤモンドのみが行える超高耐圧パワーデバイスである真空パワースイッチの開発を進め、複数デバイスの並列動作に成功し、電流密度増加の指針を取得し、高耐圧用ダイオードの安定性を確認した。トランジスタ動作実証も行き、ダイヤモンド電力変換素子の可能性を確認した。GaN 系材料では、パワーデバイスの信頼性、集積化技術に関する研究に着手し、n 型および p 型トランジスタの同一基板上集積動作実証を行った。大電力変換器に関して、高パワー密度化を進め、高周波リンクトランス方式による1MVA10kHz 大電力変換器の動作実証を行った。

【平成25年度計画】

- ・メガソーラー向けに、太陽電池パネルを直列接続したストリング単位でのモニタリングに対応するように不具合検知アルゴリズムを改良する。この改良したアルゴリズムおよび平成24年度までに開発した各要素技術（後付け型の発電モニタ通信装置子機、親機、クラウドサーバ）を統合し、メガソーラー向けの太陽電池パネルのモニタリングシステムを構築する。発電事業者等と連携し、既設メガソーラーに発電モニタ通信装置を後付けで設置し、実環境での長期間モニタリング試験（少なくとも1年間以上）を開始する。

【平成25年度実績】

- ・太陽電池パネルを直列接続したストリング単位でのモニタリング情報からパネルの不具合検知を行えるよう、ストリング発電量の相対変動に基づく統計量を用いるようにアルゴリズムを改良した。その結果、疑似欠陥を確実に検出できることを実験で確認した。また発電事業者等と連携し、商用のメガソーラーにおいてモニタリングシステムを構築し、平成26年2月から1年間に亘るモニタリング試験を開始した。また昨年度知財実施契約を締結した、発電モニタ通信装置の技術移転先企業において、平成25年6月より製品販売が始まった。

2-(2)-② 燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の高耐久性、高信頼

性（電圧劣化率10%/40,000h、250回のサイクル）に資するため、ppm レベルの不純物による劣化現象及び機構を解明し、その対策技術を開発する。また、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術を開発する。

- ・50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで燃料利用率を向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術を開発する。また、SOFC システムからの二酸化炭素回収システムと SOFC を組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価する。
- ・家庭用燃料電池コージェネレーションの普及のために固体高分子形燃料電池の大幅な低コスト化と高耐久化の両立を目指し、白金使用量を1/10に低減できる電極材料技術を開発する。さらに、アルコールを燃料とするダイレクト燃料電池へ展開できる材料系を開発する。
- ・大きな熱需要が見込まれる建物を対象として、高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術、燃料電池等からなるシステムを開発する。

【平成25年度計画】

- ・分散型 SOFC システムの高効率化に寄与するアノード排ガスリサイクル技術について、シミュレーションモデルの精緻化を実施する。具体的にはセルスタック部分の詳細モデルを構築し、セルスタック部分の温度分布、燃料供給分布等に関わる情報とシステム性能の相関分析を行う。また熱回収発電部分についても熱発電部分のモデルを精緻化し、有限要素法の3次元モデルを使用した最適化を検討し、SOFC システムのさらなる高効率化の手法探索を行う。エネルギーキャリア合成のための SOEC の基盤研究を実施する。

【平成25年度実績】

- ・アノード排ガスリサイクル条件下での発電実験結果からシミュレーションを高精度化（1%以下）した。また、円盤形セルについてスタック積層方向の温度分布に起因する燃料供給分布と燃料利用率の関係などを明らかにした。さらに SOFC システム中に熱電素子を設置した場合の効果をも有限要素法の3次元モデルにより計算し、3%程度の効率向上が期待できることを明らかにした。エネルギーキャリア合成のために水と炭酸ガスを電解して合成ガスを発生できる SOEC の試作に成功した。

【平成25年度計画】

- ・SOFC スタック劣化率10%/40,000h 以下を確実に達成するため、複数の開発会社で耐久試験された SOFC セルスタックの劣化要因、劣化メカニズムを解明する。さらに、劣化率10%/90,000h 達成のため、迅速劣化評価手法を検討する。SOFC 性能向上、エネルギーキャリアのための基盤技術開発に着手する。

【平成25年度実績】

- ・SOFC 開発会社4社のセルスタックの劣化要因、電解質の伝導度低下などを解明し、劣化率10%/40,000h以下、250回のサイクル耐久性を達成した。上記4社のうち3社を含む6社のセルスタックについて、劣化率10%/90,000h 達成へ向け、耐久性迅速評価手法に関する取組方法を決定し、解体分析等を開始した。SOFC 性能向上のため、石炭ガス化ガス燃料中不純物による劣化機構を明らかにした。エネルギーキャリアの基盤研究のため、高加湿条件での試験装置を整備した。

【平成25年度計画】

- ・高電位サイクルによる特性劣化を市販 Pt/C 触媒に比べ半減可能な Pt 担持チタン酸化物系触媒を開発する。錯体を複合化した PtRu 系触媒について、高濃度 CO (500ppm) による電圧低下が従来の開発触媒と比べて10%以上低減された耐 CO アノード触媒を開発する。平成24年度に開発したアルコール酸化触媒およびヒドラジン誘導体酸化触媒を上回る活性を持つ錯体系触媒を開発する。

【平成25年度実績】

- ・高電位による特性劣化を市販 Pt/C 触媒に比べ約1/6(出力約6倍)に抑制可能な Pt 担持チタン酸化物触媒を開発した。錯体触媒と PtRu 触媒との新たな複合化法を用いて、高濃度 CO (500ppm) 下での電圧低下が従来の開発触媒と比べて15%以上低減された耐 CO アノード触媒を開発した。配位子構造を改良することにより、昨年度開発触媒を上回る150mA/cm² (可逆水素電極基準0.6V) 以上の酸化電流を示すヒドラジン誘導体酸化触媒を開発した。

【平成25年度計画】

- ・統合型水素利用システムの水素貯蔵装置に関しては10気圧以下で運転が可能な横置型水素吸蔵合金タンクの性能評価を行うと共に、音波を使った液体水素液量計測実験を実施する。可逆セルの開発では運転中の水分管理高度化のためガス拡散層の多層化とその効果の検証を行う。また、再生可能エネルギー研究開発拠点での実証実験で使用する水素貯蔵材料選定に必要な各種試験を実施すると共に、全体運用のための数値計算を行うと共に制御装置を製作する。

【平成25年度実績】

- ・10気圧以下で運転可能な横置型水素吸蔵合金タンクの性能評価を行い連続運転での合金反応熱回収率72%以上を確認した。液体水素液量計測ではヘルムホルツ共鳴法を用いた計測実験を実施した。可逆セルについてガス拡散層の多層化効果および撥水剤添加方法について検討を行った。抵抗上昇を抑える多層化方法を特定すると共に、撥水剤添加工程に真空乾燥を採用することで発電性能が向上することを発見した。再生可能エ

ネルギー研究開発拠点での実証実験準備では各種試験、解析等を実施し水素貯蔵材料の選定、制御装置の仕様を決定した。

2-(2)-③ 未利用熱エネルギーの高度利用技術の開発【第3期中期計画】

- ・熱発電システムの経済性の改善に資する発電効率向上や高耐久、長寿命化のための材料技術を開発する。例えば、発電効率13%以上の実現に必要な要素技術を開発するとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法を開発する。
- ・未利用熱から80～200℃の高温水や蒸気を成績係数(COP) 3以上の効率で生成し、需要に適應した供給を可能とするシステムを目指し、作動媒体の圧縮作用と吸収作用を併用するヒートポンプ技術やカプセル型の潜熱蓄熱及び熱輸送技術を開発する。また、常温近傍で COP5以上の冷暖房及び給湯を可能とする直流式の地中熱交換の基盤技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 1) 熱発電ユニットについては、実用化を目指したプロトタイプを開発し、産業分野や自然エネルギー分野における未利用熱を想定した発電実証を実施する。
- 2) モジュールの長期耐久性試験を実施し、データ収集を続ける。得られたデータを利用して、劣化や破損に至るモードの解析を実施する。
- 3) 熱電材料の高性能化については、既に開発した材料の中からモジュールの発電効率13%を実現する系を選定し、モジュール試作と発電試験を実施する。同時に各材料に求められる課題を抽出し、高性能化のための手法を確立する。

【平成25年度実績】

- ・プラスチックの採用による大幅な軽量化と高い熱伝達性を兼ね備えた熱発電ユニットの試作機を開発し、発電試験を実施した結果、95℃の温水利用において14W/L の高い比出力を得た。また熱電モジュールの長期耐久性試験を実施し、使用されている素子の長さやモジュールの寿命の間に一定の関係があることを見出した。高効率モジュールの試作では材料選定と組成調整を進めた結果、P 型では新しく、銅系の硫化物が発電用の候補材料となることを発見した。また発電効率13%の実現に資する鉛系高性能熱電材料の粉体合成に成功した。

【平成25年度計画】

- ・高温ヒートポンプでは、混合媒体利用で伝熱性能が低下して熱交換器が大型化することを抑制し、現実的な設備規模で COP3以上を実現するために、低沸点物質である主作動媒体の、高沸点物質である吸収剤への溶解および吸収剤からの放出を促進させる方法について

実験を試みる。また、融点調整によって蓄熱適用対象を拡大するために、100~200℃の混合物相変化材料の探索を行う。さらに、地中熱交換器内の冷媒圧力損失の計算精度を高め、地上熱交換器、配管を含むヒートポンプ全体への冷媒圧力損失の影響評価、最適化を検討する。

【平成25年度実績】

- ・高温ヒートポンプの熱交換器における主作動媒体の吸収剤への溶解および放出を促進させる方法の一つとして、脈動流を用いた検討を行った。作動媒体を水で模擬し脈動流が熱伝達率に及ぼす影響を調べ、熱伝達率向上を確認した。また、糖アルコールを主成分とする物質の混合による熱物性変化を調べ、融点調整の効果と融解熱等への影響を明らかにした。さらに、冷媒圧力損失の計算精度を向上させ、ヒートポンプ全体への影響を定量的に評価できるようにした。

2-(2)-④ 省エネルギー型建築部材及び家電部材の開発

【第3期中期計画】

- ・省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材を開発する。具体的には、調光窓材、木質材料、調湿材料、外壁材等の機能向上を図るとともに、実使用環境での省エネルギー性能評価データを蓄積する。調湿材料については、相対湿度60%前後での吸放湿挙動に優れた材料を内装建材に応用する技術、調光窓材については、透明/鏡状態のスイッチングに対する耐久性を10,000回以上（1日当たりの透明/鏡状態のスイッチングを1回とした場合、20年以上に相当）にする技術を開発する。
- ・照明の省エネルギー化による希土類蛍光ランプの需要増に対応し、Tb（テルビウム）、Eu（ユーロピウム）の使用量を40%低減するため、ランプの光利用効率を30%向上させるガラス部材や蛍光体の使用量を10%低減できる3波長蛍光体の分離、再利用技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・調光ミラーについて高耐久性と大変化幅の同時実現をめざし、変化のメカニズム解明と応用に向けた研究を継続するとともに、新型調光材料の基礎研究を実施する。木質材料については、長尺モノの成形法についての研究を進め、リサイクル性の向上に取り組む。調湿材料についてはハスクレイを使った内装材の性能向上を図り、その冷暖房負荷に与える効果を検証する。保水セラミックスについては、引き続き性能向上を目指すとともに、原材料の多様化を図る。外部との共同研究も含めた各種建材について、環境調和型建材実験棟での評価を進める。

【平成25年度実績】

- ・実用時に高い耐久性と変化幅を示すガスクロミック調光ミラー方式を開発した。光学的異方性を利用し、温度で透過率の変化する白濁化ガラスの研究を進めた。木質材料では、長尺モノの成形法について、押し出し比36、速度毎分20cm/分の条件で金型に頼らない成形技術の可能性を確認した。また、熱可塑成形を可能とし、複数回の再成形を実証した。調湿材料については、高い調湿能力を持つ塗り壁材を得た。保水セラミックスでは、有機系添加剤の耐凍害性効果を向上した。環境調和型建材実験棟では、共同研究4件を含めた評価を継続した。

【平成25年度計画】

- ・現在までに開発されたガラス材料を用いて40%以上、希土類の使用を低減する方法を提示する。工場内での廃蛍光体に加えて、ガラス等の不純物の多い低品質の市中回収蛍光体を分離する技術を開発する。また、それに適した連続分離装置を設計する。LED用蛍光体をシリカに内包することでEu（ユーロピウム）の使用量を6mol%以下に低減した量子効率0.5以上の材料を開発する。

【平成25年度実績】

- ・ガラス材料で17%以上、蛍光体の分離で工程内の10%、市中品からの再利用20%以上の見込みがついたため、現在までに開発された技術で希土類の使用を40%以上低減する方法として提示できた。また、ガラス等の不純物の多い低品質の市中回収蛍光体から実用化レベルの緑色蛍光体を回収することができ、その結果を元に、連続分離装置を設計した。LED用蛍光体BCNOをシリカに内包することで、希土類を使わず近紫外励起が可能で0.5以上の量子効率を示す材料を開発した。

2-(3) 情報通信の省エネルギー技術

【第3期中期計画】

エネルギー消費の増加要因となることが懸念される情報通信の省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、電子デバイス及び集積回路の省エネルギー技術、ディスプレイ及び入出力機器の高機能化と省エネルギーのための複合構造光学素子等の技術開発を行う。また、大容量情報伝送の省エネルギー化のための光ネットワーク技術の開発や、情報処理システムの省エネルギー化に資するソフトウェア制御技術の開発を行う。特に、コンピュータの待機電力を1/5に削減可能な不揮発性メモリ技術や既存のネットワークルータと比べてスループットあたり3桁消費電力の低い光パスネットワークによる伝送技術の開発を行う。

2-(3)-① 電子デバイス及び集積回路の省エネルギー化

【第3期中期計画】

- ・情報通信機器を構成する集積回路デバイスの低消費電力化技術を開発する。具体的には、処理待ち時間に情報を保持するために必要な電力が1/10以下となるSRAM、1V以下で動作可能なアナログ回路、データセンタのストレージ用強誘電体フラッシュメモリ、無線ネットワーク用途のモノリシック集積デバイス等を開発するとともに、3次元LSI積層実装技術を活用した超並列バス・マルチコアアーキテクチャと高熱伝導構造の採用による低消費電力LSI実装システムを開発する。
- ・コンピュータの待機電力を1/5に削減可能にするために、スピントロニクスとナノテクノロジーを融合したナノスピントロニクス技術を用い、DRAMやSRAMの置き換えを可能とする不揮発性メモリ技術を開発する。
- ・コンピュータの消費電力を削減するために、半導体ロジックの動作電圧を0.5V以下に、不揮発性メモリの書き込みエネルギーをビット当たり0.5nJ以下に低減させることを目指して、ナノレベルの新デバイス技術及び計測技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・低消費電力、超高信頼性集積回路実現に向け、低特性ばらつき極微MOSFET作製プロセス技術を高度化する。同時に、極低消費電力化を可能とする新原理素子の開発を進める。また、極微MOSFETの集積回路応用として、超高信頼極微フラッシュメモリの開発、ならびに極低電力アナログ回路試作を進める。

【平成25年度実績】

- ・アモルファス金属ゲート導入により、pMOS FinFETにおいて世界最小値(1.47mVum)の特性ばらつきを達成し、サブVtリーク電流のばらつき低減への有効性も明らかにした。
- ・FinFET型チャンネルの合成電界トンネルFETを提案し、大きいオン電流(4uA/um@Vg=-0.5V、Vd=-0.2V)と小さいSS値(58mV/dec)の両立を実証した。
- ・高信頼性絶縁膜を導入した三角断面形状を持つFinFETフラッシュメモリを作製し、6Vでの書込動作及び120万回の書換動作を確認した。
- ・0.8V以下の極低電圧で動作可能で微細化に適した新規アナログ演算増幅器の試作に成功した。

【平成25年度計画】

- ・材料、構造、プロセス条件の最適化により、ゲート長90nm以下のFeFETの作製技術を確立し、データ保持の測定を行い2日後メモリウィンドウ0.3V以上を実現する。また、FeFET量産化技術として、MOCVDで成膜した強誘電体を用いたFeFETを作製し、FeFET動作特性から当該成膜の量産化適合性を評価

する。

【平成25年度実績】

- ・ゲート長90nmのFeFETの作製技術を確立した。断面SEM像上の測長90nmのFeFETで2日後メモリウィンドウ0.3V以上に相当するドレイン電流保持特性を実証した。また、8インチ均一成膜対応のMOCVD装置でFeFETに適した強誘電体の成膜条件を詳細に探査し、同条件を用いたFeFETで、従来のPLD法による強誘電体成膜時と同等の電気的特性を実証することで、FeFETの量産化技術を進展させた。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に開発した1600ビットの並列バスインターフェース回路を適用した3次元LSI積層応用システム的设计・TEG試作評価を進める。また、ヒートスプレッド層とマイクロ流路放熱構造を組み込んだ3次元LSI積層構造について、設計・シミュレーション解析に加えて、TEG試作・評価を進める。

【平成25年度実績】

- ・1600ビットの並列バスインターフェース回路を適用した3次元LSI積層応用システムとして、バウンダリスキャンテスト技術および微細ピッチシートプローブ技術を用いた積層接続検査システムの試作評価を進めた。マイクロ流路放熱構造を組み込んだ3次元LSI積層構造に関して、ホットスポット抑制効果の評価TEGを設計し、シミュレーション解析で効果を確認した。TEGの一部試作を実施した。

【平成25年度計画】

- ・情報機器の大幅な省電力を可能にする不揮発性メモリであるスピンRAMについて、その中核技術である垂直型磁気抵抗素子の磁気抵抗比を倍増させることにより、読出し時の消費電力を半減させる。また、記憶層の不揮発性を高めるために、5Merg/cc以上の高磁気異方性の実現を前年度に引き続き目指す。これらを実現するためにトンネル障壁と記憶層材料の最適化を行う。さらに、1ナノ秒の書き込み電圧とエラーの関係を明らかにすることにより、高速書き込み動作時の電圧の最適化を行い、省電力書き込み手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・これまで技術的に困難であったトンネル障壁層上に高品質の記録層を持つ垂直磁化型磁気抵抗素子を開発し、超低抵抗領域で100%を越える磁気抵抗比を初めて実現した。高磁気異方性については、Coベースの人工格子薄膜を新規開発し、11Merg/ccという巨大な磁気異方性を達成した。省電力書き込み手法については、書き込み電圧とエラーの関係を明らかにし、構築した理論と対比することで、許容エラーに対する書き込みマージンを求める手法を構築した。

【平成25年度計画】

- ・極低電圧 LSI 回路の要素デバイスとしての TFET の可能性を検討するために、LSI 回路性能の予測技術を開発することで TFET LSI 回路アプリケーションの基盤技術を提案する。

【平成25年度実績】

- ・トンネルトランジスタ (TFET) の回路応用を検討するため、TFET 動作の物理メカニズムに基づくコンパクトモデルを世界に先駆け提案した。また、試作による TFET 素子の高性能化に取り組み、提案したコンパクトモデルによる SPICE シミュレーション結果が高性能化した実デバイス特性を高精度に再現できることを実証した。本回路シミュレーションを用いて TFET 素子による電源電圧250mV の SRAM 動作をデモンストレーションし、TFET 技術は半導体ロジックの動作電圧を0.5V 以下にする技術であることを示した。

【平成25年度計画】

- ・超格子デバイスの構造や、GeTe/Sb₂Te₃に代わる新規材料の探索を進め、電流-電圧特性のさらなる改善を図り、0.3V で安定動作するメモリデバイスを実証する。さらに超格子相変化膜のトポロジカル特性を生かしてスピン電流を外部からの電場のみで制御した新機能デバイスの室温動作を実証する。

【平成25年度実績】

- ・デバイス構造の最適化と薄膜化を行うことで超格子メモリで0.15V 以下で動作することを実証した。
- ・第一原理計算に基づくシミュレーション等を用いて、新超格子材料として SiTe/Sb₂Te₃が安定に超格子構造になることを示し、実験によって実際に形成できることを示した。
- ・GeTe/SbTe₃超格子構造と強磁性体を接合させた新機能膜を作製した。超格子構造のトポロジカル特性を外部電場で制御することで、強磁性体のスピンとトポロジカル絶縁体表面の相互作用によって、室温において段階的にスピンを蓄積させることに成功した。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度まで開発した酸素欠損分布制御技術をさらに高度化し、より具体的には金属と酸化物からなる界面の酸素欠損分布を精密に制御することにより、動作電圧が0.5V 以下となると同時に不揮発性機能を持った酸化物電子デバイスを開発する。

【平成25年度実績】

- ・酸素欠損分布制御技術を高度化し、より具体的には、金属と酸化物からなる界面におけるイオン伝導を容易にする組み合わせを選択することで、目標値を大きく上回る0.2V 以下で動作する不揮発性抵抗スイッチ機能を持つ酸化物電子デバイスの開発に成功した。

- 2-(3)-② ディスプレイ及び入出力機器の省エネルギー化

【第3期中期計画】

- ・ディスプレイ及び入出力素子作製技術の高度化のための省資源、低消費電力製造プロセスとして、ナノプリント、ナノモールド法等のデバイスの低温形成、印刷形成技術を開発する。これを用いて、10cm²/Vs 以上の電荷移動度を有する塗布形成半導体、150℃以下での低温焼結で7MV/cm 以上の絶縁耐圧を示す塗布形成絶縁層及び10⁻⁶Ω cm 台の抵抗率を示す塗布形成導電材料の開発や、大面積パターンニング技術の開発により、超低消費電力 (1インチあたり1W 以下) 薄型軽量ディスプレイの実現を可能にする技術や印刷光エレクトロニクス素子を開発するとともに、情報家電の小型、省エネルギー化に向けた複合構造光学素子を開発する。

【平成25年度計画】

- ・次世代ディスプレイ入出力素子開発として以下の技術を開発する。
 - 1) ライン抵抗率<2E-5Ω cm、接着力<1.5N の低温焼成型銅ペーストを開発する。
 - 2) フレキシ基板上に1E15Ω cm 台の絶縁性を示す SiO₂ 膜形成技術を開発する。
 - 3) ゼーバック係数>50μVK の熱電変換材料インクを開発する。
 - 4) 透明酸化物半導体を200℃以下で薄膜形成する技術を開発する。
 - 5) 0.1~10kN のレンジで動作するフレキシブル圧力センサーを開発する。
 - 6) メモリ保持特性25日以上フレキシブル印刷メモリ素子を開発する。
 - 7) ガラス基板上有機 EL に対するフレキシブル素子の効率比70%以上を示す素子製造技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・平成25年度計画課題において、1)、3)、5)、6)は目標達成、2)、4)、7)は目標未達成。
 - 1) ライン抵抗率12μΩ cm、接着力2N の低温焼成型銅ペーストを開発した。
 - 2) 150℃以下の光焼成法を開発し、ガラス基板上に抵抗率3×10¹⁵Ω cm の SiO₂膜の塗布作製を実現。フレキシブル基板上への塗布 SiO₂膜の形成指針を得た。
 - 3) ゼーバック係数65μVK の熱起電力を示す熱電変換材料インクを開発した。
 - 4) 透明酸化物半導体薄膜を、300℃、5分で塗布形成する技術を開発した。
 - 5) 0.1から10kN の圧力検出能を有するフレキシブル圧力センサを開発した。
 - 6) メモリ保持特性が30日以上フレキシブル印刷メモリを開発した。
 - 7) 対ガラス基板上素子効率比70%以上を実現させるフ

レキシブル有機 EL 素子作成の界面歪起因損傷解消法を開発した。

【平成25年度計画】

- ディスプレイ及び入出力素子作製技術の高度化のため、省資源かつ低消費電力な製造プロセスを開発するとともに情報家電の小型、省エネルギー化を目指す。低消費電力ディスプレイ用光源として白色偏光 EL 素子を開発し、発光高分子材料の発光効率が相、通常相の比較や膜厚の最適化により現状の1.5倍以上の効率の向上を目指す。

【平成25年度実績】

- 省資源かつ低消費電力な製造プロセスである摩擦転写法を引き続き検討した。青色発光高分子配向膜と橙色発光色素を用いた白色偏光 EL 素子について色素と高分子との二層構造型を検討した。特に色素層の膜厚の最適化を行い、非常に薄い(1nm 以下)時に高効率であることが分かった。以前と比べ、電流発光効率が2倍程度となった。

【平成25年度計画】

- 省エネプロセスであるナノインプリント法でガラス光学素子を形成する際に必要な、低屈伏点、高屈折、高い透過特性を合わせ持つガラスを開発するために、ビスマス含有ガラスの吸収端波長に及ぼすガラス構造の影響について研究を継続するとともに、吸収端シフトの原因を解明する。より低エネルギー・短波長での二光子吸収化合物を用いた光記録ビット形成をめざして分岐構造化合物に反応助剤を添加した系の検討を行うとともに、化合物の二光子吸収感度を高めるための研究を継続する。

【平成25年度実績】

- 結晶をモデルとした分子軌道計算をおこない、低融点・高屈折率ビスマス含有ガラスにおいては、ビスマス原子間距離が近くなるとビスマス原子間相互作用により吸収端波長が長波長側にシフトすることを明らかにした。光記録ビット形成を目指して、分岐構造化合物への反応助剤の添加を検討し、その中で、より短波長である405nm において5000GM を超える複数の化合物を見いだすと同時に、化合物の二光子吸収感度を高めるために分子構造の対称性の向上が効果的であることを明らかにした。

2-(3)-③ 光ネットワークによる情報通信の省エネルギー化(Ⅲ-1-(1)-③へ再掲)

【第3期中期計画】

- 高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パズネットワーク技術を開発する。

具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術、及び光パズシステム化技術を開発する。また、1Tb/s 以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 平成26年度に計画している光パズネットワークの大規模実運用テストベッドに向けたハードウェアの開発を行う。光スイッチでは、要素技術は実用に向けて継続的に開発を進めつつ、テストベッド用にスイッチ・チップの光ファイバ実装および制御装置の開発を行う。機器レベルでは、異なる粒度を扱うさまざまなスイッチを統合的に制御するダイナミックノード制御ボックスの開発を進める。伝送技術では、パラメトリック分散補償器の装置化完成、位相感応型光信号処理技術の高度化、高効率光多重技術などの研究を進める。

【平成25年度実績】

- 平成26年度に計画している実運用テストベッドの準備を進め、ハードウェアの開発をほぼ完了した。光スイッチでは、シリコンフォトニクスを用いて世界最小の8x8光スイッチ・チップの試作に成功した。テストベッド用には、光スイッチ・チップの回路基板への実装および光ファイバ実装・制御装置の開発を進めた。機器レベルでは、複数の光スイッチを統合的に制御する制御ボックスの仕様を確定し開発を進めた。伝送技術では、パラメトリック分散補償器の装置化を完成し、位相感応型光信号処理技術である全光 IQ 分離動作を世界で初めて実現した。

【平成25年度計画】

- 次世代コヒーレント光伝送に用いるマルチキャリア光源を開発する。高スペクトル純度のレーザ光源とマイクロ光共振器を用いて、マルチキャリア発生システムを構築し、帯域幅30nm 以上を実現する。

【平成25年度実績】

- 試作した窒化シリコンマイクロ光共振器の導波損失が大きく、マルチキャリア発生には至らなかった。ニオブ酸リチウム製のファブリペロー共振器を用いたマルチキャリア光源を構築し、30dB 帯域幅30nm を実現した。

2-(3)-④ ソフトウェア制御による情報処理システムの省エネルギー化

【第3期中期計画】

- 情報処理システムで用いられる計算機、ストレージ、ネットワーク等の資源について、ミドルウェア技術によりエネルギー指標に基づく資源の選択を実現し、物理資源の利用効率を向上させ、30%の消費電力削減を

目指す。利用者の利便性を損なうことなく省エネルギーを実現するため、その時々需要や環境に応じてエネルギー消費の小さな資源を使う等、資源の選択や利用法の最適化を行うミドルウェア技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・ミドルウェア技術による消費電力削減のため以下の研究開発を行う。
- 1) サーバ省エネ運用技術を高性能計算プラットフォーム上での実サービスに供するために、平成24年度に抽出した安定性の向上、パッキングアルゴリズムなどの運用上の課題に基づく改善を行う。
- 2) ネットワークの低消費電力化を実現する光パス網の実用性を示すために、性能保証分散ストレージと光パス網を用いて4K映像を配信する高精細映像配信システムを構築する。
- 3) 次世代モジュール型データセンタの1年間の運用を通して省エネルギー性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・ミドルウェア技術による消費電力削減のため以下の研究開発を行った。1) サーバ省エネ運用技術について、高性能計算プラットフォーム上での実サービス提供を模した耐久試験を通じて安定性の向上とアルゴリズムの細部の改善を行った。2) 光パス網の実用性を示すために、4K映像を配信する高精細映像配信システムとテレビ会議システムを構築した。3) 模擬的に生成した特徴的な外気環境下において、モジュール型データセンタの電力消費量の通年評価を行い、30%以上の電力消費量の削減が可能で、中期計画目標を達成していることを確認した。

3. 資源の確保と高度利用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・物質循環型社会の実現のためには、炭素資源、鉱物資源等、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源等、再生可能資源を原料とする化学品及び燃料製造プロセスの構築に向けて、バイオ変換、化学変換、分離精製等の技術の高度化を図る。また、化石資源（石炭、メタンハイドレート等）や鉱物資源（レアメタル、貴金属等）等、枯渇性資源を高度に利用する技術や省使用化技術、リサイクル技術、代替技術等の開発を行う。

3-(1) バイオマスの利用拡大

【第3期中期計画】

- ・化学品製造等において、石油に代表される枯渇性資源ではなく再生可能資源を効果的に活用するための技術の開発を行う。具体的には、バイオマスを原料とする機能性化学品及び燃料製造プロセスの拡大に必要な酵素や微生物等によるバイオ変換、触媒による化学変換、

分離精製、熱化学変換（ガス化、触媒合成）等の基盤技術と高度化技術の開発を行う。また、全体プロセスの設計と燃料品質等の標準化の提案を行う。

3-(1)-① バイオマスを利用する材料及びプロセス技術

【第3期中期計画】

- ・バイオマスから、酵素や微生物等によるバイオ変換や触媒による化学変換と分離、精製、濃縮技術等を用い、基幹化学物質やグリセリン誘導体等の機能性化学品を効率よく生産するプロセス技術を開発する。特に、グリセリン利用においては、変換効率70%以上の技術を開発する。また、製品中のバイオマス由来の炭素が含まれている割合を認証するための評価方法を開発し、国際標準規格策定に向けた提案を行う。さらに、バイオエタノール等の再生可能資源由来物質を原料として低級炭化水素や芳香族等を生産するバイオリファイナリーについて、要素技術及びプロセス技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・微生物や酵素を利用した機能性バイオ素材の効率的な生産系の開発とその用途開発を継続し、特にメタノール等の不純物を含むグリセリン原料の利用において、微生物機能や製造プロセスの改良を行うことでグリセリン誘導体の生産性向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・機能性バイオ素材の効率的な生産系の開発に引き続き取り組み、微生物機能の改良によりメタノール等の不純物存在下でグリセリン誘導体の生産量を倍増することに成功した。また、不純物メタノールの濃度が高い（5～7重量%）グリセリンを原料とした場合でも、グリセリン誘導体が生産可能となる見通しを得ることができた。

【平成25年度計画】

- ・セルロースから有機酸類を合成する反応について、アルコール系溶媒中でセルロースからレブリン酸エステルを合成する触媒系の検討で蓄積された知見を基盤として、より実バイオマスに適した水系溶媒中でセルロースから有機酸を合成する触媒系を開発する。

【平成25年度実績】

- ・アルコール系溶媒中での反応に効果的だったルイス酸とブレンステッド酸を組み合わせた触媒系（ハイブリッド酸触媒）の設計コンセプトを基盤として水系溶媒中に適した触媒系を探索した結果、より安価なルイス酸性を示す金属化合物とブレンステッド酸との組み合わせにより、微結晶セルロースから収率60%でレブリン酸を合成することに成功した。さらに、実バイオマスである杉木粉を用いた検討を進めた結果、アルコール系溶媒中でレブリン酸メチルを79%相当の収率で合

成できることが明らかになった。

【平成25年度計画】

- ・バイオ原料から合成されたレブリン酸や乳酸を用い、芳香族炭化水素やアクリル酸等を合成する高性能変換触媒を開発する。また、バイオアルコール混合物の有効利用法として、イソブチルアルデヒド合成触媒プロセスの開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・レブリン酸を出発物質として、有用な基礎化学品の一つである芳香族炭化水素に一段で効率的に変換できるゼオライト系触媒を開発するとともに、乳酸からアクリル酸を選択的に合成できる高活性な触媒を見出した。また、バイオアルコール混合物の有効利用法として、メタノール/エタノール混合物からイソブチルアルデヒドを合成するプロセスについて検討した結果、複合酸化触媒系触媒が有効であることを明らかにし、その触媒を用いた反応プロセスを構築した。

【平成25年度計画】

- ・バイオマス原料から省エネプロセスを用いて、高い炭素収率かつ低コストで化成品の基幹物質やバイオマスモノマー、繊維関連物質を製造する方法について検討する。バイオマスプラスチックの組成、微量成分の評価方法を検討する。また、ISO 国際審議中のバイオマス由来炭素含有率の評価方法を最終段階に進める。

【平成25年度実績】

- ・トウモロコシの芯から生産したフルフラールを用いて、基幹化成品である1,4-ブタンジオールを省エネプロセスである加アルコール分解法により低コスト、高い炭素収率、選択率で製造する方法について検討し、石油由来の生産法と同等のコストで生産可能なことを確認した。また、ポリ乳酸-椰子殻繊維複合体について、改質剤により機械的強度の向上が可能であることを見出した。さらに、溶媒抽出によるバイオマスプラスチックの成分組成の分析法を開発し、ISO に提案済みのバイオマス由来炭素含有率の評価法を最終段階に進めた。

【平成25年度計画】

- ・各種バイオマスに対する最適な前処理/糖化技術を決定的とともに、他の競合技術との定量的比較を行う。またアクレモニウムの相同組換え技術を用いて、高効率酵素生産菌を作製する一方で、酵素の熱安定性の向上、高機能化、糖化効率最適化のための基盤技術確立する。さらに低変性リグニンの低分子化技術を開発する。糖化液からの物質生産系では、微生物における五炭糖資化性の向上/発酵阻害の解除/物質生産能を検討し、合成ガスからの物質生産系では、微生物へ導入可能な遺伝子資源の探索/合成ガスからの物質収支

を検討する。

【平成25年度実績】

- ・代表的なバイオマスに対して競合技術を含めた複数の前処理技術を適用し、比較データを得た。またタラロマイセス セルロリティカス(旧アクレモニウム)の糖化酵素生産性、並びに主要な糖化酵素の耐熱性を向上させることができた。さらに産総研独自技術で得られる低変性リグニンについてその性質を明らかにし、低分子化の方法について比較検討を行った。糖化液からの物質生産系では、酵母における五炭糖資化性向上、発酵阻害物質の特定、ピルビン酸等の生産性向上が認められた。合成ガスの物質生産系では有用な遺伝子資源が得られた。

【平成25年度計画】

- ・リグノセルロースから効率よくセルロースナノファイバーを製造するための条件検討を行うとともに、各種バイオマス種から作られたセルロースナノファイバーの特性評価を行う。またセルロースナノファイバーとポリマーの複合体の物性向上を目的として、複合化に適したナノファイバーの形態等特性評価、好適なナノファイバー製造技術、効率的なマスターバッチ製造技術の開発を行う、さらにナノファイバーの表面特性解明を目的として、種々のリグノセルロースを固定化した水晶振動子センサー製造技術の開発と生化学的特性評価を進める。

【平成25年度実績】

- ・リグノセルロースからのセルロースナノファイバー製造条件を明らかにし、針葉樹は広葉樹と比較して、より微細なナノファイバーが得られることがわかった。リグニン等を残して製造した100nm以下のナノファイバーは、高物性の複合体製造に適していることがわかった。界面活性剤で表面コートしたナノファイバーを添加したマスターバッチを製造することで複合体物性が向上することがわかった。種々のナノファイバーを固定化した水晶振動子センサーを製造し、水熱処理条件によるナノファイバー表面の特性変化を生化学的に明らかにした。

3-(1)-② 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明 (I-5-(3)-①を再掲)

【第3期中期計画】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・変異16S rRNAを保持した変異大腸菌ライブラリーの

規模の拡大を行う。昨年度に引き続き、レポーター遺伝子の発現向上をもたらす16S rRNAの取得と体系化を図る。その他にも、有機溶媒耐性や生育温度依存性の変化した株など、様々な表現型変化をもたらす16S rRNAを分離する。

【平成25年度実績】

- ・GFPをレポーターとした16S rRNA変異型大腸菌ライブラリーをスクリーニングし、野生型大腸菌では発現効率が低い塩基配列を有するGFPの発現向上を促す16S rRNA配列を取得した。また、環境DNAの多様化により、大腸菌16S rRNAの遺伝子欠損を相補する外来16S rRNA遺伝子の相補域を δ -プロテオバクテリア由来16S rRNAにまで拡大可能であることを見出した。さらに、37°Cでの生育に優れた変異株や45°Cでの生育に優れた変異株も同定し、それぞれの16S rRNA遺伝子配列を決定した。

【平成25年度計画】

- ・酵母による機能性脂質生産系において、酵素活性の高いN末端欠失DGA1を発現させて脂質含量を増加できる株の探索・解析を行う。高度不飽和脂肪酸合成系の律速段階の $\Delta 6$ 不飽和化の生産性向上に適した界面活性剤の選択を行うとともに、機能性脂質リシノール酸等の脂肪酸の生産に関与する新たな因子の開発を行う。また、グリセロール誘導体から得られたケテンアセタールモノマー(2-メチレン-1,3-ジオキサン-5-オン)のラジカル重合を検討し、植物繊維との親和性に関与するイタコン酸誘導体の化学構造因子を解明する。

【平成25年度実績】

- ・変異DGA1を酵母dga1破壊株に発現させ、脂質含量45%の高い脂質蓄積性株を得ることに成功した。また、 $\Delta 6$ 不飽和化の生産性向上に、界面活性剤Tergitol NP-40とTween60が適していること、酵母TG lipaseの破壊により脂質含量とリシノール酸生産量が増大することを見出した。さらに、2-メチレン-1,3-ジオキサン-5-オンをラジカル開始剤と加熱すると、重合してポリエステルケトンが生成すること、中程度の側鎖長をもつポリイタコン酸エステルが植物繊維複合材に適することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・新たな微生物由来の有用因子探索を目的として、水生植物根圏に生息する未知微生物群を探索し、これらの微生物群の根圏付着特性ならびに水生植物に対する生育増進効果ならびに生育促進因子について解析する。

【平成25年度実績】

- ・多様な水性植物から新しい根圏微生物を100株以上取得しライブラリー化した。また世界で1例しか報告の無い「水生植物の成長を促進する根圏微生物

(PGPR)」を探索し、門レベルの新規細菌 *Armatimonas rosea* が新規 PGPR であることを明らかにした。さらに、既報の微生物よりも成長促進効果の高い新規 PGPR を3株取得し、これらの PGPR が成長促進効果だけでなくクロロフィル含有量を増大させる効果があることも明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に同定された、微細藻類遺伝子群の機能を元に、トリグリセリド代謝経路・合成経酵素遺伝子群の抽出を行う。さらに、抽出した遺伝子群がコードする酵素群のトリグリセリド代謝・合成経路上での位置を明らかにし、オイル蓄積に関与する遺伝子群の推定を行う。

【平成25年度実績】

- ・RNA-seq データの GSEA 解析により、海洋微細藻類において特異的に発現が上昇している遺伝子群を同定し、グルコースからトリグリセリド合成のパスウェイの推定を行った。推定されたパスウェイは既存のDBでは登録されていないものの、データの精密解析により明らかになった。また、全ゲノム解析と発現解析を組み合わせ、海洋微細藻類の代謝経路全体において活性化している部分の推定を行った。

【平成25年度計画】

- ・有用微生物を利用した効率的な物質生産システムの構築を目指し、引き続き次世代シーケンサーで産出されるゲノム配列の解析基盤技術(アセンブリパイプライン、遺伝子自動アノテーションシステム等)の開発を行う。これらの基盤技術に基づいて企業における微生物ゲノム解析を共同研究により支援する。

【平成25年度実績】

- ・昨年度に引き続き、ゲノム配列の解析基盤技術の開発を行いつつ、企業との共同研究により、醤油麹 *A. sojae* のゲノム解析を行った。次世代シーケンサーによる全ゲノムシーケンセスと RNA-seq 解析結果を用いて解析を実施し、醤油麹のゲノム構造を従来よりも大幅に高い精度で解明することに成功した。この成果について、ゲノムデータベースを構築して公開する準備を開始した。

【平成25年度計画】

- ・低温適応微生物の利用および共生系微生物の機能解析を行う。
 - 1) 南極産菌類を用いて室内実験の結果を踏まえ、安価な大量培養法によって菌を大量に調整し、現場の排水処理設備へ適用する。
 - 2) 動物腸内における微生物叢の群集構造解析とその機能を明らかにする。特に、害虫の農薬耐性化を引き起こす腸内微生物がどのような分子メカニズムで害虫に

感染するのかを明らかにする。

【平成25年度実績】

- 1) 南極産菌類を安価な大量培養法によって大量に調整し、現場の排水処理設備へ適用したところ、投入4および8ヶ月後に生残が確認され、夏場の比較的高い温度下においても生残性があることが分かった。
- 2) ホソヘリカメムシおよび魚類のモデル系であるメダカの腸内細菌叢を調査し、その実態を明らかにした。カメムシ共生細菌のポリエステル合成機能が共生に重要な役割を果たすことを明らかにした。害虫に農薬抵抗性を賦与する共生細菌のゲノムを解読した。

【平成25年度計画】

- ・共生細菌 *Burkholderia* による殺虫剤耐性の獲得機構を明らかにするために、殺虫剤分解性および非分解性の複数の細菌株のゲノム解析をおこなう。ゾウムシ類の共生細菌 *Nardonella* の機能解析をすすめ、特にチロシンの合成および宿主への供給に関わる生物機能を解明する。

【平成25年度実績】

- ・ホソヘリカメムシ共生細菌 *Burkholderia* の全ゲノム塩基配列を決定した。ホソヘリカメムシ-*Burkholderia* 共生系の分子機構に関してポリエステル合成の関与などを明らかにした。クロカタゾウムシの人工飼料飼育系を駆使した生理実験を推進した。

- 3-(1)-③ 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化（I-5-(3)-②を再掲）

【第3期中期計画】

- ・バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、培養条件を変更してトランスクリプトーム解析を行うとともに、糖鎖関連遺伝子を導入した酵母の遺伝子プロファイルを検討し、糖鎖の合成経路の改変を進める。また、植物の糖鎖関連遺伝子のクローニングを行い、有用物質の生産や *in vitro* での修飾への活用を検討する。

【平成25年度実績】

- ・メタノール資化性酵母において、メタノール誘導時に変動する遺伝子のトランスクリプトーム解析を行ない、タンパク質の発現向上に関与すると考えられる遺伝子候補の抽出を行なった。またマンノシダーゼ遺伝子を発現した酵母の遺伝子プロファイルを検討し、糖鎖の合成経路の改変に有用と考えられる遺伝子候補を同定した。植物の糖鎖関連遺伝子については、候補遺伝子

を発現する植物を入手することが困難であったため、他大学と協力して遺伝子を探索することとした。

【平成25年度計画】

- ・脂肪酸などの産業上有用な炭化水素系化合物について、優れた性質を有する他の生物種を代謝工学的に解析する。この結果を利用して、これらの優れた性質を人為的に脂肪酸の生産性を向上させた麹菌に付与すること等により、生産性の更なる向上を実現する。麹菌の人為的な遺伝子の高度利用に関して、目的とする条件における高強度発現を実現するための基盤技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・細胞内に脂質を蓄積することが知られている糸状菌種について、ゲノム上の遺伝子構成や発現解析によるネットワーク推定などによって、脂肪酸などの脂質の高生産性に重要と考えられる遺伝子を予測した。また、麹菌で生産性が向上した変異株および酵母の脂肪酸を分泌する変異株の遺伝子発現解析を実施した。これらの知見に基づいて数十個の麹菌遺伝子を改変した変異株ライブラリを作製した。また、細胞内に蓄積された脂肪酸による生産制限の緩和と精製工程からの効率的な分離を目的として、脂肪酸を分泌生産するための基盤技術を開発した。

【平成25年度計画】

- ・人工酵素開発のための方法論構築のため、人工耐熱性セルラーゼを題材に吸着ドメインのアミノ末端への融合効果の検討を行い高機能化に必要な基盤情報の収集を行う。また、好熱菌が持つ2糖分解関連酵素等の耐熱酵素2種の立体構造と反応機構の解明を目指す。

【平成25年度実績】

- ・好熱菌由来の耐熱性基質吸着ドメインを耐熱性セルラーゼのアミノ末端側に融合した人工セルラーゼの開発を行った。二つのドメインを繋ぐリンカー長を伸ばすに従い徐々に活性も増加していき、調べた5種類のリンカー長の中では最長のリンカー（50アミノ酸）で野生型に比べ2倍の活性増強が見られた。また、キチン分解系に関与する耐熱酵素のうち、2種類のキトビオースデアセチラーゼ（DAC）の結晶化に成功し、精密構造を明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・熱化学変換法による木質系バイオマスの糖化において、前段部分の水熱反応の再現性について検討を進める。具体的には、既存の連続反応装置を用いて水熱反応温度と残渣収率との関係を明らかにし、ヘミセルロース、セルロース由来のオリゴ糖成分を選択的に抽出する条件を提示する。また、水熱反応の際に生成するガス成分を極力抑制する方策についても検討する。

【平成25年度実績】

- ・前段部分の水熱反応に関して、反応器を直接加熱せず予め熱した水を流すことにより（間接加熱）、熱分解を抑制し、再現性のあるデータを得ることが出来た。水熱反応温度の上昇に伴い、反応残渣量は直線的に減少し、300℃での残渣量は33wt%であった。この値は試料に含まれる酸不溶性リグニン量（29wt%）とほぼ同等であった。また、発生ガスの抑制については、水熱反応温度を段階的に昇温（250℃で一度保持、その後300℃に昇温）を行うことにより、発生ガス量を約半分（10wt%→5wt%）に抑えることに成功した。

【平成25年度計画】

- ・日本国内の魚類と菌類が有する不凍タンパク質の天然物と遺伝子組換え物の両方について、様々な水溶液条件において分子構造の解析を行う。その結果に基づいて不凍タンパク質が結晶成長抑制機能や細胞保護機能を発揮するメカニズムを解析し、同不凍タンパク質を活用した医薬品やセラミックス多孔体などの高付加価値製品を作製する新たな技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・日本国内に生息するカレイ類から不凍タンパク質の高純度精製品を取得することに成功した。同タンパク質はマウス臍島細胞の細胞膜に吸着しその生存率を高めることを見出した。また、他の魚類不凍タンパク質が30℃の加温条件下で卵細胞に強く吸着しその生存率を飛躍的に高めることを見出した。同タンパク質の活性型と不活性型の分子構造を解析し、特定の結合水が前者の分子表面にのみ配置していることを見出した。また子囊菌由来不凍タンパク質の遺伝子組換え物は、氷結晶プリズム面の結晶成長だけを特異的に抑制することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に開発した初代培養細胞の多機能計測装置は、ガラスによって絶縁された微小電極を用いる。そのため、電極はわずかな物理的衝撃によっても容易に破損し、頻繁に交換することが大きな課題となっている。そこで、衝撃を受けても破損せずに持続的に細胞解析可能な、新規な微小電極を開発する。

【平成25年度実績】

- ・高分子樹脂を絶縁部に使用した微小電極を作製し、その安定性と性能を調べた。その結果、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）樹脂を絶縁体として使用した微小電極が、走査時の衝撃に対しても破損せずに持続的に使用可能であることを見出した。さらに PEEK 樹脂電極は、ガラス電極と同程度に電流計測可能であることも確認した。これらの成果を受けて PEEK 樹脂微小電極の作製技術を民間に技術移転した。

【平成25年度計画】

- ・P450vdh に続く有用酵素の高度利用に向けた研究の標的として、臨床診断に使用可能な酵素の高機能化を目指す。実際には、対象となる酵素を1-2種選別し、変異導入により高活性化や基質特異性の改変を目指す。

【平成25年度実績】

- ・臨床診断に実用化されている酵素の高活性化を目指し、進化工学的手法による変異体発現ライブラリーを構築し、スクリーニングした結果、活性が2倍以上上昇した変異体の取得に成功した。同時進行で進めていた P450vdh の機能改変については、1アミノ酸変異により共役する電子伝達タンパク質との親和性が高まり、結果として酵素活性を70倍以上上昇させることが可能になった。

【平成25年度計画】

- ・酵母発現系を用い、複数のタンパク質を発現できるシステムの利用研究を行う。具体的には、引き続き脂肪酸合成に関わる遺伝子をターゲットに、平成24年度に構築した発現プラスミドを有する遺伝子組換え酵母の脂肪酸を同定するとともに、4つ以上の酵素遺伝子を連結した発現プラスミドの構築を目指す。

【平成25年度実績】

- ・出芽酵母において、FMDV 2A region を用いたポリシストロニックな発現システムを確立するため、平成24年度に構築した3つの脂肪酸不飽和化酵素遺伝子を連結した発現プラスミドを有する遺伝子組換え酵母の脂肪酸の同定を行った。中間産物と思われる高度不飽和脂肪酸は同定できたが、目的の高度不飽和脂肪酸は同定できなかった。引き続き、3つの脂肪酸不飽和化酵素遺伝子を連結した発現プラスミドに3種の脂肪酸鎖長伸長酵素遺伝子を各々連結したプラスミドの作成を開始した。

【平成25年度計画】

- ・機能性新規化合物の調製とその利用研究を進める。糖鎖や糖ペプチド、生理活性天然物の部分構造などに着目し、それらを合成するに留まらず、新しい生理活性の探索と、利用研究などが展開される様指向する。例えば、化合物をナノ粒子上に固定化する、または異なる機能を有する化合物をハイブリッド化することで新たな機能発現や活性向上を誘導することを目指す。また、感染症や毒素検出系システムに展開して、簡便で定量性を有する感染症や毒素の検出キット開発へつなげることを目指す。

【平成25年度実績】

- ・特許を取得した多価シアル酸化合物をはじめ20種類程度の糖鎖について、新たに抗カビ活性に焦点をおき、活性発現部分構造の検討と有用化合物の絞込みを行った。また、天然物である Aurachin 類の類縁体を合成

し、抗菌活性を保持した構造簡易型類縁体を見出した。しかしこの化合物をナノ粒子上に固定化したところ抗菌活性を失ったため、ナノ粒子の物性（粒径）をコントロールすることで問題の解決に取り組んだ。本年度は糖ペプチドについては検討を行わなかった。また、検出キット開発への展開までは至らなかった。

3-(1)-④ バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発（I-1-(2)-①を再掲）

【第3期中期計画】

- ・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換（酵素糖化、発酵）技術、熱化学変換（ガス化、触媒合成）技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0（産出エネルギー／投入エネルギー）以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。
- ・油脂系バイオマスの化学変換（触媒存在下の熱分解や水素化処理、及びそれらの組み合わせ処理）により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料（重量比酸素分0.1%未満）を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料（BDF）品質を満たすために、第1世代 BDF の高品質化技術（酸化安定性10h 以上）等を開発する。同時に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

【平成25年度計画】

- ・バイオエタノール製造プロセスについては、目標を達成した。BTL プロセスについては、触媒の微細構造の研究によって、既存の FT 合成触媒と比べて反応効率が20%高い触媒を開発するとともに、その FT 合成触媒で作られる炭化水素に合った水素化分解・異性化反応触媒を開発する。また触媒の研究結果を踏まえて BTL プロセスのシミュレーションを行い、エネルギー収支2.0を達成するためのストラテジーを明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・バイオエタノール製造プロセスについては、すでに目標を達成しているが、民間企業からの依頼に基づいて前処理・糖化メカニズムをマイクロレベルで解明するとともに、耐熱性、耐酸、耐塩性エタノール発酵酵母の機能評価と遺伝子組換え系の開発を行った。BTL プロセスについては、既存の FT 合成触媒と比べて反応効率が60%高い触媒を開発し、この反応で得られた炭化水素を低分子化するための水素化分解触媒も開発した。またエネルギー収支2.0を達成するための概略プロセスを構築した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、JST-JICA 事業でタイに設置されたパイロットプラントによる高品質 BDF 製造実証研究の推進を支援する。飽和モノグリセリド等のフィルター閉塞成分の低減技術を高度化する。また、第2世代バイオ燃料製造のため、同事業でタイに設置されたジャトロファ残渣の急速熱分解炉によるバイオオイル製造実証研究を支援する。バイオオイル中の含酸素化合物脱酸素用触媒の石油系基材との共処理時の活性および耐久性向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・ジャトロファ油から製造した高品質 BDF を混合した軽油を用いて5万 km 実車走行試験を実施し、走行に問題のない品質であることを実証した。BDF の部分水素化と吸着剤処理の併用により、モノグリセリドを94%以上除去することができた。ジャトロファ残渣の急速熱分解パイロットプラントの試験稼働を行い、各部の正常な作動とバイオオイルの生成を確認した。バイオオイル中の含酸素化合物脱酸素の活性、選択性を検討し、触媒担体の選択により、活性低下を抑制しつつ、高オクタン価成分の選択性が向上することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進する。平成25年度においては以下を実施する。
- 1) 東アジアアセアン経済研究センター（ERIA）事業において引き続きワーキンググループ（WG）を運営し、実市場でのバイオディーゼル燃料品質管理に有益なバイオディーゼル燃料流通ハンドブックの改訂を実施する。
 - 2) 次世代バイオ燃料やエネルギーキャリアと成り得る各種合成液体燃料について、実用化に向け必要な標準化課題の調査を実施する。

【平成25年度実績】

- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化の推進に関し、以下の成果を得た。
- 1) 東アジアアセアン経済研究センター（ERIA）事業にて、最新のヨーロッパ規格と調和すべく、EAS-ERIA Biodiesel Fuel Standard:2008（EEBS:2008）の改訂と、これらの情報を更新したディーゼル燃料流通ハンドブックの改訂作業を実施した。
 - 2) 再生可能エネルギー貯蔵・流通に関するトータルシステムシナリオ検討のプロジェクトを開始し、各種エネルギーキャリアに関する実用化に向けた標準化課題の調査を開始した。

3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術

【第3期中期計画】

- ・天然ガスや石炭等の化石資源の確保と高度な転換、利

用に資する技術の開発を行う。具体的には、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから天然ガスを効率的に生産するため、分解採取手法の高度化等の技術開発を行う。また、引き続き世界の主力エネルギー源の一つである石炭の有効利用のため、次世代石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。

3-(2)-① メタンハイドレートからの天然ガス生産技術の開発

【第3期中期計画】

- ・我が国周辺海域等に賦存し、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから安定かつ大量に天然ガスを生産する分解採取手法を開発する。このため、分解採取手法の高度化、想定される生産障害の評価、メタンハイドレート貯留層モデルの構築、生産時の地層挙動の評価及び生産挙動を予測するシミュレータ等を開発する。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備等によりフィールドへの適用性を評価する。

【平成25年度計画】

- ・貯留層特性に応じて生産量を最大化させる生産手法、生産条件を引き続き評価する。
 - 1) 強減圧生産法適用時に問題となるハイドレート再生成の回避策を検討する。
 - 2) 減圧法によるハイドレート分解過程において、通電加熱のガス生産増進への効果を実験的に解析を行う。
 - 3) サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析し、回収率および生産レートに及ぼす効果を解析する。
 - 4) 大型室内産出試験装置を用いた実験により比較的浸透率の低い貯留層での強減圧生産法の有効性を検証する。

【平成25年度実績】

- ・生産量最大化のための生産手法の開発と実験的検証を行った。
 - 1) 阻害性能が高い再生成阻害剤として、乳酸と尿素を実験的に探索した。
 - 2) キセノンハイドレート堆積物の通電加熱を行い、 $10\text{A}/\text{m}^2$ という低電流密度においても効果的に分解が進行した。
 - 3) サイクリック減圧法において、休止期間が長いほど生産レートは増加し、究極的な回収率は休止期間の合計に依存することが判明した。
 - 4) 比較的浸透率の低い貯留層を作製し、通常減圧から強減圧へ連続的に減圧した場合、氷の生成熱による生産増進効果を検証した。

【平成25年度計画】

- ・生産過程における流動障害について引き続き実験的に

解析し評価する。

- 1) 局所的な細粒砂の蓄積を引き起こすメカニズムを微視的モデルにより考察する。
- 2) メタンハイドレート核の存在がメタンハイドレートの再生成に及ぼす影響について考察する。
- 3) 低温高圧下でかつインヒビターあるいは凝集抑制剤等を含む流れ場におけるメタン気泡の流動状態を3次元画像解析し、球等価直径と終末速度、球等価直径と抗力係数との間の関係を明らかにする。
- 4) 海洋産出試験結果を用いて、開発した浸透率低下モデル式の検証および改良を行う。

【平成25年度実績】

- ・生産過程における流動障害の解析と評価を行った。
 - 1) 孔隙モデルを用いて細粒砂懸濁液の圧入実験を行い、細粒砂懸濁濃度および流速が閉塞現象に与える影響を考察した。
 - 2) メタンハイドレート核の存在は再生成を加速するため、管内流動障害要因の一つであることが判明した。
 - 3) 凝集抑制剤を含む流れ場においてメタン気泡の挙動を観測し、球等価直径と終末速度および抗力係数との関係式を取得した。
 - 4) 海洋産出試験の検証の結果、浸透率低下モデル式は、より圧密変形が進行する場合に適用可能であることが分かった。

【平成25年度計画】

- ・海洋産出試験結果の検証を通じ、海域のメタンハイドレート貯留層モデルを構築する。
 - 1) 三次元地震探査データ等を用いて、メタンハイドレート貯留層の構造解析と組成分析を実施し、その地質学的物性等を推算する。
 - 2) NMR-T2解析結果を用いて最適化した浸透率解析法を海洋産出試験地のCMR 検層結果に適用し検証する。
 - 3) リングせん断試験装置を使用し、淘汰度の高い堆積物の変位量と浸透率の関係を明らかにする。
 - 4) メタンハイドレート堆積物試料の減圧実験により、4相条件下での熱伝導率推算モデル式の検証を行う。

【平成25年度実績】

- ・海洋産出試験の検証を通じ浸透率と検層結果の検証等を行い、海域のメタンハイドレート貯留層モデルを構築した。
 - 1) 海洋産出試験周辺域の地層分布形態などを解析したほか、粒度組成や鉱物組成などの堆積物特性を明らかにした。
 - 2) メタンハイドレート堆積物のNMR測定と浸透率測定を行い、高精度で浸透率を推定する方法を開発した。
 - 3) せん断層に対して浸透率試験を行い、浸透率と孔隙率との高い相関性を確認した。
 - 4) メタンハイドレート堆積物試料の減圧実験により4相熱伝導率推算モデル式の妥当性を確認した。

【平成25年度計画】

- ・海洋産出試験結果を用いて、地層変形、坑井健全性評価技術の精度向上を行なう。
- 1) 海洋産出試験の再現を行い、地層変形シミュレータのフィールドへの適用性の評価を通じ、計算機能の検証と改良を行う。
- 2) 海洋産出試験で得られる地層変形に関する計測データを基に坑井周辺の応力分布や地層変形に関する解析を行い、減圧法に適した坑井の設計条件を整理する。
- 3) ケーシング-地層間やケーシング-セメント間の室内試験結果を用いた実験式を用いて、海洋産出試験結果における坑井周辺の応力分布を評価する。

【平成25年度実績】

- ・海洋産出試験結果を用いて、地層変形、坑井健全性評価技術の精度向上を図った。
- 1) メタンハイドレート飽和率を関数とした弾塑性パラメータを取り扱えるようにシミュレータを改良した。
- 2) 海洋産出試験での坑井仕上げ条件を検証するために坑井周辺の応力分布や水平変位の解析を行い、減圧法に適した坑井の設計にあたっては、グラベルサンドがより流動しにくい条件が必要であることを明らかにした。
- 3) 地層変形シミュレータを用いて坑井周辺の応力分布を解析し、スクリーンの破壊などの可能性が低いことを示した。

【平成25年度計画】

- ・ガスハイドレートの物理特性について研究を行い、資源開発における経済性を向上させるための技術を開発する。
- 1) 天然ガスハイドレート（NGH）輸送システムにおいて、天然ガス成分が生成特性に及ぼす影響を検討する。
- 2) セミクラスレート系ガスハイドレートのガス包接、分離機構とその速度向上を図るとともに、炭酸ガス以外のガス種の分離特性を検討する。
- 3) 冷媒性能を向上させる新たなガスハイドレート系冷熱媒体の探索等を実施するとともに、システム構成に対する調査などを実施する。

【平成25年度実績】

- ・資源開発における経済性を向上させるため、低級炭化水素ガスの包蔵密度、セミクラスレートハイドレートのCO₂包蔵量や相平衡特性などを解析した。
- 1) 天然ガスハイドレート輸送システム開発において籠状構造と占有ガス成分の関係を解析し、ガス密度に与える影響を明らかにした。
- 2) 臭化物系セミクラスレートハイドレートの結晶構造解析を行い、そのガス包接特性、ガス分離特性およびCO₂包蔵量に対する圧力の影響を評価した。
- 3) ヒートポンプ冷媒として適用可能なセミクラスレ-

トハイドレートの探索などを行った。

【平成25年度計画】

- ・企業、大学からの研修員の受け入れなどによって、メタンハイドレート資源開発とガスハイドレート機能活用技術の移転を進め、資源開発を担う人材の確保と技術の高度化を図るほか、実験教室、シンポジウム・講演会などを開催することによって研究情報を発信し、メタンハイドレート資源開発に対する社会の理解増進を図る。

【平成25年度実績】

- ・資源開発および機能活用技術に関する2つの産学官連携組織を運営し、それぞれ年3回の検討会議を開催すると共に報告書のとりまとめを行ったほか、第5回メタンハイドレート総合シンポジウムの開催、20件の技術研修、5回の実験教室、2回の講演会主催、19件の依頼講演などにより、人材育成、研究情報の発信、社会の理解増進および技術移転などを行った。

3-(2)-② 次世代ガス化プロセスの基盤技術の開発

【第3期中期計画】

- ・高効率な石炭低温水蒸気ガス化方式により、ガス化温度900℃以下でも、冷ガス効率80%以上を可能とする低温ガス化装置を開発する。さらに、低温ガス化プロセスを利用し、無灰炭や低灰分炭の特性を生かし、H₂/CO比を1~3の範囲で任意に調整し化学原料等に用いる技術を開発する。また、石炭利用プロセスにおける石炭中の有害微量元素類の挙動を調べるための分析手法を開発し、標準化手法を提案する。

【平成25年度計画】

- ・豪州産の未利用褐炭を使用した連続触媒ガス化試験を実施し、ガス化剤として水蒸気と二酸化炭素を用いることで、炭素転換率100%で、目的とする組成の合成ガスを連続製造できることを実証する。また、触媒再生試験を実施し、触媒の回収と再利用が可能であることを証明する。さらに、ガス化で副生する微量ガス成分の定量分析を行い、必要となるガス精製プロセスを設計する。

【平成25年度実績】

- ・豪州産のロイヤング褐炭を用いて、650℃で連続触媒ガス化試験を実施し、安定的に合成ガスが製造できることを実証した。また、低温ガス化で課題となるタール生成がなく、炭素転換率はほぼ100%であることを確認した。ガス化後の触媒再生試験を実施し、回収した触媒のXRD、SEM-EDS分析から、触媒回収と再利用が可能であることを確認した。生成ガス中の不純物をリアルタイムで定量分析した結果、高温ガス化からのガス性状に比べて不純物が極めて少ないことが明らかとなり、従来のガス精製プロセスの負荷が減少す

ることを確認した。

【平成25年度計画】

- ・2塔循環式連続石炭ガス化装置により得られた非熱自立条件におけるデータを解析し、ガス化速度を求める。解析結果を基に熱自立条件である実機規模での性能予測を行う。この際、実機規模で特徴的な低い放熱損失、高熱回収率等から、実験室規模より有利となると考えられる2塔循環式石炭ガス化装置におけるガス化効率、ガス化炉必要容積、冷ガス効率等を予測する。粒子循環については、これまでに得られた実験データを基に、系内の圧力バランスを解析することにより粒子循環メカニズムを明らかにし、設計および運転法を示す。

【平成25年度実績】

- ・非熱自立条件である実験室規模の2塔循環式連続石炭ガス化装置を用いて、異なるガス化条件におけるガス化反応速度を測定し、石炭の水蒸気ガス化速度式を確立した。この結果に実機の熱的条件を考慮することにより、実機規模の2塔循環式連続石炭ガス化装置における熱自立可能な循環速度等の操作条件や、ガス化炉容積の装置設計条件、冷ガス効率の予測を可能とした。粒子循環については、循環速度と系内の圧力バランスの関係を表す予測式を導き、予測値と実測値が良好に一致することを確認した。これにより、装置設計と運転法を確立した。

3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術

【第3期中期計画】

- ・偏在性による供給不安定性が懸念されているレアメタル等を有効利用するための技術及び資源の省使用、代替材料技術の開発を行う。具体的には、レアメタル等の資源確保と同時に有害金属類のリスク管理に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを構築する。また、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別、回収する技術の開発を行う。省使用化、代替材料技術として、タングステン使用量を30%低減する硬質材料製造技術の開発を行う。また、レアメタル等の鉱床探査とリモートセンシング技術を用いた資源ポテンシャル評価を行う。

3-(3)-① マテリアルフロー解析

【第3期中期計画】

- ・有害金属類のリスク管理やレアメタル等の資源確保に係る政策に資するため、国内外での生産や廃棄、リサイクルを含む、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを開発する。具体的には、有害性と資源性を持つ代表的な物質である鉛を対象に、アジア地域を対象としてフローモデルを開発する。次に、鉛において開発した手法やモデルを基礎として、他のレアメタル等へ展開する。

【平成25年度計画】

- ・衛星夜間光強度データを使用して不法リサイクル等からの金属の環境排出量の空間割り振り手法を確立する。また、局所における金属の簡易的なばく露評価を継続し、各国に適用するパラメータ設定を確立する。これらの手法及びパラメータを金属を対象にしたアジア対応ばく露解析のプロトタイプモデルに組み込む。

【平成25年度実績】

- ・衛星夜間光強度データを用いて環境排出量の空間割り振り手法を開発し、中国とベトナムの不法リサイクルによる汚染地域を特定することに成功した。アジア各国のばく露濃度推定の感度解析を行い、土壌から植物への移行パラメータが最も重要な要因であることを示した。中国の数カ所で異なる移行パラメータを設定したプロトタイプモデルでヒトの鉛ばく露量推定を行い、既報の血中鉛濃度の実測値と比較した結果、1/2～2倍の範囲で一致した。

3-(3)-② レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発

【第3期中期計画】

- ・レアメタル等の有用な材料の安定供給に資するため、使用済み電気・電子製品等の未利用資源を活用する技術を開発する。具体的には、金属や化成品の回収及びリサイクル時における抽出率、残渣率、所要段数、利用率等の効率を50%以上向上させる粒子選別技術、元素レベルでの分離精製技術及び精密反応技術を開発する。
- ・先端産業に不可欠なレアメタル等の省使用化、代替技術を開発する。具体的には、界面制御や相制御により、レアメタル国家備蓄9鉱種の1つであるタングステン使用量を30%低減する硬質材料の製造技術、ディーゼル自動車排ガス浄化用触媒の白金使用量削減技術や重希土類を含まない磁性材料の製造技術等を開発する。

【平成25年度計画】

- ・製品等のセンシング選別において、携帯電話の固体識別からタンタルコンデンサを多く含む機種回収に至るトータルシステムを試作する。茨城モデルの都市鉱山プラントにおける複管式気流選別機の商業稼働を支援してこれを実現するとともに、電子素子選別シミュレーションソフトを一般公開する。また、蛍光灯の非破壊識別については、実用機に必要な装置スペックを明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・センシング選別では、携帯電話などの廃小型電気製品を対象にタンタルコンデンサ数の違いによる自動選別（精度90%以上）を実現し、制御系や供給系の改良を行いトータルシステムとしての実用性を向上させた。また茨城モデルの都市鉱山プラントにて複管式気流選

別機の商業稼働を果たすとともに、電子素子選別シミュレーションソフトを SURE にて試験公開した。直管対応蛍光ランプ識別装置では、目標速度1〜2秒/本を実現するための選別・送り出し機構を明らかにした上で、処理速度を従来よりも30〜50%向上させ目標を達成した。

【平成25年度計画】

- ・湿式法による希土類磁石からの希土類の回収プロセスについて、微量に浸出される鉄の選択除去方法として、鉄の除去率70%以上、希土類の損失率1%以下とできるものを見出す。また各種工程液中の微量の希土類の回収を目的として、吸着剤の作製方法を検討するとともに吸着性能を高度化する。またアミド含有3級アミン化合物を用いた白金族及び一般金属混合溶液からの白金族金属抽出分離フローを構築する。さらに熔融塩を用いた希土類金属分離プロセスについて、未利用の一次資源および磁石以外の二次資源への適用可能性を検討する。

【平成25年度実績】

- ・湿式法による希土類磁石からの希土類の回収プロセスについて、イオン交換樹脂を用いて、鉄除去率70%、希土類損失率0.2%を得た。希土類吸着剤のうちシリカゲル担体吸着剤について、反応基を精査することで低い pH での吸着を可能とした。またポリマー系吸着剤について、希土類の種類によって溶解度が大きく異なる系を見出した。アミド含有3級アミン化合物を用いて白金族金属を一般金属に先んじて抽出する新規分離フローを案出した。未利用磁石等から希土類を短時間かつ高効率で回収可能な熔融塩プロセスも考案した。

【平成25年度計画】

- ・FRP 製 LP ガスタンクを循環溶媒中で可溶化し、ガラス繊維を回収する技術を開発すると共に、可溶化、溶媒再生等の各素過程の最適化を検討する。使用済み電子機器に含まれている各種金属共存下で、水蒸気ガス化反応速度を測定する。内部循環型外熱式ロータリーキルン小型プラントを用いて廃プラスチックや木質バイオマスを熱分解処理すると共に、原料性状と処理条件の関係、システム上の改善を検討し実証および商業プラントの仕様設計を行い、消費エネルギーや放熱量を試算する。

【平成25年度実績】

- ・FRP に極微量の硫酸あるいはリン酸を添加して循環溶媒のモデル溶媒中200℃で加熱すると、90分以内で95%以上が可溶化されガラス繊維を回収できた。またニッケル粉末共存下フェノール基板を処理すると、550℃付近の温和な条件下1時間以内でほぼ完全に水蒸気ガス化された。5t/d 規模の小型プラントにて廃プラスチックと木質バイオマスの混合物を処理した場合の

入熱、出熱、装置放熱を試算し、可燃性ガスの発熱量から消費エネルギーを引いた正味のエネルギー回収量は熱分解が部分燃焼に比べて約2倍有利であることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・省重希土類技術で Sm 系磁石の保磁力向上の機構解明を行う。省タングステン技術でコーティング WC-FeAl 切削工具の課題抽出とサーメットの高性能化を図る。大型車両用ハニカム触媒作製のため省白金族ディーゼル酸化触媒の大量調製を図る。三元触媒向け高性能セリウム材料の酸素吸蔵能発現機構を解析する。省ビスマス技術で Fe-V-Al 熱電モジュールの量産化へのプロセス開発、青銅鋳物の薄肉化を図る。ヒータの省レアメタルで MAX 相材料の長尺化を図る。

【平成25年度実績】

- ・Sm 系磁石の保磁力向上の機構解明を進め、磁石粉末の保磁力を従来の1.5倍にした。コーティング WC-FeAl 切削工具のロウ付け精度が課題となり、長尺技術を開発した。添加元素の最適化でサーメットを1.4倍高剛化した。省白金族ディーゼル酸化触媒の調製を昨年比で5倍スケールアップした。高性能セリウム材の高酸素吸蔵能が粒子表面への Ce 偏析によることを解明した。量産化に向けた Fe-V-Al 熱電モジュールの短時間焼結と凍結鋳造による青銅鋳物の薄肉化によりビスマス量を低減した。MAX 相材料が押出成形で長尺化できた。

3-(3)-③ レアメタル等の鉱床探査と資源ポテンシャル評価 (別表 2-2-(2)-①を一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。
- ・海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。

【平成25年度計画】

- ・モンゴル、南アにおける重希土類鉱床の分布・鉱量を精査すると共に、鉱石の選鉱方法など具体的開発に向けた技術開発を実施する。南米、東南アジアなどにおいて、レアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施する。米国、韓国、豪州、タイ等の MOU 締結国と資源情報の交換、探査・選鉱に関する技術交流を実施する。レアメタルの資源開発動向やマテリアルフロー

の解析を実施し、資源の需給動向等を政府・関係機関等に情報を提供する。産総研レアメタルタスクフォースの活動（講演会等）を分担する。

【平成25年度実績】

- ・モンゴルで民間企業と重希土鉱床の評価を、南ア地調と共同で重希土類鉱徴地の探鉱試験、選鉱試験を実施し、開発可能性評価を行った。ブラジルと共同でレアメタル鉱床評価のための現地調査・鉱石分析を実施した。また、韓国と共同でリチウム鉱床の現地調査を行ったほか、ミャンマー、米国 USGS、豪州 CSIRO と研究協力の協議等を行った。レアメタルの資源開発動向やマテリアルフロー解析のための資料収集を継続し、関係機関に情報提供した。さらに、産総研レアメタルタスクフォースについてシンポジウム等を実施した。

【平成25年度計画】

- ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のため、南アの金、白金族鉱床の地質と微小領域貴金属存在形態の関係を比較し、両者の成因的關係について検討する。また、熱水性鉱床における In、Sb 及び Bi の濃集環境の類似点及び相違点を明らかにする。更に、雲仙火山熱水系の鉱化熱水系との比較研究により、浅熱水性鉱床形成の場および過程を明らかにする。一方、鉄マンガンクラストの生成年代決定・形成史解明に有効な Os 同位体比分析のルーティン化を目的に、拓洋第五海山および流星海山より採取された試料を用いた分析作業を行う。

【平成25年度実績】

- ・南アの隣接する金、白金族鉱床地域の地質と微小領域貴金属存在形態を検討したところ、両者の地質は異なるが成因上熱水作用が共通している事が判明。豊羽鉱床鉱石の In、Sb 及び Bi のうち、Sb と Bi の増減の相関から、両元素の濃集が成因的に密接な関係にある事が分った。雲仙火山では掘削コア深部における熱水変質から、浅熱水性金鉱床と同様の温度構造を明らかにした。鉄マンガンクラストでは、拓洋第五海山及び流星海山の試料の密な Os 同位体比分析から、いずれも百万年に2-3mm 程度の成長速度の可能性が高い事が分った。

4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

【第3期中期計画】

- ・部材、部品の軽量化や低消費電力化等による着実な省エネルギー化とともに次世代のグリーン・イノベーションを目的として、従来にない機能や特徴を持つ革新的材料及びデバイスの開発を行う。具体的には、ナノレベルで機能発現する新規材料や多機能部材の開発を行う。また、部品、部材の軽量化や新機能の創出が期待される炭素系新材料の産業化を目指した量産化技術

の開発と応用を行う。さらに、ナノテクノロジーを駆使して、電子デバイスの高機能化・高付加価値化技術の開発を行う。ナノエレクトロニクス等の材料及びデバイス研究開発に必要な最先端機器共有施設を整備し、効率的、効果的なオープンイノベーションプラットフォームとして活用する。

4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材

【第3期中期計画】

- ・省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

4-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【第3期中期計画】

- ・調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

【平成25年度計画】

- ・2成分系材料を p 型有機半導体とし、n 型半導体との相溶性を踏まえつつ薄膜太陽電池の試作を行うとともにその性能評価を実施する。p 型液晶性有機半導体と n 型有機半導体の相溶性と、その結果として形成される構造の解明を行い、今後の分子設計概念の構築に資する。一方、オール印刷工程による薄膜有機デバイスを試作し、その半導体特性を評価するとともに、薄膜形成時の自己組織化材料の分子配列制御の手法についても更なる検討を行い、高性能な均一膜を得ることを目指す。

【平成25年度実績】

- ・開発した2種の p 型液晶性有機半導体及びその混合系を用いた n 型半導体との相溶性を確認し、それを用いた薄膜太陽電池を試作した。さらに、これらの各液晶性有機半導体が光電変換性能に明確に寄与することを見出し、有機半導体の混合系がその液晶性を利用した薄膜活性層構築の新たな手法となる可能性を示した。印刷工程により電極形成させた基板に液晶性有機半導

体材料を印刷したトランジスタ素子を試作し、その形態と半導体特性の評価から、乾燥過程の制御により分子配列制御された高性能な均一膜が得られることを見出した。

【平成25年度計画】

- ・今年度は、光機能材料の実用化に向けた基盤づくりを行う。具体的には、光に応答してバルクの相構造（固体と液体）を制御可能な新材料における接着力の強化を念頭に、引張強度を現行値より一桁向上させることを目指す。また、光応答性 CNT 分散剤を用いた CNT パターニング膜の作成や、同様に光応答性の液晶とアモルファスの差を利用した再書き込み可能な画像表示材料の開発を行う。加えて、自己修復材料の深化にも取り組み、液晶基盤ゲルやイオン液体ゲル等の機能性ソフトマテリアルの力学特性を始めとする諸物性の最適化を行う。

【平成25年度実績】

- ・光に応答してバルクの相構造（固体と液体）を制御可能な新材料に関しては、化学構造を変化させることにより、従来のものと比べ一桁近く引張強度を向上させることができた。光応答性 CNT 分散剤に関しては、現像不要かつ水エッチングが可能な CNT のパターニングに成功した。光応答性材料のアモルファス相発現メカニズムを解明するために計算シミュレーションを行ったところ、光二量体の拡散速度が深く関わっていることが示唆された。また、液晶基盤ゲルではシリカ微粒子を用いることにより、従来よりも約二桁大きい弾性率を達成した。

【平成25年度計画】

- ・ソフトアクチュエータ部材となるソフトゲルである導電ゲルや化学振動ゲルの開発を、アクチュエーター特性の測定、電気特性等の測定を通じ、進める。バイオミネラリゼーション等の手法を用い、強度調整可能な軟骨型部材の開発を行う。ソフト微細構造界面と液体、コロイド、光との相互作用に基づく新機能開拓を行う。異方性媒体のコロイド現象、界面電気現象等の解明に取り組む。異方性ナノ粒子の応用化に向けた形状制御技術の開発に取り組む。重水素標識発光錯体の合成を検討し、新たに青、赤色の発光錯体を合成しその特性を検討する。

【平成25年度実績】

- ・ソフトアクチュエータ部材として、温和な条件下での自励振動ゲルの駆動に成功し、また、高分子ゲル素材の高導電性化と物性・構造評価を行った。バイオミネラリゼーション法により、新たに炭カル型およびシリカ型の強度可調軟骨部材を得た。ソフト微細構造界面上の液晶を用いたキラルガス検出法を開発した。異方性媒体のコロイド・界面電気現象等の解明に基づき電

気光学効果の発現を見出した。異方性ナノ粒子の長軸長決定機構を解明した。フルカラーデバイス化の検討に向け、青・赤色発光性の新たな重水素標識発光材料の合成に成功した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、テクノロジーブリッジとしての役割を果たし、各種材料系の開発に計測の分野から貢献する。特に今年度は、平成24年度の成果をさらに進展する形で、電圧印加その場電子顕微鏡観察、SFG や局所インピーダンス計測等の各種計測技術を駆使して、有機デバイスの特性向上要因や駆動機構等の解明を目指す。

【平成25年度実績】

- ・新規導入した STEM-EDX による有機薄膜太陽電池の薄膜断面構造の解析、電子ナノプローブによる高速元素マッピングにより、従来困難であった有機層内部の相分離構造の可視化と組成分布定量化に成功した。また2色可変 SFG を用い、有機薄膜太陽電池の加熱による膜構造の分子レベルの変化を明らかにした。薄膜内でドナー性導電性高分子とアクセプター性フラーレン誘導体がナノレベルで接合することにより高い変換効率が生み出されるが、本技術によりその構造評価や実用化デバイス開発の加速に繋がる成果が得られた。

【平成25年度計画】

- ・ソフトマテリアルを用いた新規デバイスとして着目されているソフトアクチュエーターを目指したポリマー系材料について、その構造及び応力・変形のメカニズムを理論およびシミュレーションにより分子レベルから明らかにし、分子鎖制御の観点から材料設計法として提案を行い、ソフトマテリアルの階層的自己組織化による構造形成と非平衡ダイナミクスに関する理解を深める。

【平成25年度実績】

- ・ソフトアクチュエーター材料を目指した自励振動ゲルについて、その構造変化としての膨潤・収縮過程のダイナミクスと、その過程における応力変化について散逸粒子動力学シミュレーションにより解析した。特に応力については、溶媒・高分子間の相互作用をゆっくり変化させることで、大きな応力が生み出されることが明らかとなり、膨潤・収縮過程ができる限り平衡な過程として進むような材料設計が重要であるとの提案を行った。

4-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面

コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。

【平成25年度計画】

- ・前年度のプルシアンブルー型錯体ナノ粒子の応用部材開発を目指した成果を受け、さらなる吸着材の高性能化や、使用后吸着材の管理法に関する研究を行う。焼却灰除染については、実証試験を進め、効率的な灰除染法の研究を進めると共に、原発内廃液や環境水等の放射性セシウム汚染水に関する評価及び浄化法も研究する。また、同材料の他用途への展開として、光学素子等への展開も検討する。

【平成25年度実績】

- ・プルシアンブルー型錯体ナノ粒子内 Fe を Cu に置換し、Cs 吸着容量を14倍向上させた。電気化学的に再利用可能な Cs 吸着剤の開発に成功した。使用後の吸着剤管理法として、加熱酸化による発熱リスク低減を実現した。焼却灰除染は、ミゼットプラントレベルでの実証試験を実施し、実用化への道筋をつけた。また、環境水除染用途として、ため池からの放射性物質拡散防止の実証、及び浄水場での放射性セシウムの評価、除去技術も確立した。さらに同一材料を用い、1000回を越えるサイクル耐性を持つ茶／黄色変化素子も開発できた。

【平成25年度計画】

- ・シンプルでクリーンな機能性微粒子合成プロセスとして、レーザー、プラズマ、高温場等を利用したナノ～サブマイクロメートル粒子合成技術の開発を進め、光機能・触媒機能の実用材料としての評価及び実用化に必要な合成効率の検証を行う。
- ・高温高压の水や有機溶媒、二酸化炭素などの高压流体を利用したナノ粒子およびナノ粒子複合材料を連続的に製造する技術を確立し、実用的な部材製造技術としての評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・粒径選択的な合成技術によって合成効率を向上し、複数の微粒子原料混合溶液から複合酸化物サブマイクロメートル粒子を合成する液中レーザー溶融法を開発した。また、気相中熱酸化法によって、可視光光触媒等の応用に重要な NiO ナノ粒子の構造制御技術を開発した。
- ・マイクロミキサーと高压溶媒を用い、有機 EL 化合物の円板状ナノ粒子を連続的に合成する技術を開発し、デバイス化に必要な平滑な薄膜の作製に目途をつけた。また、難燃性と通常の発泡体よりも高い断熱性を持つ、複数の発泡ポリマーシリカナノコンポジットの作製に成功した。

4-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【第3期中期計画】

- ・セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数 ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・開発した熱伝導性無機複合プラスチックを炭素繊維強化プラスチックの母材樹脂として応用した場合の、熱伝導性と樹脂劣化に関する相関性を検討する。マルチセンサ部材に関しては、燃焼触媒の改良及び組合せにより1ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材開発を進める。また、有機-無機界面を利用した無機ナノクリスタルの形態及び適材配置による特性制御を進める。

【平成25年度実績】

- ・熱伝導性無機複合プラスチックを炭素繊維強化プラスチックの母材として用いた場合、母材の熱伝導率が $0.6\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以上であれば樹脂へ熱を伝搬し、加熱工程での母材の熱劣化抑制が可能であった。マルチセンサ部材の燃焼触媒の改良及び集積化を進め、1ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで同時計測可能なマルチセンサ部材を開発した。有機界面活性剤を利用して形成した酸化物単結晶ナノキューブの高次構造体であるスーパー結晶の誘電率が既存薄膜材料より一桁向上し、単結晶に匹敵することを示した。

4-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセント光-伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化により、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取出し効率80%以上）を開発する。

【平成25年度計画】

- ・ナノギャップ電極によるメモリ動作に関しては、素子

としての特徴を追求するため、高温環境下など耐環境メモリとしての特性追及を行う。AlGaInP系発光ダイオードについては、電流拡散構造やリッジ形状の最適化、低屈折率膜を用いた二重干渉効果による光取出し効率の上限値を見極める。また、ウェハの熱融着接合プロセスを確立し、電流拡散効果に優れたITO透明電極を用いて取出し効率の更なる向上を目指す。また、GaN系では平成24年度に開発したリッジ作製技術を基にLEDを試作する。

【平成25年度実績】

- ・ナノギャップ電極によるメモリ動作に関して、高集積化に向けて原子層堆積装置による3nm間隔の縦型ギャップ構造作製法を確立（歩留まり95%以上）した。AlGaInP系赤色LEDについて、ウェハ熱融着接合プロセスを確立し、数ミクロンと厚い電流拡散層を有する構造においても高いエバネッセント光結合効果を得た。これより通常の平坦表面デバイスより3.8倍高い光取出し効率（絶対値で推定70%）を得た。また、GaN系LEDでもリッジ構造LEDを試作し、微小円錐台型LEDにおいて2.2倍高い光取出し効率を達成した。

4-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

【平成25年度計画】

- ・磁性材料・超伝導材料・強誘電／圧電材料などを構成する機能性物質では、しばしば電子相関がその特異物性発現の鍵を握ることがある。これらの物質・材料の研究・開発に必要な手法・プログラムの開発・整備を進めながら、応用研究を進める。特に、磁石関連材料を主たる研究対象の一つに据え、第一原理コードQMASの機能拡張を図り、結晶磁気異方性などの物性値を求め、その支配因子を探る。加えて、GW近似、制限RPAに基づいた高精度電子構造計算の手法開発と、鉄系超伝導などの遷移金属化合物の物性解明等を行なう。

【平成25年度実績】

- ・第一原理計算により希土類磁石NdFe₁₁TiNの磁気物性値における窒化の影響を明らかにした他、Nd₂Fe₁₄Bにおいて、スピン・軌道磁気モーメントの評価、粒界のモデリングなどに着手した。各種水素結合型強誘電体の自発分極を第一原理計算で予測し、

実際に合成した物質の性能改善の指針とした。制限RPAによる第一原理有効モデルの導出において、自己エネルギーを差し引いたバンド構造から出発する改良法を開発し、鉄系超伝導体FeSeにおける反強磁性の不安定性と関連物質FeTeの反強磁性の安定性を説明した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、燃料電池の実用化及びリチウムイオン2次電池の高耐久・高速動作・さらなる高容量化に向けて、金属、半導体、及び酸化物／溶媒界面の電気化学反応、溶媒中のイオン伝導などの解析を行う。特に、これらの研究を支えるシミュレーション基盤の拡充を行う。具体的には、従来必要だった非物理的な真空領域を必要としない境界条件を導入し、有効遮蔽媒質法による電気化学系のモデリングを高度化する。

【平成25年度実績】

- ・白金-水界面、シリコン-有機溶媒界面および酸化リチウムイオン液体界面における水や溶媒の分解反応やリチウムイオンの脱溶媒和を伴うイオン伝導の解析を行い、実験から得ることが難しい微視的な電気化学反応機構を解明した。また、有効遮蔽媒質法において従来必要だった非物理的な真空領域の排除を可能とする方法（smooth-ESM法）を開発し、より実験環境に近い電気化学系のモデリングを可能にした。

【平成25年度計画】

- ・分子シミュレーション要素技術（モデリング技術、計算精度向上技術等）の開発及び、熱マネジメント部材、生体分子センサ、先端メモリ部材、分子触媒などへの適用研究を行う。平成25年度はこれらの内、1)ハロゲン結合などの弱い分子間相互作用の解析研究、2)触媒反応機構のモデリング、3)抵抗変化型メモリなどナノエレクトロニクス用材料のモデリング研究、4)熱マネジメント材料の最適設計シミュレーション研究の為の基盤整備研究、5)タンパク質機能の分子シミュレーション研究等を行う。

【平成25年度実績】

- ・中性分子間の弱いハロゲン結合と異なり、アニオンとのハロゲン結合では極めて強い引力の働くことを明らかにした。新たなプロリノール系有機分子触媒の設計指針確立に向け、触媒反応の不斉識別機構を解明した。抵抗変化型メモリ用材料のアモルファス金属酸化物には金属の種類や金属と酸素の比率によらず共通の原子配列があることを予測した。ナノ接合の熱電変換性能を予測する第一原理シミュレータを開発し有機金属錯体分子に適用した。酵素ODCaseの反応機構を詳細に解析し、基質歪みが酵素活性に与える影響を量的に見積もった。

【平成25年度計画】

- ・電子状態理論に基づく高効率数値計算コードの開発と基礎理論の研究、それらを応用して平衡および非平衡現象を理解し材料設計への応用を行う。また各種炭素系ナノ構造の電気伝導特性及び光学特性の計算とそれによる新たな機能や生成方法の予言および材料評価をサポートする理論的研究を行い、バイオ・エレクトロニクス・エネルギー材料の設計と開発を推進する。次世代スパコンのためのコードの高速化技法などの開発のため、NEC・東北大との共同研究を継続し、大規模計算によるデモンストレーションも果たす。

【平成25年度実績】

- ・次世代スパコン向けに二段階超並列法（GDDI）をQM/MMコードに実装し、高効率自由エネルギー平均力場計算による溶液中 H_2O_2 ダイナミクス計算の高精度化を実証した。また、東北大・NECとの共同研究による時間依存コード加速を達成し、分子の光化学反応メカニズムの検証に応用した。エネルギー技術研究部門と連携し、ダイヤモンド電界放出デバイスの性能を決める因子の一つが、ダイヤモンド表面への化学修飾によって引き起こされる電子のポテンシャル変調であることを見出し、ダイヤモンドデバイス向け材料設計指針を得た。

【平成25年度計画】

- ・ナノ構造・界面における理論・計算技術を構造の揺らぎを適切に取り扱えるように向上させ、ナノ構造体・有機デバイス材料の構造制御と光機能・電気機能の理論的解明を行なう。誘電体の光学応答計算について検討し、その定式化と解析プログラムの開発を行い、ブルー相液晶セルの光学特性の解析等への適用を目指す。

【平成25年度実績】

- ・無機太陽電池に対する理論を拡張することにより、従来指針が無かった有機薄膜太陽電池の光電変換効率の理論的な限界を求めることに成功した。また、有機半導体分子の構造について理論計算予測の検討を行い、ルブレンの3つの結晶多形を再現した。周期的構造を持つ有限の厚さの誘電体の光学応答計算の定式化を行うことで、薄いブルー相液晶セルが示す秩序構造の光学的性質の解析を行ない、秩序構造の対称性と透過／反射光のプロファイルとの関係等を明らかにした。

4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用
(Ⅲ-2-(2)へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結びつけるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ（CNT）の用途開発と大量合成及び精製技術の開

発を行う。また、グラフェンを用いたデバイスの実現を目指して、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。有機ナノチューブの合成法高度化と用途開発を行う。パワーデバイスへの応用を目指して大型かつ単結晶のダイヤモンドウェハ合成技術の開発を行う。

4-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【第3期中期計画】

- ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術（600g/日）や分離精製技術（金属型、半導体型ともに、分離純度：95%以上；収率：80%以上）等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

【平成25年度計画】

- ・スーパーグロース法の商業プラント上市を実現するために、実証プラントを運営し、用途開発企業に試料、分散液、CNT 複合材料を提供する。用途開発を加速するために、CNT の構造制御、および電気、熱伝導特性を5倍以上向上させる結晶性改善処理工程の開発を行う。CNT の複合化技術の開発を行い、銅と同等の電気伝導性を有し、 $108\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の耐電流密度を有する CNT 銅複合材料を実現する。平面基板上で集積化されたマイクロキャパシタの開発を行う。eDIPS法で合成した単層 CNT のインクを用いてフィルムエレクトロニクスデバイスを開発し、移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比106以上の薄膜トランジスタの性能を実現する。

【平成25年度実績】

- ・企業等に CNT 試料を40件以上、分散液、CNT 複合材料を60件程度提供した。CNT の直径や層数等を最適化し、CNT の熱伝導特性を従来の5倍以上向上させた。銅と同程度の導電率（室温で $4.7 \times 10^5 \text{S}/\text{cm}$ ）で、 $6 \times 10^8 \text{A}/\text{cm}^2$ 以上の耐電流密度を有する CNT 銅複合材料を開発した。平面基板上に集積化したマイクロキャパシタの作製技術開発に成功した。eDIPS 法単層 CNT の分散液インクを用いた印刷製造技術により移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比 10^6 以上の性能を有する薄膜トランジスタを実現した。

【平成25年度計画】

- ・CNT を近赤外蛍光ラベルあるいはプローブとして用いた次世代医療臨床検査システムおよび体内患部イメージングシステムを確立させる。さらに、CNT の内

部空間にホウ素材を入れた次世代中性子線捕剤の作製を試みる。また、生体との相互作用を明らかにし、ナノチューブの安全性を確認する。将来的な国際標準化を目指し、CNT 品質評価法や凝集状態評価法の開発研究をおこなう。有機ナノチューブの合成法の高度化では有機ナノチューブと異種材料の複合化技術を開発する。そして複合化による用途開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・近赤外蛍光ラベル化 CNT を用いたイムノアッセイに成功した。ナノカーボンに放射性元素を付加し、マウス体内動態及び排泄過程のイメージング化に成功した。中性子補足能を持つホウ素剤内包化 CNT の合成に成功した。ナノチューブの安全性を動物実験における組織検査及び血液検査により実証した。赤外吸収法を利用した CNT 長さ評価法、電気的検知法による CNT 分散粒子の体積評価法を開発した。芳香族ホウ酸化合物から成る有機-無機複合化ナノチューブを構築し、湿度に応答してゲスト放出機能を有するナノカプセルへ用途展開した。

【平成25年度計画】

- 1) マイクロ波プラズマ CVD のさらなる条件最適化、基板表面処理技術、高性能ドーピング技術、高品質転写技術などの開発により、静電容量タッチパネル等への応用を目標に、グラフェン透明導電フィルムの性能向上を図る。
- 2) ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用した用途開発(真空用ギアの表面保護、SOD 基板、P 形透明導電膜、等)を行う。

【平成25年度実績】

- 1) CVD のさらなる条件最適化、基板表面処理技術、高性能ドーピング技術、高品質転写技術の高度化によりグラフェンの結晶サイズ向上 (10→100nm)、電気伝導性向上 (移動度100→1000cm²/Vs) に成功した。
- 2) ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用したシリコンオンダイヤモンド (SOD) 基板について、直接張り合わせによる作成のための表面調整法を開発した。さらに P 形透明導電膜の作成法の確立、および真空用ギアの表面保護コーティングを開発した。

【平成25年度計画】

- ・単層 CNT を金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、さらなる基盤技術開発を行う。パイロットスケールカラム CNT 分離処理量の最大化を目指し、カラムの大型化によるスループットのさらなる向上のほか、分離後の大容量の CNT 分散液を簡便かつ効率的に濃縮する手法を確立する。分離原理解明に向け、分離した金属型・半導体型 CNT を用いて特性解析を行う。分離 CNT を用いた高性能デバイスの基盤技術開発では、ドーピングにより得た p

型・n 型薄膜トランジスタを用い、CMOS 型論理回路の動作を実証する。

【平成25年度実績】

- ・単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、分離時の pH や溶質濃度により分離 CNT の純度と収率の制御が可能となり、スループットを向上した。分離純度95%、収率80%の中期計画目標を達成した。その分離原理に関し、CNT 表面の界面活性剤の密度変化がゲルへの吸着力に影響する事を見出した。有機溶媒による効率的濃縮法を開発した。温度制御による高純度単一構造半導体型単層 CNT の分離法を確立した。ドーピングにより得た p 型・n 型薄膜単層 CNT トランジスタを組合せ、CMOS 型論理回路の動作を実証した。

4-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・2インチウェハ製造技術を高度化する。具体的には低欠陥結晶成長に向けた、種結晶の評価を行う。またダイヤモンド接合ウェハの低欠陥合成へ向けた研磨損傷とその影響を評価する。

【平成25年度実績】

- ・X 線トポグラフィ等による評価により種結晶欠陥評価を可能にし、選別することが可能になった。また研磨損傷層の深さを同定し、結晶をコピー製造する条件の一つを明確化した。

4-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進 (Ⅲ-1-(3)へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設として外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

4-(3)-① ナノスケールロジック・メモリデバイスの研究開発

【第3期中期計画】

- ・極微細 CMOS の電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。

【平成25年度計画】

- ・不揮発性抵抗スイッチデバイスについて、メモリアレイレベルでオン・オフ電圧を3ボルト以下にするとともに、メモリ動作信頼性評価手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・不揮発性抵抗スイッチデバイスについて、メモリアレイレベルでオン・オフ電圧を3ボルト以下にすることに成功した。また、ナノメートル領域での空間分解組成分析手法により、メモリデバイス構造における酸素分布を調べることで、メモリ動作信頼性評価が出来る可能性を明らかにした。

4-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【第3期中期計画】

- ・LSI チップ間光インターコネクションにおいて10Tbps/cm²以上の情報伝送密度を実現するために、半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・半導体ナノ構造および有機・ポリマー材料を用いた微小光デバイス、光・電子集積技術に関してそれぞれ以下の技術を開発する。

- (1) 半導体ナノ構造を用いた微小光デバイス、光・電子集積技術に関しては、SiN 系多波長光源チップを用いた多波長発生の実証、及び発生帯域制御技術の開発による低消費電力化を行う。半導体光集積技術に関しては、化合物半導体レーザと SiN 導波路の混載技術の開発を行うと共にそれに適した低消費電力化合物半導体レーザの開発を行う。

- (2) 有機ポリマーアクティブデバイスとして、劣化の少ない加工条件での有機 EL 共振器作製プロセスを開発する。また、ポリマー系の活性層を用いた光増幅器の開発を行う。

【平成25年度実績】

- 1) SiN 系多波長光源については外注試作による導波路のパッケージ化、4光波混合の発生、その内製化により1μm 角程度の試作、最適構造設計手法の開発を行なった。化合物半導体レーザに関しては省エネ化のためにトンネル接合を用いた素子上で電流狭窄構造の最適化を行い、30Ω以下の低抵抗化を実現した。

- 2) 有機ポリマーアクティブデバイスについては、微小共振器効果による寄与の明確化と光導波路クラッド層に色素結晶を導入できる湿式形成法を開発した。パッシブデバイスでは GI 導波路技術について検討し、印刷による光導波路作製を行った。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に開発した光電子システムを高度化し、10Tbps/cm²の信号伝送密度を実証する。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価する。

- ・3次元光回路においては、アモルファスシリコンを用いた積層型方向性結合器を作製し、光信号の伝搬特性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・平成24年度に開発した光電子システムを高度化し、30Tbps/cm²の信号伝送密度を実証した。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度を実証した。

- ・3次元光回路においては、方向性結合器よりも波長依存性が小さく、広帯域で変換効率の高い層間信号トランスファードバイスを試作、評価し、1.8dBの低損失を実証した。

4-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【第3期中期計画】

- ・産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、産総研ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)を窓口とした先端機器共用施設からなるプラットフォームの拡充、整備を実施する。特に、産総研外部機関への支援実施件数が年間で80件に到達することを目指す。

【平成25年度実績】

- ・産総研ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)を窓口とした、先端機器共用施設からなるプラットフォームを拡充、整備した。研究支援インフラを産総研内外、産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を高度化した。より具体的

には、電子システムを整備してユーザーのアクセシビリティを高め、80件を超える産総研外部機関への支援件数を達成した。

【平成25年度計画】

- ・シリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術の構築に関しては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携して、集積プロセスの高度化を進め、インターコネク用光集積回路の10Tbps/cm²の動作実証を行う。
- ・パッシブデバイス作製のための300mm ウェハを用いたプロセスプラットフォームを構築する。

【平成25年度実績】

- ・シリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術の構築に関しては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携して、集積プロセスの高度化を進め、インターコネク用光集積回路の30Tbps/cm²の動作実証を行った。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度を実証した。
- ・パッシブデバイス作製のための300mm ウェハを用いたプロセスプラットフォームを構築し、波長多重デバイスに必要な導波路構造均一性を実現した。

5. 産業の環境負荷低減技術の開発

【第3期中期計画】

- ・産業分野での省エネルギー、低環境負荷を実現するためには各産業の製造プロセス革新が必要である。そのため、最小の資源かつ最小のエネルギー投入で高機能材料、部材、モジュール等を製造する革新的製造技術（ミニマルマニュファクチャリング）、化学品等の製造プロセスにおける製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化を目指すグリーンサステナブルケミストリー技術の開発を行う。また従来の化学プロセスに比べ、高付加価値化合物の効率的な生産が可能なバイオプロセス活用技術、小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム（Micro Electro Mechanical Systems：MEMS）の開発を行う。さらに、様々な産業活動に伴い発生した環境負荷物質の低減及び修復に関する技術の開発を行う。

5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進

【第3期中期計画】

- ・製造プロセスの省エネルギー、低環境負荷に貢献する革新的製造技術であるミニマルマニュファクチャリングの開発を行う。具体的には、多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術、セラミック部材と表面

加工技術を用いた省エネルギー製造技術及び希少資源の使用量を少なくしたエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発を行う。また、高効率オンデマンド技術の一つとして、炭素繊維等の難加工材料の加工が可能となるレーザー加工技術の開発を行う。さらに、機械やシステムの製品設計及び概念設計支援技術の開発を行うとともに、ものづくり現場の技能の可視化等による付加価値の高い製造技術の開発を行う。

5-(1)-① 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

【第3期中期計画】

- ・デバイス製造に要する資源及びエネルギー消費量を30%削減するために、必要な時に必要な量だけの生産が可能で、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を開発する。また、ナノ材料を超微粒子化、溶液化し、それらを迅速に直接パターンニングするオンデマンド製造技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・レーザー援用 IJ や光 MOD 及びその融合によるオンデマンド・リペアシステムにより微細導電パターン形成等の歩留まり向上を検証する。オンデマンドアップグレードの提言に向け、AD 法で自動車部材用異種材溶接ペースト層形成の検討、温間スピニング技術では、適用材料種を広げ、多自由度オンデマンド成形技術の基礎検討を行う。高付加価値製品・低環境負荷製造を目指し、高速積層成型プロセス、薄肉複雑形状鑄造プロセス、生産プロセス制御のためのヒューマンインターフェイス等オンデマンドプロトタイプング技術の基礎検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・光 MOD では、フィルム基板上的蛍光体膜の大幅な特性向上を実現した。レーザー援用 IJ では、液滴固化シミュレーションにより製品歩留まり向上の指針を得た。異種材溶接では、直接溶融接合困難なチタン／鉄・溶接で母材強度相当の接合強度を得た。温間5軸スピニング加工ではステンレス薄肉管の異形状成形条件を、積層成型プロセスでは密度99%以上の成型条件を明らかにした。複雑形状鑄造型製造に向けた積層成型プロセスでは、高速化、異種材料複合成形と鑄造プロセス制御のためのヒューマンインターフェイスの課題抽出を完了した。

【平成25年度計画】

- ・酸化半導体などのインクを用いたパターンニング技術と、デバイス作製への適用を試み、焼成時間600秒以内で、移動度1cm²/Vs を発現する酸化半導体薄膜の作製を実現する。
- ・有版印刷法による微細パターンの膜厚制御法の開発を

試み、高精度なパターニング技術の確立を目指す。

- ・高効率印刷技術や無電解めっきパターニング技術の検討を進め、装置とプロセス技術の開発をおこなう。
- ・親撥パターンの可視化技術に基づく表面エネルギー制御法の確立を目指す。

【平成25年度実績】

- ・酸化半導体インクの調製法による粘度調整法を開発し、スクリーン印刷によるパターニングが可能なインクに改良することに成功した。
- ・焼成時間180秒以下で薄膜形成が可能な酸化半導体インクを開発した。しかしながら、移動度は0.03cm²ウと、目標を達成するに至らなかった。
- ・1μm幅の細線パターンで、膜厚ムラが10%以下となる高解像度高均質配線パターン印刷形成技術を開発した。
- ・マイクロコンタクトプリント法と無電解めっき法を組み合わせた金属細線の印刷形成技術を開発し、5～300μmまでのワイドレンジパターニングを実現した。
- ・コロイドプローブSPM法により、親撥パターンの可視化ならびに印刷パターンの弾性率の評価を実現する測定評価技術を開発した。

【平成25年度計画】

- ・実用ミニマル装置（塗布、現像、露光、加熱炉、化学機械研磨、洗浄）の商用機を開発する。
- ・CVDについては、ミニマル装置化へ向けた省ガスプロセス開発を行う。
- ・プラズマエッチングとプラズマスパッタについては、ミニマル管体に収まる実動機を開発する。
- ・ミニマルファクトリー技術（局所クリーン化搬送系、ミニマルシャトル、装置制御システムなど）の実用化と仕様の共通化を図る。

【平成25年度実績】

- ・実用ミニマル装置（塗布、現像、露光、加熱炉、化学機械研磨、洗浄）の商用機を開発し、実際に一部の装置は今年度内に販売された。
- ・CVDについては、ミニマル装置化へ向けた反応炉内の気流制御による省ガスプロセス開発を行った
- ・プラズマエッチングとプラズマスパッタについては、プラズマ電源と冷却器、ウェハ搬送ユニット、リアクターの小型化を行い、ミニマル管体に収まる実動機を開発した。
- ・ミニマルファクトリー技術（局所クリーン化搬送系、ミニマルシャトル、装置制御システムなど）の実用化と仕様の共通化を進めた。

5-(1)-② 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

【第3期中期計画】

- ・製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術、及び機器及びシステムの摩擦損失を20%以上低減させる表面加工技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・焼成炉用等の断熱材の高温断熱性能向上のため、高気孔率多孔質材（気孔率90%以上）の高温での輻射や伝熱を抑制できる気孔形態制御技術を検討する。高性能断熱中空ユニットや容器を高温域での熱マネジメント用部材として展開することを目指し、熱マネジメントシステムとそれに必要な材料や部材の特性について調査を行う。摩擦低減化技術開発においては、基板のマイクロパターンの最適化のため、ストライプもしくはランダム構造を有するナノパターンの形成を試みると共に、円筒内壁へ形成したナノストライプ構造の摩擦特性評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・高気孔率多孔質材（気孔率90%以上）において、高温での輻射や伝熱を抑制する気孔形態を設計しモデル部材でその形態制御に成功した。高温域での熱マネジメント用部材として700℃での熔融塩蓄熱容器を想定した素材探索をおこない、アルミナが適用可能であることを見いだした。摩擦低減化技術開発においては、ミクロレベルのランダムな構造上への積層成膜により摺動表面に良好なナノパターンを形成することに成功した。また、円筒内壁ナノストライプの耐久性評価を実施し、さらなる密着性の向上を必要とすることが明らかとなった。

5-(1)-③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

【第3期中期計画】

- ・固体酸化物形燃料電池や蓄電池用の高性能材料、部材及びモジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて1/2以下の体積や重量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・電気化学セル間等の接続技術やガスシール技術の高度化により、低温域で発電・電解のリバーシブル作動が可能な高付加価値ハイブリッド形電気化学モジュール等の製造技術を開発する。また、高電位チタン酸化物系負極部材をはじめとする高容量電極材料の特性改善を行うと共に、新規固体電解質材料、常温付近で高速で作動する全固体型蓄電池技術等を開発する。さらに、MOD法超電導薄膜製膜デバイスにおける臨界電流密度(Jc)や膜厚向上技術等を検討すると共に、AD法

を用いた色素増感太陽電池の光電変換性能向上を図る。

【平成25年度実績】

- ・マイクロ燃料電池等の接続技術として、ガスシール性を有し接続抵抗値を0.5Ω以下に抑えるセラミック集電シール接続技術を開発し、従来の金属集電に代わるモジュール化技術を見出した。また、高電位チタン酸化物系負極材料の特性改善を行い、250mAh/g までの高容量化に成功した。常温でのイオン伝導性が高い反面、焼結性に課題があったガーネット系酸化物電解質のシート化技術を開発し、蓄電池作製への応用を進めた。AD 法により、世界トップクラス（変換効率8%）となる樹脂フィルム上への色素増感太陽電池作製に成功した。

5-(1)-④ レーザー加工による製造の高効率化

【第3期中期計画】

- ・自動車製造工程等に適用できるタクトタイム1分以内を実現する炭素繊維強化複合材料等のレーザー加工技術の開発、及び従来のフォトリソグラフィ法等の微細加工技術に比較して30%以上の省工程・省部品化処理が可能なオンデマンド加工技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・炭素繊維強化複合材料の高品位、高速のレーザー加工技術に関して、切断プロセス制御因子の最適化作業をさらに進め、タクトタイム1分に相当する6m/分の加工速度実現に向けた詳細検討を行うとともに、レーザーオンデマンド加工法の適用範囲を広げるために、液膜レーザー反応法等を駆使した先端薄膜材料に対する微細加工の省工程・省部品化処理技術の研究開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・炭素繊維強化複合材料の高品位、高速のレーザー加工技術に関して、切断プロセス制御因子の制御の最適化並びに高出力レーザー装置を使用することで、3mm厚試料に対して目標に近づく最高4m/分の加工速度を実証することができた。また、レーザーオンデマンド加工の一つとして、CIGS 薄膜太陽電池の電池性能劣化を抑制できるレーザースクライブ手法を開発し、さらに液膜レーザー反応法に関する微細加工の省工程・省部品化処理技術の開発について検討を開始した。

5-(1)-⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

【第3期中期計画】

- ・機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。企業における有効事例を3業種以上構築する。

【平成25年度計画】

- ・前年度に開発した上流設計フレームワークおよびその構成ツールをさらに高度化するとともに、事例を通じてツールの有効性を検証する。具体的には、デザイン・ブレイン・マッピングツールの適用事例として、部品点数の多い複雑な製品（宇宙機器）へ適用し、上流設計における意思決定過程の表現方法として不足機能がないか検証する。一方、材料・製造プロセスの知見を上流設計において活用するための方法論については、モータ構成材料である電磁鋼板を取り上げ、分野横断的な知見を集約することの意義を検証する。

【平成25年度実績】

- ・デザイン・ブレイン・マッピングツール（DBM）を宇宙機器とモータ構成部材の電磁鋼板に適用し、ツール機能の有効性の検証を行った。前者においては、設計開発履歴文章や関連データから一連の意思決定を抽出することに成功し、DBM が上流設計過程の記録・表現ツールとして有効であることを確認した。後者においては、材料・部材・完成品の各レベルでの計測データや計算モデルを DBM 上で接続するソフトを開発することに成功し、DBM が分野横断的な知見の集約からの知識獲得や設計開発マネジメントにも有効であることを見出した。

5-(1)-⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

【第3期中期計画】

- ・製造プロセスの高度化及びそれを支える技能を継承するために、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率かつ低環境負荷な加工技術を開発する。成果を企業に導入し、顕著な効果がある事例を50件構築する。

【平成25年度計画】

- ・MZ プラットフォームの Web アプリケーション開発機能を拡充し、正式版として公開する。加工技術に関わる研究成果のデータベース化、テンプレート化によってデータ・ツールの拡充を進めるとともにオープン化に向けての調整・準備を行う。公設研や工業会、技術移転先企業等と連携してセミナーや講習会を開催し、ものづくり支援ツール及びそれらをベースとしたツールの企業への導入を進める。また、ツール利用者相互の情報交換を促進するため、Web を始めとする情報インフラの整備と組織体制の整備を行う。

【平成25年度実績】

- ・Web セッション管理および画面遷移に関わる課題を解決した結果、平成25年6月リリースの MZ プラットフォーム Ver. 3.0より、Web アプリケーション開発機能を正式版として公開することができた。MZ プラットフォーム版加工テンプレートの仕様検討を行い、

試作版を作成した。公設研との共催でセミナーおよび講習会を開催したほか、地域のソフトウェア協同組合によるものづくり支援ツール関連事業の立ち上げに着手した。また、ツール利用者向けの新版 Web ページを作成し、所内での試験運用を開始した。

5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進

【第3期中期計画】

各種産業の基幹となる高付加価値化学品等の持続的な生産、供給を実現するため、製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化等を実現するプロセス技術の開発を行う。具体的には、精密合成技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等の開発を行う。

5-(2)-① 環境負荷物質の排出を極小化する反応、プロセス技術

【第3期中期計画】

- 酸化技術、触媒技術、錯体・ヘテロ原子技術、ナノ空孔技術、電磁波技術等を用いることにより環境負荷物質排出を極小化し、機能性高分子材料、電子材料、医薬中間体、フッ素材料等を合成するプロセス技術を開発する。特に、反応率80%以上、選択率90%以上で目的製品を得ることができる過酸化水素酸化プロセス技術を開発する。また、触媒開発においては、触媒の使用原単位を現行製造法の20%以下にする技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 過酸化水素酸化プロセス技術開発について、高機能電子材料原料であるグリシジルエーテル誘導体を反応率80%、選択率90%で合成するプロセス開発を行う。イリジウム原料として酢酸イリジウムを用いる有機 EL 燐光材料の合成法について、従来の青色から緑色燐光材料への適用を検討する。また、高機能有機ケイ素部材用触媒開発について、水素を用いずに非対称シロキサン構造を非水条件で形成する触媒技術を開発する。

【平成25年度実績】

- 過酸化水素酸化に関する新規触媒を検討することにより、これまでよりも効率的なプロセスを開発し、グリシジルエーテル誘導体の合成法として反応率90%、選択率90%を達成した。酢酸イリジウムを用いる有機 EL 緑色燐光材料の合成法を検討し、緑色燐光材料である1,2,4-トリアゾール錯体を収率60%で合成することに成功した。また、高機能有機ケイ素部材用触媒開発について、水素を用いずに非対称シロキサン構造を非水条件で形成する触媒反応を見出した。

【平成25年度計画】

- 新たなポリマー型配位子を開発し、これを用いて触媒の固定化を試み、廉価金属触媒を用いる機能性リン類の2000トン/年程度の製造プロセスを開発する。また、光学活性リン類を大量に製造する方法の開発や光学リン類を用いる新規不斉合成反応の開発を行う。さらに、ヘテロ原子の特性を活かす機能性電子材料の開発を行う。

【平成25年度実績】

- ホスフィン化合物を化学結合で高分子の骨格に固定させることにより、新しいポリマー型リン配位子を開発した。このポリマー型リン配位子にニッケル錯体を作作用させたところ、ポリマー型ニッケル触媒が高収率で得られた。得られた触媒は、付加反応に高い触媒活性を示し、2000トン/年製造プロセスへの適用可能性を示唆した。一方、リン上に光学活性中心を持つ P(O)H 化合物が、塩基性条件下で異性化により不斉合成できることを見出した。また、ビニルリン化合物が Li 二次電池の高温安定性向上に有効であることを見出した。

【平成25年度計画】

- 遷移金属錯体などの均一系触媒を dendritic シリカに固定化することで、触媒のリサイクル性や触媒活性の向上を図り、二酸化炭素などの小分子の付加反応による各種ヘテロ環化合物の合成プロセスにおける触媒の使用原単位を従来比25%以下にする。

【平成25年度実績】

- 水中での二酸化炭素を用いたプロパルギルアミンのカルボキシル化-環化反応による2-オキサゾリジノン合成において、最外層にポリエチレングリコール鎖を導入した両親媒性 dendritic 支持体に含窒素複素環カルベン-金錯体を固定化した触媒を用いたところ、両親媒性化に伴う触媒活性の向上により従来触媒に比べて触媒使用量の低減及び触媒の再利用が可能となり、触媒の使用原単位を従来比で25%以下にすることに成功した。

【平成25年度計画】

- フッ素系発泡剤やエッチング剤等の製造における触媒反応等の効率化を図るとともに、他のフッ素材料合成への応用を検討する。新たな冷媒の開発に向け、候補化合物の大気寿命評価に必要な OH ラジカル反応速度を測定し、温度依存性を明らかにするとともに、分解生成物の解析を行う。混合系冷媒について、既存の不燃性冷媒も含め、様々な温湿度条件における燃焼性評価とこれらの熱分解生成物の評価を行う。

【平成25年度実績】

- フッ素系発泡剤等の製造について、金属フッ化物触媒等を活用した新規合成ルートを用いて反応を高効率化

するとともに、他のフッ素材料合成への応用として高温ヒートポンプ用冷媒の開発に着手した。新たな冷媒の開発に関しては、5つの候補化合物について OH ラジカル反応速度の温度依存性を確認し、それに基づく大気寿命評価と分解生成物解析を行った。混合系冷媒の燃焼性評価については、R-1234yf 等混合系の燃焼限界の湿度依存性評価等を行った。さらに、新規冷媒の熱安定性評価について流通法による熱分解挙動を解明した。

【平成25年度計画】

- 機能性高分子材料や電子材料等について、複数のモデル化合物を対象として化学材料評価手法の開発を行う。耐久性評価においては、酸化技術や大気化学技術等の知見を取り入れた独自の加速劣化試験法の開発を目指し、劣化活性種の検出や耐久性指標の検討を行う。材料評価においては、モデル化合物を用いて劣化材料の一次構造及び高次構造評価を行い、劣化機構の提案を試みる。素材開発においては、耐久性評価及び材料評価結果を反映した設計指針の検討を行う。

【平成25年度実績】

- 耐久性評価においては、有機薄膜太陽電池の p 型半導体モデル材料のポリチオフェンについて、酸素活性種による低分子量化を指標とした加速劣化試験法を考案した。材料評価においては、MALDI-TOFMS 法等によりポリチオフェンの劣化構造に関する知見を得た。また陽電子消滅法等により、PET フィルムに関する分子鎖切断による結晶化や非晶分子間相互作用を含む新たな劣化機構を提案した。素材開発においては、有機半導体界面構造の安定性を制御しうる新規材料を提案し、有機薄膜太陽電池の耐久性向上に向けた検証を開始した。

5-(2)-② 化学プロセスの省エネルギー化を可能とする分離技術

【第3期中期計画】

- 化学プロセスの省エネルギー化の実現に資する膜分離、吸着分離等の技術を開発する。具体的には、膜性能の向上、膜モジュール技術の開発、膜分離プロセスの設計を進めることにより、蒸留等を用いた現行プロセスの消費エネルギーを50%削減できる膜分離技術を開発する。また、ナノ多孔質材料の細孔表面の修飾や有機材料等との複合化、細孔の配向性制御、吸着特性評価等の技術を開発し、従来比25%以上の省エネルギー化が可能な産業分野用吸着分離プロセスを開発する。

【平成25年度計画】

- 分子ふるい炭素膜による化学原料の脱水精製について、実験で得られた結果をもとに分離精製プロセスのシミュレーションを行い、所要エネルギーや分離性能等を

試算する。さらに、従来の蒸留法による分離精製プロセスと比較検討することにより、膜分離プロセスの利点を明らかにする。また、新規膜素材として金属有機構造体に着目し、これを活かした分離膜を作製する際の重要因子を抽出し、低分子ガスに対する分離性能向上の指針を得る。

【平成25年度実績】

- イソプロパノールの脱水で優れた性能を示した分子ふるい炭素膜の実験結果をもとに、イソプロパノール製造プロセスのシミュレーションを行ったところ、膜の分離係数は100000以上で分離精製に必要なエネルギーは0.1MJ/kg との結果が得られ、従来の蒸留法と比較すると90%以上のエネルギー削減が達成可能であることが明らかになった。また、新規膜素材である金属有機構造体を用いた分離膜の作製について、原料溶液濃度と濃度比が低分子ガスの分離性能向上における重要因子であることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- 水蒸気吸着剤については、泳動電着法によるローター形成手法の高度化や細孔表面の親水性/疎水性等の評価に取り組む。また吸脱着速度の検討を行い、実プロセスでの吸着剤利用割合を検討する。ほう素吸着剤については、流通式吸着プロセスでの実用性評価を行い、ベンチスケールでほう素除去プロセスの評価を行う。また、溶剤回収における脱水について、既存の蒸留と吸着をハイブリッド化したプロセスの省エネ性について検討する。

【平成25年度実績】

- 水蒸気吸着剤の泳動電着法によるローター形成手法の高度化では、吸脱着速度と吸着剤利用割合が従来法よりも増加することを示した。細孔表面特性については、低い相対圧からの吸着等温線測定が親水性/疎水性評価に有効であることを示した。ほう素吸着剤は、流通式プロセスの評価から従来比2倍以上の性能となることがわかったため、ベンチスケール評価は行わず実プロセスの概念設計を行った。溶剤回収プロセスについては、蒸留と吸着のハイブリッドプロセスの省エネ性を試算し、従来比で40%以上の省エネが可能であることを明らかにした。

5-(2)-③ コンパクトな化学プロセスを実現する技術

【第3期中期計画】

- 高温高圧エンジニアリング技術、マイクロリアクター技術、膜技術、特異的応用場利用技術等を用い、有機溶媒の使用を抑制したプロセスや、適量分散型で短時間に物質を製造できるプロセス技術を開発する。特に、機能性化学品を合成する水素化反応において、有機溶媒を用いず、従来法に比べ150%以上の反応効率を達成する。

【平成25年度計画】

- ・フラン類の水素化反応によって香料原料や樹脂原料を合成するため、水、二酸化炭素ならびに高活性触媒を用いることにより、フルフラールの水素化触媒反応プロセスにおいて、有機溶媒を用いずに従来法に比較して150%以上の反応速度を達成する水素化触媒反応系を開発する。

【平成25年度実績】

- ・環境負荷を低減する特異的反応場利用技術として、有機溶媒の代わりに水と二酸化炭素を溶媒として利用した高性能の触媒反応系を構築した。実例としてフルフラールの水素化触媒反応プロセスを開発し、従来法に比較して160%の水素化反応速度を達成し、樹脂原料や香料原料等に利用されるテトラヒドロフルフリールアルコールを選択的に合成することに成功した。

5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術

【第3期中期計画】

- ・微生物や酵素を利用したバイオプロセスは、化学プロセスに比べて反応の選択性が極めて高く、高付加価値化合物の効率的な生産が可能である。バイオプロセスの広範な活用とバイオものづくり研究の展開のため、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子の高機能化とバイオプロセスの高度化技術、設計技術及び遺伝子組換え植物の作出技術の開発と密閉式遺伝子組み換え植物生産システムの実用化を行う。

5-(3)-① 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明 (I-3-(1)-②へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・変異16S rRNA を保持した変異大腸菌ライブラリーの規模の拡大を行う。昨年度に引き続き、レポーター遺伝子の発現向上をもたらす16S rRNA の取得と体系化を図る。その他にも、有機溶媒耐性や生育温度依存性の変化した株など、様々な表現型変化をもたらす16S rRNA を分離する。

【平成25年度実績】

- ・GFP をレポーターとした16S rRNA 変異型大腸菌ライブラリーをスクリーニングし、野生型大腸菌では発現効率が低い塩基配列を有する GFP の発現向上を促す16S rRNA 配列を取得した。また、環境 DNA の多様化により、大腸菌16S rRNA の遺伝子欠損を相補す

る外来16S rRNA 遺伝子の相補域を δ -プロテオバクテリア由来16S rRNA にまで拡大可能であることを見出した。さらに、37°Cでの生育に優れた変異株や45°Cでの生育に優れた変異株も同定し、それぞれの16S rRNA 遺伝子配列を決定した。

【平成25年度計画】

- ・酵母による機能性脂質生産系において、酵素活性の高い N 末端欠失 DGA1 を発現させて脂質含量を増加できる株の探索・解析を行う。高度不飽和脂肪酸合成系の律速段階の $\Delta 6$ 不飽和化の生産性向上に適した界面活性剤の選択を行うとともに、機能性脂質リシノール酸等の脂肪酸の生産に関与する新たな因子の開発を行う。また、グリセロール誘導体から得られたケテンアセタールモノマー (2-メチレン-1,3-ジオキサン-5-オン) のラジカル重合を検討し、植物繊維との親和性に関与するイタコン酸誘導体の化学構造因子を解明する。

【平成25年度実績】

- ・変異 DGA1 を酵母 *dga1* 破壊株に発現させ、脂質含量45%の高い脂質蓄積性株を得ることに成功した。また、 $\Delta 6$ 不飽和化の生産性向上に、界面活性剤 Tergitol NP-40 と Tween60 が適していること、酵母 TG lipase の破壊により脂質含量とリシノール酸生産量が増大することを見出した。さらに、2-メチレン-1,3-ジオキサン-5-オンをラジカル開始剤と加熱すると、重合してポリエステルケトンが生成すること、中程度の側鎖長をもつポリイタコン酸エステルが植物繊維複合材に適することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・新たな微生物由来の有用因子探索を目的として、水生植物根圏に生息する未知微生物群を探索し、これらの微生物群の根圏付着特性ならびに水生植物に対する生育増進効果ならびに生育促進因子について解析する。

【平成25年度実績】

- ・多様な水性植物から新しい根圏微生物を100株以上取得しライブラリー化した。また世界で1例しか報告の無い「水生植物の成長を促進する根圏微生物 (PGPR)」を探索し、門レベルの新規細菌 *Armatimonas rosea* が新規 PGPR であることを明らかにした。さらに、既報の微生物よりも成長促進効果の高い新規 PGPR を3株取得し、これらの PGPR が成長促進効果だけでなくクロロフィル含有量を増大させる効果があることも明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に同定された、微細藻類遺伝子群の機能を元に、トリグリセリド代謝経路・合成経酵素遺伝子群の抽出を行う。さらに、抽出した遺伝子群がコードす

る酵素群のトリグリセリド代謝・合成経路上での位置を明らかにし、オイル蓄積に関与する遺伝子群を推定する。

【平成25年度実績】

- RNA-seq データの GSEA 解析により、海洋微細藻類において特異的に発現が上昇している遺伝子群を同定し、グルコースからトリグリセリド合成のパスウェイの推定を行った。推定されたパスウェイは既存の DB では登録されていないものの、データの精密解析により明らかになった。また、全ゲノム解析と発現解析を組み合わせ、海洋微細藻類の代謝経路全体において活性化している部分の推定を行った。

【平成25年度計画】

- 有用微生物を利用した効率的な物質生産システムの構築を目指し、次世代シーケンサーで産出されるゲノム配列の解析基盤技術を開発する。様々な微生物ゲノムに対して汎用的に応用できるアセンブリパイプラインや遺伝子自動アノテーションシステム等の開発を行う。

【平成25年度実績】

- 昨年度に引き続き、ゲノム配列の解析基盤技術の開発を行いつつ、企業との共同研究により、醤油麹 *A. sojae* のゲノム解析を行った。次世代シーケンサーによる全ゲノムシーケンスと RNA-seq 解析結果を用いて解析を実施し、醤油麹のゲノム構造を従来よりも大幅に高い精度で解明することに成功した。この成果について、ゲノムデータベースを構築して公開する準備を開始した。

【平成25年度計画】

- 低温適応微生物の利用および共生系微生物の機能解析を行う。
 - 南極産菌類を用いて室内実験の結果を踏まえ、安価な大量培養法によって菌を大量に調整し、現場の排水処理設備へ適用する。
 - 動物腸内における微生物叢の群集構造解析とその機能を明らかにする。特に、害虫の農薬耐性化を引き起こす腸内微生物がどのような分子メカニズムで害虫に感染するのかを明らかにする。

【平成25年度実績】

- 南極産菌類を安価な大量培養法によって大量に調整し、現場の排水処理設備へ適用したところ、投入4および8ヶ月後に生残が確認され、夏場の比較的高い温度下においても生残性があることが分かった。
- ホソヘリカメムシおよび魚類のモデル系であるメダカの腸内細菌叢を調査し、その実態を明らかにした。カメムシ共生細菌のポリエステル合成機能が共生に重要な役割を果たすことを明らかにした。害虫に農薬抵抗性を賦与する共生細菌のゲノムを解読した。

【平成25年度計画】

- 共生細菌 *Burkholderia* による殺虫剤耐性の獲得機構を明らかにするために、殺虫剤分解性および非分解性の複数の細菌株のゲノム解析をおこなう。ゾウムシ類の共生細菌 *Nardonella* の機能解析をすすめ、特にチロシンの合成および宿主への供給に関わる生物機能を解明する。

【平成25年度実績】

- ホソヘリカメムシ共生細菌 *Burkholderia* の全ゲノム塩基配列を決定した。ホソヘリカメムシ *Burkholderia* 共生系の分子機構に関して ポリエステル合成の関与などを明らかにした。クロカタゾウムシの人工飼料飼育系を駆使した生理実験を推進した。

5-(3)-② 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化 (I-3-(1)-③へ再掲)

【第3期中期計画】

- バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、培養条件を変更してトランスクリプトーム解析を行うとともに、糖鎖関連遺伝子を導入した酵母の遺伝子プロファイルを検討し、糖鎖の合成経路の改変を進める。また、植物の糖鎖関連遺伝子のクローニングを行い、有用物質の生産や *in vitro* での修飾への活用を検討する。

【平成25年度実績】

- メタノール資化性酵母において、メタノール誘導時に変動する遺伝子のトランスクリプトーム解析を行ない、タンパク質の発現向上に関与すると考えられる遺伝子候補の抽出を行なった。またマンノシダーゼ遺伝子を発現した酵母の遺伝子プロファイルを検討し、糖鎖の合成経路の改変に有用と考えられる遺伝子候補を同定した。植物の糖鎖関連遺伝子については、候補遺伝子を発現する植物を入手することが困難であったため、他大学と協力して遺伝子を探索することとした。

【平成25年度計画】

- 脂肪酸などの産業上有用な炭化水素系化合物について、優れた性質を有する他の生物種を代謝工学的に解析する。この結果を利用して、これらの優れた性質を人為的に脂肪酸の生産性を向上させた麹菌に付与すること等により、生産性の更なる向上を実現する。麹菌の人為的な遺伝子の高度利用に関して、目的とする条件における高強度発現を実現するための基盤技術を開発する。

【平成25年度実績】

- 細胞内に脂質を蓄積することが知られている糸状菌種について、ゲノム上の遺伝子構成や発現解析によるネットワーク推定などによって、脂肪酸などの脂質の高生産性に重要と考えられる遺伝子を予測した。また、麹菌で生産性が向上した変異株および酵母の脂肪酸を分泌する変異株の遺伝子発現解析を実施した。これらの知見に基づいて数十個の麹菌遺伝子を改変した変異株ライブラリを作製した。また、細胞内に蓄積された脂肪酸による生産制限の緩和と精製工程からの効率的な分離を目的として、脂肪酸を分泌生産するための基礎技術を開発した。

【平成25年度計画】

- 人工酵素開発のための方法論構築のため、人工耐熱性セルラーゼを題材に吸着ドメインのアミノ末端への融合効果の検討を行い高機能化に必要な基盤情報の収集を行う。また、好熱菌が持つ2糖分解関連酵素等の耐熱酵素2種の立体構造と反応機構の解明を目指す。

【平成25年度実績】

- 好熱菌由来の耐熱性基質吸着ドメインを耐熱性セルラーゼのアミノ末端側に融合した人工セルラーゼの開発を行った。二つのドメインを繋ぐリンカー長を伸ばすに従い徐々に活性も増加していき、調べた5種類のリンカー長の中では最長のリンカー（50アミノ酸）で野生型に比べ2倍の活性増強が見られた。また、キチン分解系に関与する耐熱酵素のうち、2種類のキトビオースデアセチラーゼ（DAC）の結晶化に成功し、精密構造を明らかにした。

【平成25年度計画】

- 熱化学変換法による木質系バイオマスの糖化において、前段部分の水熱反応の再現性について検討を進める。具体的には、既存の連続反応装置を用いて水熱反応温度と残渣収率との関係を明らかにし、ヘミセルロース、セルロース由来のオリゴ糖成分を選択的に抽出する条件を提示する。また、水熱反応の際に生成するガス成分を極力抑制する方策についても検討する。

【平成25年度実績】

- 前段部分の水熱反応に関して、反応器を直接加熱せず予め熱した水を流すことにより（間接加熱）、熱分解を抑制し、再現性のあるデータを得ることが出来た。水熱反応温度の上昇に伴い、反応残渣量は直線的に減少し、300℃での残渣量は33wt%であった。この値は試料に含まれる酸不溶性リグニン量（29wt%）とほぼ同等であった。また、発生ガスの抑制については、水熱反応温度を段階的に昇温（250℃で一度保持、その後300℃に昇温）を行うことにより、発生ガス量を約半分（10wt%→5wt%）に抑えることに成功した。

【平成25年度計画】

- 日本国内の魚類と菌類が有する不凍タンパク質の天然物と遺伝子組換え物の両方について、様々な水溶液条件において分子構造の解析を行う。その結果に基づいて不凍タンパク質が結晶成長抑制機能や細胞保護機能を発揮するメカニズムを解析し、同不凍タンパク質を活用した医薬品やセラミックス多孔体などの高付加価値製品を作製する新たな技術を開発する。

【平成25年度実績】

- 日本国内に生息するカレイ類から不凍タンパク質の高純度精製品を取得することに成功した。同タンパク質はマウス睪巣細胞の細胞膜に吸着しその生存率を高めることを見出した。また、他の魚類不凍タンパク質が30℃の加温条件下で卵細胞に強く吸着しその生存率を飛躍的に高めることを見出した。同タンパク質の活性型と不活性型の分子構造を解析し、特定の結合水が前者の分子表面にのみ配置していることを見出した。また子囊菌由来不凍タンパク質の遺伝子組換え物は、氷結晶プリズム面の結晶成長だけを特異的に抑制することを見出した。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に開発した初代培養細胞の多機能計測装置は、ガラスによって絶縁された微小電極を用いる。そのため、電極はわずかな物理的衝撃によっても容易に破損し、頻繁に交換することが大きな課題となっている。そこで、衝撃を受けても破損せずに持続的に細胞解析可能な、新規な微小電極を開発する。

【平成25年度実績】

- 高分子樹脂を絶縁部に使用した微小電極を作製し、その安定性と性能を調べた。その結果、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）樹脂を絶縁体として使用した微小電極が、走査時の衝撃に対しても破損せずに持続的に使用可能であることを見出した。さらに PEEK 樹脂電極は、ガラス電極と同程度に電流計測可能であることも確認した。これらの成果を受けて PEEK 樹脂微小電極の作製技術を民間に技術移転した。

【平成25年度計画】

- P450vdh に続く有用酵素の高度利用に向けた研究の標的として、臨床診断に使用可能な酵素の高機能化を目指す。実際には、対象となる酵素を1-2種選別し、変異導入により高活性化や基質特異性の改変を目指す。

【平成25年度実績】

- 臨床診断に実用化されている酵素の高活性化を目指し、進化工学的手法による変異体発現ライブラリーを構築し、スクリーニングした結果、活性が2倍以上上昇した変異体の取得に成功した。同時進行で進めていた P450vdh の機能改変については、1アミノ酸変異により共役する電子伝達タンパク質との親和性が高まり、

結果として酵素活性を70倍以上上昇させることが可能になった。

【平成25年度計画】

- ・酵母発現系を用い、複数のタンパク質を発現できるシステムの利用研究を行う。具体的には、引き続き脂肪酸合成に関わる遺伝子をターゲットに、平成24年度に構築した発現プラスミドを有する遺伝子組換え酵母の脂肪酸を同定するとともに、4つ以上の酵素遺伝子を連結した発現プラスミドの構築を目指す。

【平成25年度実績】

- ・出芽酵母において、FMDV 2A region を用いたポリシストロニックな発現システムを確立するため、平成24年度に構築した3つの脂肪酸不飽和化酵素遺伝子を連結した発現プラスミドを有する遺伝子組換え酵母の脂肪酸の同定を行った。中間産物と思われる高度不飽和脂肪酸は同定できたが、目的の高度不飽和脂肪酸は同定できなかった。引き続き、3つの脂肪酸不飽和化酵素遺伝子を連結した発現プラスミドに3種の脂肪酸鎖長伸長酵素遺伝子を各々連結したプラスミドの作成を開始した。

【平成25年度計画】

- ・機能性新規化合物の調製とその利用研究を進める。糖鎖や糖ペプチド、生理活性天然物の部分構造などに着目し、それらを合成するに留まらず、新しい生理活性の探索と、利用研究などが展開される様指向する。例えば、化合物をナノ粒子上に固定化する、または異なる機能を有する化合物をハイブリッド化することで新たな機能発現や活性向上を誘導することを目指す。また、感染症や毒素検出系システムに展開して、簡便で定量性を有する感染症や毒素の検出キット開発へつなげることを目指す。

【平成25年度実績】

- ・特許を取得した多価シアル酸化合物をはじめ20種類程度の糖鎖について、新たに抗カビ活性に焦点をおき、活性発現部分構造の検討と有用化合物の絞込みを行った。また、天然物である Aurachin 類の類縁体を合成し、抗菌活性を保持した構造簡易型類縁体を見出した。しかしこの化合物をナノ粒子上に固定化したところ抗菌活性を失ったため、ナノ粒子の物性（粒径）をコントロールすることで問題の解決に取り組んだ。本年度は糖ペプチドについては検討を行わなかった。また、検出キット開発への展開までは至らなかった。

5-(3)-③ 遺伝子組換え植物作出技術と生産システムの開発

【第3期中期計画】

- ・植物生産システム等のグリーンバイオ産業基盤を構築し、実用化に目処をつける。そのために、遺伝子組換

え技術により植物の持つ物質生産機能を高めるとともに、転写制御因子の改変体モデル植物を全因子の90%程度（従来は25%程度）について作成して解析すること等により、新たな機能を付与する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・有用転写因子の探索と機能解析を行う。最先端 Pj では、ストレス耐性等の有用形質を獲得した系統を単離・解析するとともに、転写抑制機構関連因子のさらなる探索と解析を進める。ALCA Pj では、木質を形成しない変異体に転写因子を導入する実験を引き続き行うとともに、様々な生物のセルロース合成酵素など非転写因子遺伝子の導入も進める。ゴムノキ Pj では、ジャスモン酸応答の候補因子についてモデル植物での機能検討を進める。ゴムノキでのアレイ解析を進める。ゴムノキ形質転換系のアグロ感染を始めとした各種条件検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・酸性土壌、低肥料に耐性を付与する転写因子を各2種類以上単離した。最先端 Pj ではストレス耐性等の有用形質獲得植物を複数単離すると共に転写抑制機構の一端を解明した。ALCA では木質を形成しない変異体にセルロースのみ又はリグニンのみを二次壁を形成している可能性のある植物を見出した。ゴムノキ Pj ではモデル植物においてジャスモン酸応答制御の候補因子の機能解析を進め、ゴムノキでアレイデータを取得すると共にデータベース及び解析ツールを構築した。また GFP を発現する形質転換体を得ることに成功した。

【平成25年度計画】

- 1) CMV ベクターとアグロバクテリウム法を融合させ、従来の CMV ベクター単独より簡便で高発現可能な新規遺伝子導入法を開発する。
- 2) 抗ヒト腫瘍壊死因子抗体遺伝子発現タバコを用いて、プロモーターのメチル化と発現量の相関解析を実施、さらに、サブレッサーによるメチル化阻害を検討する。
- 3) 新設植物工場施設において、ワクチン及び生薬植物の高効率水耕栽培技術の検討を行う。

【平成25年度実績】

- 1) CMV アグロインフェクション法の基本システムを構築した。発現が葉脈に限定されたことから、高発現への改良が必要なことが明らかになった。
- 2) 抗体発現タバコの解析の結果、プロモーターのメチル化率と発現量の負の相関が明らかになった。また、薬剤添加により約30-50%程度脱メチル化可能な条件を確定した。
- 3) 新設植物工場施設において、ワクチン発現ダイズの水耕栽培試験を実施、完熟種子を得て収穫量等の解析を開始した。生薬植物においては、播種用根茎を株あ

たり約100本まで増殖させることが出来た。

5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術 (Ⅲ-2-(3)へ再掲)

【第3期中期計画】

- 産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム (MEMS) 製造技術の開発を行う。具体的には、高性能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献する MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

5-(4)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【第3期中期計画】

- 高性能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 大面積の MEMS 作製に対応可能な低温低加圧プロセスによる接合プロセスおよびインプリントプロセスの高度化を図り、自己組織化膜およびメッキプロセスによる低コストの金属パターン形成技術を開発する。また、MEMS を布状基材に埋め込むファブリック MEMS による大面積 MEMS センサの開発を行う。

【平成25年度実績】

- 低温低加圧の接合プロセスである表面活性化常温接合において、表面清浄化プロセスに用いる Ne 高速原子ビームには表面平坦化効果もあることを見出した。ポリミドのインプリント加工を低コスト、低温で行うため開発した光硬化型ブロック共重合ポリミドプロセスを改良し、パターン変形を4%に抑えること、この材料への3 μ m 幅の銅の微細埋込配線構造形成に成功した。大面積ファブリック MEMS センサ開発では、糸と糸の交差部の容量変化を検知する方式を構築した結果、検査対象物の材質に依存せず安定的に圧力変化をセンシングできた。

5-(4)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【第3期中期計画】

- 安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電

力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するためのシステム技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 無線センサ端末の感度向上と低コスト製造のためのフレキシブルな MEMS コンポーネント加工技術を開発する。新たな多値化技術により微弱電波通信距離を2倍以上にすることが可能な通信 LSI と、MEMS 電力センサを開発し、小型の通信機能付きセンサチップを試作する。製造現場等の消費エネルギーを10%削減するため「省エネ対策の個別性」を考慮した電力プロファイリングシステムを開発する。具体的には環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを適切に判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作する。

【平成25年度実績】

- ファイバー型 MEMS コンポーネント製造技術に関して、異種材料電極によるセンサ作成技術および従来比約10倍の高スループット低コスト露光プロセスを開発した。低消費電力多値化技術により、微弱電波通信距離を2.7倍にし得る通信 LSI と、MEMS 技術を用いたフレキシブル電力センサ、及び3.9mm 角の通信機能付き温湿度センサチップを実現した。環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを“機能/電力”の観点より判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作し、社会実験によりその有用性を検証した。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

【第3期中期計画】

- 各種産業プロセスから発生した環境負荷物質の高効率処理及び浄化と環境修復に貢献する技術の開発を行う。具体的には、水や大気等に含まれる微量重金属や残留性有機汚染物質 (POPs) 等、低濃度の環境負荷物質を高効率に処理可能な選択的吸着技術、触媒技術の開発を行う。また、太陽光、植物や微生物等の自然界の能力を利用、強化し、低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトにも適用できる高効率、低コストな浄化、修復技術の開発を行う。

5-(5)-① 環境負荷低減を目指した浄化技術の開発

【第3期中期計画】

- 水や大気に含まれる低濃度の環境負荷物質を、従来比で最大4倍の総合処理効率 (処理能力/エネルギー消費) で処理可能な浄化技術を開発する。具体的には、ナノ空間材料や特殊反応場を利用した選択的吸着技術、触媒技術等を活用して、反応選択性や効率の向上を図

る。また、残留性有機汚染物質（POPs）等難分解性物質を焼却によらずに完全に無機化できる反応技術、さらには有価物への変換技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 特殊反応場を利用した VOC 分解では、多様なゼオライトの触媒活性を評価する指標の確立を目指し、Si/Al 比、担持金属の種類と形状が触媒活性に与える影響について検討する。また、レーザーと分光学的手法を駆使し、プラズマ中に生成する反応活性種の挙動及び定量化を進める。膜状など様々な形態のグラフェン複合体や吸着剤を開発し、種々の有機性汚染物質の処理効果を検討する。テンプレートを用いてマクロポーラス材料を製造する際にブロックコーポリマー等を添加し、炭素壁の厚さ等微細構造制御の手法を開発する。

【平成25年度実績】

- 特殊反応場を利用した VOC 分解触媒の開発では、ゼオライトの Si/Al 比を小さくし銀をナノ粒子で担持した触媒が有効であることを示した。レーザー分光計測による触媒近傍の放電プラズマ中に生成した活性種の解析から、反応促進に有効な電源方式を明らかにした。交互積層法により吸着促進型光触媒能を有するグラフェン・チタニア複合体を開発し、有機色素汚染物質に対する処理効果を確認した。ブロックコーポリマーを利用し、高比表面積・高気孔率、かつ炭素壁微細構造が制御された階層的マクロポーラス炭素材料の合成に成功した。

【平成25年度計画】

- 環状分子吸着材については、新たに、水中のにおい物質に対する適用性を検討する。ナノシート吸着剤については、担体と LDH（層状複水酸化物）ナノシートの複合材の製造法について引き続き検討するとともに、各種イオンに対する吸着能を評価する。マイクロナノバブルについては、実機を用いた性能試験により、硫酸過水を代替する技術を実証する。

【平成25年度実績】

- 環状分子吸着材については、代表的な水中のにおい物質であるジオスミンの吸着除去率を測定し、g-CD ポリマーで99%以上の値を得た。ナノシート吸着剤については、ゲルを用いた担体と LDH（層状複水酸化物）複合材の製造法を開発し、粉体での陰イオン（硫酸イオン、リン酸イオン等）吸着性能を維持したまま、ハンドリングと後処理での固液分離を容易にした。また、超純水とオゾンマイクロバブルを用いたフォトレジストの除去技術に関して、従来技術と比較して処理時間を1/2以下に短縮できることを実証した。

【平成25年度計画】

- 酸化チタン光触媒結晶表面上の過酸化水素と分子状酸素及びこれらから生成される水分子量が触媒活性に及ぼす影響を説明できる反応機構を検討する。新規光触媒材料の開発では、窒化炭素の触媒作用を活性化する方法、特に一度に大量の窒化炭素を活性化できる方法を開発する。

【平成25年度実績】

- 照射下の酸化チタン光触媒結晶表面上で過酸化水素の濃度とともに吸着水分子の増加が観察されたことから、光触媒活性と吸着水分子の生成量に相関があることを見出した。反応機構の一つとして固体表面上で酸素分子が過酸化水素を経由して水分子を生成する経路を確認した。新規光触媒材料の開発では、10倍量の窒化炭素を処理でき、重量当たりの可視光触媒活性を5倍に向上させるアルカリ還流法を開発した。

【平成25年度計画】

- 代替フロン HCFC の加水分解に最適な水酸化物イオン濃度範囲等の反応条件を決め、加水分解による HCFCs の省エネルギー処理システムを提案する。代替フロンに関しては、フッ素系新規冷媒等の水溶性と加水分解反応速度等を評価する。CO₂を有価物へ変換する多核金属錯体触媒の反応機構に関しては、米国および国内研究機関と共同研究を実施し、超分子多核金属錯体触媒の構造と電子移動速度および反応効率の相関を明らかにする。

【平成25年度実績】

- HCFC の加水分解が水酸化物イオン濃度よりも物質移動速度に依存したので、温水を高速攪拌する省エネルギー処理システムを提案した。5-80℃の温度範囲でフッ素系新規冷媒の加水分解実験等を行い、加水分解速度の上限値と水溶性を表すヘンリー定数を決定した。CO₂光還元活性を持つ2核金属錯体触媒について、米国研究機関との共同研究で高速赤外分光測定等を行い、反応初期における錯体ユニット間の電子移動速度を評価し、高活性な触媒では10⁷s⁻¹以上であることを明らかにした。

5-(5)-② 自然浄化能の強化による環境修復技術の開発

【第3期中期計画】

- 太陽光や植物、微生物等の自然界が有する環境浄化能力を促進、拡大強化することにより、環境負荷が少なく、オンサイトでも利用可能な土壌、水、空気的环境修復技術を開発する。例えば、これまで困難であった低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトの低環境負荷型浄化、修復を可能とするために、既存法に比べて除去コストを1/4に縮減する浄化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・土壤中 VOC の処理システムでは、実際の太陽光を用いて反応が効率的に進む材料開発並びに反応解析を実施する。水中有害物質の太陽光処理では、東南アジアの国々における水質調査を行い、ソーラーリアクターシステム導入の可能性並びにその導入に必要な条件の抽出を行う。アルデヒド類について、雲粒、エアロゾルや土壌等の表面水の関わる反応速度や分配係数等を室内実験と理論計算により決定し、それら環境中変換過程を定量評価する。

【平成25年度実績】

- ・土壤中 VOC の処理システムでは、太陽光並びに人工光源を用いた実験を行い、標準光触媒と同等の70%以上のトリクレン除去効率を出すことのできる材料を見出した。水中有害物質の太陽光処理では、タイ北部農村地域の水源地並びに汚染レベルの調査結果からソーラーリアクター設計に必要な因子の抽出（流路長さ、流速、プレフィルターの有無等）を行った。室内実験によりアルデヒド類の分配係数等を決定した。また、理論計算により反応速度等を求め、雲等の空気-水界面がペルフルオロカルボン酸生成に果たす役割を明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・環境微生物群による土壤汚染対策技術研究においては、重金属汚染サイトで浄化機能を担う金属還元微生物群を同位体追跡技術により同定し、その推定される生理学的性質から重金属類の低レベル毒性化、固定化の活性化手法を提案する。金属還元微生物の分離培養を行い、得られた純粋培養株の細菌学的諸性質を明らかにする。除染技術の研究においては、原子力発電所事故由来の放射能汚染状況に関し、その汚染区域内での空間分布測定を行うための高精度位置情報を付与する各種測定方法を開発すると共に汚染状態地図を作製する調査研究を行う。

【平成25年度実績】

- ・重金属汚染サイトで浄化機能を担う重金属還元微生物群を解析し、重金属還元微生物に電子供与体（酢酸）を与えることで重金属類（セレン）の還元が起こることを見出し、同手法による重金属の低レベル毒性化・固定化の可能性を示した。また、さまざまな土壤環境より新規な金属還元微生物を6株分離培養し、その生育特性を明らかにした。除染技術の研究では、3インチ四方の NaI 検出器により高効率マッピングが可能なことを見出した。この結果を受け、高精度な位置情報と線量の多寡をイメージングする装置を考案した。

【平成25年度計画】

- ・VOC 汚染環境のバイオレメディエーション（バイオオグメンテーション）を想定し、開発した網羅的モ

ニタリング技術や定量技術を複数の異なる汚染現場に適用する。また、網羅的モニタリングの結果より、高頻度で検出される病原菌近縁細菌群をリスト化する。また、バイオオグメンテーションに利用可能な VOC 等分解微生物の培養、同定を進める。それらの結果を基に、環境生態系影響評価の標準的プロトコルを作成する。

【平成25年度実績】

- ・外来微生物の野外使用における安全性評価手法（環境影響評価）の開発のため、開発した網羅的モニタリング技術をこれまでと異なるバイオレメディエーションサイト（バイオスティミュレーション）のモニタリングに適用した。遺伝子マーカーの探索のため、平成24年度に引き続きバイオオグメンテーションに利用可能な VOC 等分解嫌気性微生物の培養、同定と分離を進めた。平成24年度に引き続き、得られた遺伝子マーカーを汚染環境中（土壌・地下水）で定量的に検出できるリアルタイム定量 PCR のシステムの開発を実施した。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・グリーン・イノベーションにより持続可能社会を構築するためには、エネルギー技術をはじめ、科学と産業にかかわる安全性、環境影響等を正しく評価することが必要である。そのため、エネルギー関連技術にかかわるシナリオ等の評価を行うとともに、二酸化炭素削減のための技術及び取組の評価手法の開発を行い、二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。また、産業活動における安全性を向上させるために、ナノ材料に代表される新材料のリスク評価及び管理技術の開発、産業事故防止のための安全性評価及び管理技術、化学物質の最適管理手法の開発を行う。さらに、環境負荷物質のスクリーニング、計測技術の開発と物質循環過程解明を通じた総合的な環境影響評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

【第3期中期計画】

- ・持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるシナリオの分析、評価を行う。具体的には、環境と資源の制約を考慮し、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオの分析、評価を行う。さらに、国際的な連携を念頭においた国内外技術開発ロードマップや新規技術の適用性評価及び技術導入シナリオの策定を行う。

6-(1)-① 革新的なエネルギーシステムの分析、評価 【第3期中期計画】

- ・持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるシナリオの分析、評価を行う。具体的には、環境と資源の制約を考慮し、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオの分析、評価を行う。さらに、国際的な連携を念頭においた国内外技術開発ロードマップや新規技術の適用性評価及び技術導入シナリオの策定を行う。

【平成25年度計画】

- ・モデル分析を高度化して各種シナリオの検証を行うとともに、新技術の有効性評価、横断的技術の適用性評価を精緻化する。具体的にはエネルギー輸送や気候影響モデルの改良等を行う。水素等を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオ分析、評価を行う。中長期的な地球温暖化対策への貢献度に基づいた提言の策定を行う。また、国際機関との関連では、引き続き、国際標準化機構（ISO）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）、国際 CCS 研究所（GCCSI）等を中心にした活動に参画しつつ連携強化を図る。

【平成25年度実績】

- ・水素等を媒体としたエネルギーシステムの開発及び導入に関するシナリオ分析のツールとして、我が国の多地域エネルギーシステムモデルを開発し、エネルギー輸送システムの分析能力を改良した。モデル分析により、中長期的な地球温暖化対策への技術別貢献度を定量的に評価した。また、最新の環境影響評価モデルを反映することにより気候影響モデルの改良を実施した。国際標準化機構（ISO）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）、国際 CCS 研究所（GCCSI）等を中心にした活動に参画し、国際機関との連携を強化した。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

【第3期中期計画】

- ・二酸化炭素の削減や環境負荷低減のための様々な方策を評価する手法の開発を行う。具体的には、実態調査等に基づく、温室効果ガス排出原単位のデータ作成や消費者の行動等を解析し、削減率の定量化を行う。また、最適な社会と産業システムの設計を目指して、これら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、持続可能な社会の構築に資する技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(2)-① サステナブルシステム及び技術評価

【第3期中期計画】

- ・最適な社会と産業システムの設計を目指し、持続可能な社会に向けた各種の取組に対し、資源性、経済性、

社会受容性等の観点から技術評価を行い、これらの環境負荷削減量を定量化する。

【平成25年度計画】

- ・新規技術導入に伴う、再生資源を考慮した資源の利用可能性分析を行う。また、バイオ燃料等の再生可能エネルギーを導入したエネルギーシステムについて、需要と供給のバランスを考慮した環境負荷分析を行う。

【平成25年度実績】

- ・再生可能エネルギー起源の水素エネルギーキャリアおよび、バイオマス混焼発電の製造・輸送・利用を含むライフサイクル分析を行い、既存技術との比較から環境負荷削減につながる再生可能資源の利用条件を明らかにした。需要と供給のバランスを考慮した電力システムを模擬可能なモデルの開発を行い、環境負荷分析から将来の各種発電技術の導入時期と量を定量的に示した。

6-(2)-② 持続性指標の活用による低炭素社会システムの評価

【第3期中期計画】

- ・CO₂見える化等の指標を、消費者や企業の低炭素行動に結びつけるための手法を開発する。具体的には、カーボンフットプリント等の施策に関して、原単位データを作成するとともに、消費者の受容性や低炭素行動等を解析し、その二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。

【平成25年度計画】

- ・これまで開発してきたデータベースを活用し、消費者の行動と財の使用との関連付けを行い、行動ベースのCO₂排出量のデータベース化を行う。行動ベースのCO₂排出量情報を基にCO₂削減ポテンシャルの高い行動を抽出し、効率的な低炭素行動を整理する。

【平成25年度実績】

- ・開発してきた製品ベースのインベントリデータを用いて財と行動の関連付けを行い、家事行動を中心とした行動ベースの環境負荷データのデータベース化を実施した。家事行動の中で、CO₂排出量削減ポテンシャルの大きな行動の整理を実施した。加えて、開発しているデータベースおよび活用マニュアルの英語化を実施した。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

【第3期中期計画】

- ・今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指して、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行う。具体的には、新規技術の研究開発から製品化に至るプロセスに安全性評価を統合

するための方策の開発を行う。適用事例として、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価手法やばく露の計測及び予測評価手法の開発を行う。また、物理化学的特性やリスク評価結果を総合し、研究段階に応じたリスク管理指針を確立する。

6-(3)-① 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

【第3期中期計画】

- 今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指して、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行う。具体的には、新規技術の研究開発から製品化に至るプロセスに安全性評価を統合するための方策の開発を行う。適用事例として、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価手法やばく露の計測及び予測評価手法の開発を行う。また、物理化学的特性やリスク評価結果を総合し、研究段階に応じたリスク管理指針を確立する。

【平成25年度計画】

- 効率的な有害性評価の枠組み構築として、二酸化チタンナノ材料の体内動態モデルを構築し、モデルパラメータと物理化学特性の関係の統計的解析を行う。また、技術研究組合単層 CNT 融合新材料研究開発機構の事業として、事業者の自主安全管理技術について、開発した細胞毒性試験手順の妥当性検証と、作業環境での現場測定データを蓄積することによる手順書の更新を行う。また製品の切削時と摩耗時に飛散する粒子の計測データを蓄積する。NanoSafety ウェブサイトでは、重要な法規制動向についての情報発信を継続する。

【平成25年度実績】

- 二酸化チタンナノ材料の有害性と体内動態について分析及びモデル化と統計的解析を行った結果、表面処理などの物理化学的特性の重要性が示唆された。技術研究組合単層 CNT 融合新材料研究開発機構の事業として、カーボンナノチューブに関する「安全性試験の手順書」「作業環境計測の手引き」を公開してプレスリリースを行った。また、カーボンナノチューブの含有状態が異なる製品の切削時と摩耗時に飛散する粒子を計測した。NanoSafety ウェブサイトでは、重要な法規制動向について6件の記事を発信した。

【平成25年度計画】

- 研究段階にあるナノ材料について、これまでの調査結果をもとに、リスク管理のためのカテゴリ分けなどを検討する。

【平成25年度実績】

- 市販の酸化チタンや酸化ニッケルナノ粒子に関してカテゴリ分けに必要な物理化学特性の評価を進め、特にリスク評価に用いたカーボンナノチューブ試料につ

いては直径分布、長さ分布、濃度等について詳細なキャラクターゼーションを行った。更に、海外の最新レビューを中心に付加的な文献調査を行い、リスク管理のためのカテゴリ分けの指針を得た。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

【第3期中期計画】

- 産業活動における安全性を向上させるために、産業事故の原因究明に関する研究を行う。さらに、過去に起きた事故の情報収集とデータベース化を行うとともに、事故を未然に防ぐための安全文化（ヒューマンファクターや組織要因等）を醸成するための手法の開発を行う。具体的には、火薬類のフィジカルリスク低減や新型火薬庫に関する安全性評価の研究を行うとともに、爆発反応や衝撃波を衝撃圧縮に応用する研究を行う。また、実際の化学プラント等の事業所への適用を目指して、化学プラント等の産業事故データベースの作成と事故の分析を通して、事業所の持つ保安基盤技術とそれを支える安全文化からなる保安力の評価手法の開発を行う。

6-(4)-① 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

【第3期中期計画】

- 産業活動における安全性を向上させるために、産業事故の原因究明に関する研究を行う。さらに、過去に起きた事故の情報収集とデータベース化を行うとともに、事故を未然に防ぐための安全文化（ヒューマンファクターや組織要因等）を醸成するための手法の開発を行う。具体的には、火薬類のフィジカルリスク低減や新型火薬庫に関する安全性評価の研究を行うとともに、爆発反応や衝撃波を衝撃圧縮に応用する研究を行う。また、実際の化学プラント等の事業所への適用を目指して、化学プラント等の産業事故データベースの作成と事故の分析を通して、事業所の持つ保安基盤技術とそれを支える安全文化からなる保安力の評価手法の開発を行う。

【平成25年度計画】

- 火薬庫構造及び土堤に新規材料や工法を適用して、室内外爆発実験と数値シミュレーションにより、爆発影響低減化技術を開発し、保安距離等の見直しに資する。また、水素や可燃性冷媒の取扱い時の危険性評価、新規微燃性冷媒などの燃焼特性や最悪シナリオの着火条件時の燃焼爆発影響評価を行う。産業保安研究では、事故情報のデータベース化を継続し、事故分析手法 PFA (Progress Flow Analysis) の普及に努める。また、化学企業の保安力評価結果と安全コストや事故との関連性の分析手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・面積を半減した新規構造や水分量を変えた火薬庫土堤の室内外爆発実験や数値シミュレーションを行い、爆風圧や飛散物を評価して保安距離に影響しない結果が得られた。導管内を空気から水素に置換する工法を開発し取扱時の危険性を低減した。可燃性冷媒等の外部火災時の危険性を野外実験で評価した。微燃性冷媒の燃焼特性や漏洩時の自然発火特性を評価した。事故情報のデータベース化を継続し、開発経緯と事故分析手法 PFA を論文で発表した。保安力評価結果と事故原因との関連性分析手法を開発し、事故による企業価値の変化を分析した。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

【第3期中期計画】

- ・ある化学物質によるリスクを下げることで、別の化学物質によるリスクが増加する（リスクトレードオフ）事例に対応するため、化学物質の有害性、ばく露、対策の効果等を事前に予測するための技術の開発を行う。具体的には、化学物質の最適管理のための意思決定に資するため、多数のリスク因子を同時に考慮することを可能とするリスクトレードオフ評価手法を確立する。また、化学物質の発火及び爆発危険性評価技術の開発を行い、基準の作成等を行う。

6-(5)-① リスクトレードオフを考慮した評価及び管理手法の開発

【第3期中期計画】

- ・社会全体のリスクを適切に管理することを目的として、排出量推計、環境動態及びばく露モデリング、有害性推論、リスク比較等の要素技術を開発し、リスクトレードオフ評価及び管理手法を開発する。また、具体的な用途群へ適用する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度の室内空気の吸入に加えて皮膚と口を経由するばく露評価手法の開発を進めるとともに、事故等による突発的な排出に対応した大気と河川モデルの開発を開始する。ヒト健康および生態影響評価においては、毒性試験データの抽出と補正による有害性推定手法の適用範囲拡大を図る。多様なリスク評価解析においては、地震による日本全体のリスク評価を実施し、事故時漏洩による急性毒性の強い物質の影響を評価するばく露シナリオを構築するとともに、大気拡散モデルを用いて原発事故時の空間線量分布および避難範囲を推定する。

【平成25年度実績】

- ・短期ばく露対応の室内ばく露評価ツール iAIR ver. 1.2sβ を公開し、皮膚と口経由ばく露評価ガイドンス文書を作成した。従来より時空間高解像度の大気

と河川モデル試作版を完成した。暴露期間の相違からヒト健康への有害性補正、水質の相違から国内魚種への有害性補正の手法を確立し、推論手法の適用範囲を拡大した。生態リスク評価ツール MeRAM0.9.12を公開した。地震による建物全壊と死亡に関する災害リスク評価手法を確立し、急性毒性の強い化学物質と放射性物質について施設の事故時漏洩にともなう避難範囲を推定した。

6-(5)-② 爆発性化学物質の安全管理技術の開発

【第3期中期計画】

- ・化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成等を行う。

【平成25年度計画】

- ・化学物質の安全な取扱い技術の基準作成においては、平成24年度に発熱分解エネルギーの測定法の JIS 化が完了したため、主たる火薬類の熱分析を改めて計測し、RIO-DB において公開する。熱分析試験については継続して試験法の高度化を検討し、国連の委員会で成果を報告する。花火組成物についても国際的な標準化の動向に従い、試験法の検討を行う。化学物質の爆発危険性の現象解明については硝酸リサイクル時のプロセスの危険性評価および医薬中間体としての新規アジド化合物の危険性評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・制定した JIS に基づいて、50種類の主たる火薬類の熱分析を改めて計測した。RIO-DB での公開については、所外のクラウドに移植作業を行った。熱分析試験については継続して試験法の高度化を検討し、7月の国連 TDG/GHS 委員会で成果を報告した。花火組成物についても国際的な ISO 化の動向に従い、100種類の組成物の圧力発生挙動を取得した。硝酸リサイクル時のプロセスの危険性評価を行った結果、アンモニアが混入すると爆発危険性が高まることがわかった。新規アジド化合物の危険性評価を行った結果、希釈溶液の危険性は低いことがわかった。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

【第3期中期計画】

- ・産業活動に伴って発生する環境負荷物質のスクリーニング技術及び計測技術の開発を行う。また、環境修復技術に必要な物質循環過程を解明し、総合的な環境影響評価技術の開発を行う。具体的には、製品及び産業プロセスにおける有害物質の計測手法や環境修復技術に必要な環境微生物の迅速検出法等の開発を行う。産業活動によって直接又は間接的に発生する温室効果ガス等が、生物多様性や生態系内貯留等の環境へ与える影響を評価する技術の開発を行う。

6-(6)-① 環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発

【第3期中期計画】

- ・化学物質や重金属の国際規制に対応するため、製品及び産業プロセスにおける有害物質の迅速検出法を開発し、標準化を行う。また、生物応答に基づく有害性のスクリーニング技術を開発する。さらに、環境修復技術に必要な、分析効率（スピード、コスト、労力）を現状比5倍以上に向上させた環境微生物の迅速検出法を開発する。

【平成25年度計画】

- ・全有機炭素分析法では、平成24年度開発手法を基に水試料の連続分析装置を開発する。平成24年度までに開発したマイクロ波抽出-石炭中微量元素分析法の JIS 化に向け、ラウンドロビンテストを行い標準化に適する測定元素と石炭灰分の範囲を決定する。鉄鋼スラグと浚渫土による環境修復技術の評価では、海洋生物生育土壌環境における金属元素の挙動解明を行う。国際合同調査航海での検討結果をもとに外洋大気捕集装置を改良し、普及のために企業と共同で製品化を試みる。シロキサン化合物の水・大気中分析法の標準化研究を開始する。

【平成25年度実績】

- ・全有機炭素分析法は、有害な分解試薬を使用しない連続分析装置を開発し、有機系排水へ適用し、実用性が高いことを示した。マイクロ波抽出-石炭中微量元素分析法は、ラウンドロビンテストを行い測定元素と石炭灰分の範囲を決定し JIS 原案を作成した。鉄鋼スラグと浚渫土による環境修復技術の評価では、海洋生物生育土壌環境における10種の金属の土壌溶出挙動を明らかにした。外洋大気捕集装置の試作品四号機を外洋調査航海で検証し、製品化に必要な性能を確定した。ロキサン化合物の分析法の標準化研究を開始した。

【平成25年度計画】

- ・水銀測定では、土壌や地表面、大気中などの現場で利用可能とする参照素子と測定素子を組み合わせたオンサイト型測定システムの構築を行う。VOC ガス測定では、スチレン系重合膜や官能基の異なる多孔性材料による VOC ガスに対する応答性評価を行い、特に実用上重要な脱離速度については、現状の1/5以下である5分以内を目標に開発を行う。免疫センサでは、PDMS 製フローセル内で抗体固定化から免疫反応の工程をリアルタイムで実施できる条件を見だし、検出感度向上のためのセンサ上への高分子鎖導入の最適化を試みる。

【平成25年度実績】

- ・水銀測定では、カートリッジタイプの参照素子と測定素子による気相用センサの特性評価を行い、数 ppb

程度の濃度を測定可能であることを明らかにした。VOC ガス測定では、スチレン系重合膜やビフェニレン柱状構造を導入した多孔性材料を開発し、脱離時間5分で感度10ppm の安定な繰り返し測定を実現した。免疫センサは、フローセルによる抗体固定化から免疫反応を従来の1/2の時間で行えることが分かった。検出感度向上のための高分子鎖導入では、シラン系材料が高分子鎖の開始点としての材料に適していることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・遺伝子センシングに関しては、毒性遺伝学での役割解明のため、マイクロ RNA 測定用マルチセンサチップを開発し、簡便・迅速なマイクロ RNA の複数同時測定を可能とする。化学物質の生体影響を高感度に検出するため、人工発光酵素の光の長波長化を目指して改良を行う。ストレスホルモン可視化プローブを導入した ES 細胞を用いて、様々なストレスホルモン様化学物質の活性を評価する。ヒト細胞における化学物質高応答性の遺伝子群を3種類以上同定し、新規高感度バイオマーカー及び新規高感度細胞センサを開発する。

【平成25年度実績】

- ・複数種類の核酸認識プローブを配列したマルチセンサチップを開発し、毒性遺伝学で重要なマイクロ RNA 配列の、複数同時かつ配列選択的な同定に成功し、毒性評価技術の基盤技術としての有用性を見出した。化学物質の生体影響評価を高感度にてできる長波長の人工生物発光酵素を樹立した。酵素プローブ導入 ES 細胞から心筋組織を樹立し、ストレスホルモン様化学物質の活性評価を可能にした。ヒト細胞において化学物質高応答性の遺伝子群を6種を新規バイオマーカーとして同定し、これら遺伝子群を高発現させた細胞センサの開発に成功した。

【平成25年度計画】

- ・環境微生物濃縮用のマイクロデバイスのデザインを改良し処理できる溶液量を現在の100倍のサブ mL オーダーにする。環境微生物の MALDI-MS を利用した迅速識別法では、真菌試料の前処理技術を改良し、分析に必要な試料量を1/4にすることによってさらに迅速化を図る。また、識別システムの汎用性をさらに向上させるために、微生物標準株（基準株）のデータベース拡充を進める。

【平成25年度実績】

- ・環境微生物濃縮用の電気泳動型マイクロデバイスのデザインを改良し、処理できる微生物懸濁液量を0.2mL 程度までに増やすことに成功した。環境微生物の MALDI-MS を利用した迅速識別法では、必要な試料量を1/4にして真菌試料の破碎処理法の効率化を図り、基準株のデータベースを作成した。識別システ

ムの汎用性を向上させるため、農業環境技術研究所が系統保存している約400株の植物病原菌標準及び基準株のデータベースを作成した。

6-(6)-② 産業活動の環境影響評価

【第3期中期計画】

- ・地域、地球環境に対する産業活動の影響を適確に評価するため、温室効果ガス、エアロゾル、有害化学物質、生物多様性及び微生物活動の測定並びに吸収及び発生源推定の誤差を現状の50%以下とする技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・温室効果気体複数成分同時観測システムの改良を進め現場での観測を開始する。二酸化炭素吸収源、発生源分布の長期変動を解析するため逆問題解析の解析期間を2011年まで延長する方法を検討する。またエアロゾル中の重金属類に関して、九州北部における長距離輸送大気汚染寄与率を診断するインデックスを試作する。さらにエアロゾル粒子の単一散乱アルベドおよび複素屈折率に関する観測を行う。残留性有機フッ素化合物群の長距離移動性、寿命や変換過程等に関する環境分析データ及び物性データ等を蓄積し、全球的なモデル化を試みる。

【平成25年度実績】

- ・温室効果気体複数成分同時観測システムの除湿装置等の改良を進め現場での観測を開始した。逆問題解析の解析期間について解析に影響する要因を分析し延長可能であることを確認した。九州北部でのエアロゾル中の重金属類の長距離輸送寄与インデックスの一つとして、PM2.5中のPb/Zn等の組成比の有用性を確認した。天然のエアロゾルの温室効果に及ぼす影響を評価するため南氷洋上で光学的特性を観測した。北極海等で観測を行うと共に約10年間蓄積してきた海洋中の有機フッ素化合物群の分析データと物性データから全球的な挙動モデルを作成した。

6-(6)-③ 二酸化炭素貯留技術の環境影響評価（一部、別表2-2-(1)-②を再掲）

【第3期中期計画】

- ・二酸化炭素の海底地層貯留技術や海洋中深層隔離に必要な環境影響評価のため、二酸化炭素の漏洩や注入を想定した室内実験等により、微生物活性や炭素等の親生物元素の挙動等、物質循環の駆動にかかわる過程へ与える影響について評価手法を開発する。
- ・早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援す

る技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。

- ・圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たって考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に英国で実施された二酸化炭素漏洩実験において採取された堆積物試料の分析を行い、漏洩二酸化炭素がリンの循環に及ぼした影響について詳細に検証する。高圧環境における微生物評価試験を実海域試料に展開する。二酸化炭素海洋隔離と海底地層貯留の評価に加えて、沿岸生態系における炭素循環と二酸化炭素吸収能に関わる評価を行い、堆積物中における栄養塩、金属、有機物の挙動および関連する微生物代謝の解析を行う。以上の解析に新たにメタゲノム手法を導入し、遺伝子レベルで微生物群集の役割、影響を評価する。

【平成25年度実績】

- ・二酸化炭素の曝露による堆積物からのリンの放出量を評価したところ、英国で採取した試料では放出が無かった一方で、外洋域の試料では著しい放出が見られ、二酸化炭素漏洩の影響が海域ごとに大きく異なることを実証した。南太平洋観測航海に参加し、現場微生物を用いた高圧下での培養実験を実施した。沿岸生態系擬似現場実験では、二酸化炭素の吸収能に影響するリンの長期的な供給プロセスを実証するとともに、産業副生物の利用によって窒素代謝に関わる微生物群集の活性化が起こることをメタゲノム解析により見出した。

【平成25年度計画】

- ・CO₂地中貯留の安全性評価に係る要素研究を行う。
- 1) 米国サイトにてCO₂圧入時データを取得し、重力・自然電位等データ解析法の改良を目指す。既存の電気・電磁気データへの適用により、物理量変換プログラムを地質モデル改良に資するための整備を行う。
- 2) 砂泥互層遮蔽性能を室内実験等で検証する。ナチュラル・アナログ現象のヒストリーマッチングにより軟岩・断層の力学的変形を地質モデルに取込む手法の高度化を図る。
- 3) CCSリスク評価ツール構築で、リスクシナリオに基づく地中、海底・海中での物質拡散を評価する。

【平成25年度実績】

- ・米国サイトでCO₂圧入時モニタリングを開始し、解析法改良を検討した。物理量変換プログラムを多様な

地域特性に対応させるため、電気・電磁気ポストプロセスを改良した。また、室内実験等により砂泥互層のシール圧と浸透率の関係を明らかにした。軟岩・断層の力学・水理学的特性等ならびに地化学プロセスのデータ蓄積を継続し、高精度化モデルを用いたナチュラル・アナログ・モデル地域シミュレーションを実施した。さらに、CCS リスク評価ツールを用いて漏えい等のリスクシナリオに基づく地中、海底等での物質拡散を評価した。

6-(6)-④ 生態系による二酸化炭素固定能評価

【第3期中期計画】

- ・環境影響を最小限に抑えた、生態系内炭素貯留を可能とする、森林や海域内生態系の炭素固定メカニズムの解明とその強化方法、モニタリング及び環境影響評価技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・森林炭素固定能の評価のための環境情報システムについて、現地データの自動処理フローの構築を進める。地上観測コミュニティにおける標準的システムとするため、サブシステムのノウハウの共有や改良を進める。高山サイトにおける大気中酸素濃度の連続観測結果と、生理生態学的実験データから森林における酸素および二酸化炭素収支の解析を行う。同位体連続測定装置の改良を進め、長期観測に適した観測システムの構築を進める。高山サイトにおける森林炭素収支に関する多面的な統合解析を促進するために、国際ワークショップを開催する。

【平成25年度実績】

- ・森林炭素固定能の評価のための環境情報システムについて、各観測地の気象データの自動処理を開始するとともに地上観測コミュニティにおける標準的サブシステムのノウハウの共有や改良を進めた。高山サイトにおける大気中酸素濃度の連続観測データを解析し、生理生態学的実験データと合わせて大気-森林間フラックスにおける酸素、二酸化炭素収支を推定した。同位体連続測定装置について、長期観測に適した光学系の改良を進めた。高山サイトの森林炭素収支に関する国際ワークショップを開催し長期観測とそれを支える技術の重要性を確認した。

【平成25年度計画】

- ・海水中二酸化炭素関連パラメータである pH、溶存無機炭酸、アルカリ度の測定法について、沿岸域海水や堆積物間隙水など、濃度変動が大きく、試料の量が限られる場合に適した測定手法を開発する。試料量として数 ml 以下で pH 換算の測定精度0.1以下を目標とした手法を開発し、測定精度等を評価する。

【平成25年度実績】

- ・海水中二酸化炭素関連パラメータの小容量測定法を開発した。pH は小容量ガラスセルを用いることにより 1ml で精度0.005、全炭酸は小容量試料導入装置により、1.5ml で精度0.7% (pH 換算0.028)、アルカリ度は試料希釈測定により、3ml で精度0.4% (pH 換算0.015) を実現した。総合的に10ml 以下の小容量で、3種のパラメータ共に精度0.1 (pH 換算) 以下で測定可能となった。これらの成果により、採取できる試料量の限られる海底堆積物間隙水の二酸化炭素パラメータの測定を精度よく行うことが可能となった。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【第3期中期計画】

- ・ライフ・イノベーションを実現するためには、疾病や事故の予防、治療や介護支援の充実に加えて、健康で安全な生活を送りやすくすることが必要である。疾病を予防し、早期診断を可能とするため、生体分子の機能分析、解析技術等の開発を行う。疾病の革新的治療技術を実現するため、効率的な創薬技術の開発、先進的な医療支援技術の開発を行う。健康を維持増進し、心身ともに健康な生き方を実現するために必要な計測、評価技術等の開発を行う。また、社会生活の安全を確保するための情報通信技術 (IT、センサ) や生活支援ロボットの安全を確立するための技術開発を行う。

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

【第3期中期計画】

- ・国民の健康のために、疾病の予防や早期診断、早期治療、個の医療の充実が求められている。これらの課題を解決するため、細胞操作及び生体材料技術を応用した再生医療技術や先端医療支援技術、医療機器技術等の開発を行う。また、有用な新規バイオマーカーを利用して疾病の予防や早期診断を行うため生体分子の機能分析及び解析技術等の開発を行う。さらに、情報処理と生物解析の連携、融合により、安全性を保ちつつ開発コスト低減に資する高効率創薬技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

【第3期中期計画】

- ・組織や臓器等の機能を根本的に回復する医療技術である再生医療に資する細胞操作技術、人工臓器等に用いる材料技術や、治療の安全や効果の向上に資する医療機器にかかわる技術の開発を行う。また、これらの先端医療支援技術等の実用化に向けた基盤整備を行う。特に、安定かつ性質が揃った細胞の供給に資する iPS 細胞の作製効率を従来の約10倍 (現状1%以下を10%程度) に向上させる技術の開発を行う。

1-(1)-① 幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発

【第3期中期計画】

- ・骨、軟骨、心血管、膵臓等を生体組織レベルで再生する技術や神経ネットワークの再構成を促進する技術等を開発する。iPS細胞の作製効率の10倍程度の向上や新規な因子の探索、作製した細胞の評価技術の開発等により、創薬における医薬品の毒性評価や再生医療に必要な分化細胞や組織等を供給するための基盤技術や標準化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・糖タンパク質糖鎖未分化マーカーの実用化共同研究を進める。
- 1) 未分化細胞特異的マーカー (AiLec-S1) 関連特許の骨太化と製品キット開発を達成する。
- 2) 未分化性と糖鎖構造変化について解析し幹細胞生物学における糖鎖機能の一端を明らかにする。
- 3) 未分化マーカー検出システムの臨床現場への橋渡しを開始する。
- ・平成24年度後期から新たに参画した NEDO 関連プロジェクトにおいて、間葉系幹細胞の糖鎖解析を担当、参画機関との連携により、各種間葉系幹細胞の主要な性質 (分化指向性、増殖能) と関連付けられる糖鎖プロファイルの解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・未分化マーカーを特異的に検出するレクチンプローブ (AiLec-S1) の実用化研究を推進した。iPS細胞の臨床応用時に問題となる残存未分化細胞を定量的、非侵襲的に計測する技術を確認、キット化に目途を付けた。また、関連企業への技術移転を進めた。未分化性と糖鎖構造変化の関連については、データの蓄積を行った。
- ・NEDO プロジェクトにおいて、間葉系幹細胞の初期継代時に高発現する糖鎖プロファイルを同定した。細胞表面糖鎖マーカーとして、新たにレクチンプローブ (AiLec-S2) を見出した。

【平成25年度計画】

- ・ヒト幹細胞臨床研究において厳格な品質管理の下にCPCを運営して低アルカリフォスファターゼ症の細胞治療を少なくとも2症例実施することで、再生医療支援技術の開発を行うとともに、同治療技術の効果について動物実験で詳細に解析を加える。さらに、CPCでの臨床用細胞の製造経験を活かして、再生医療用アイソレータの開発を企業と連携して行う。

【平成25年度実績】

- ・臨床研究の適応を満たす症例が1症例に止まった。その症例では昨年度実施した1症例目を上回る回数の移植を行ったが、重症例にもかかわらず、全身の骨形成が顕著になるなど有効性が得られ、本治療効果の再現

性が確認された。動物実験では移植した間葉系幹細胞が全身に広く分布することが判り、今後、細胞動態の解析が研究課題として浮上した。再生医療用アイソレータは既製品の問題を解決する仕様として設計開発が進み、平成25年度1月に完成することとなった。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、ゼブラフィッシュ心筋再生過程を制御するサイトカインシグナル機構の探索、解析を行う。特に変色性蛍光分子を用いた心筋再生の定量的解析方法が、心筋再生評価に有効であることを示し、サイトカインシグナルの制御によって心筋再生が加速可能なことを証明する。

【平成25年度実績】

- ・ゼブラフィッシュ心筋再生過程を制御するサイトカインシグナル候補として新たに一つのシグナル伝達系を同定した。また、心筋細胞特異的に変色性蛍光分子Kaedeを発現するトランスジェニックゼブラフィッシュを用い、再生時の蛍光色変化が心筋再生の定量評価に有効であることを示すとともに、心筋再生時にサイトカイン (FGF) により再生が加速することを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、集光レーザーを用いた神経細胞の局所操作技術の開発を行う。光ピンセットによる細胞内分子集合操作では、分子集合機構の解明を更に進めると共に、効率よく光捕捉を行うための新たな手法や神経活動の操作に直接関与する分子系への応用を検討する。また、集光フェムト秒レーザーにより神経回路網を操作する技術開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・集光レーザーを用いた神経細胞の局所操作手法として、光ピンセットにより神経細胞内シナプス小胞群や細胞接着分子の運動が束縛される機構について解明し、シナプス小胞群の放出過程を抑制できることを明らかにした。また、二つのレーザーを集光することにより、量子ドットで標識した細胞接着分子が効率よく光捕捉されることを明らかにし、新たな分子操作技術への応用を見出した。さらに、集光フェムト秒レーザーを用いた単一神経細胞の刺激手法を応用し、神経回路網の結合特性を可視化する実験系を構築した。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度は、抗うつ薬治療抵抗性に関する分子メカニズムおよび細胞メカニズムの解明をさらに目指す。中でも、治療抵抗性に伴うシナプス構造およびRNA機能の障害に注目し、その原因物質がこれらのメカニズムにどのような障害をもたらすことにより抗うつ薬治療抵抗性に至ったかの解明を進める。

【平成25年度実績】

- ・抗うつ薬抵抗性に関するシナプス内部の分子および細胞メカニズムにおいて、シナプス可塑性（LTP/LTD）誘導時、樹状突起スパインは自身の形態を変化させること、アクチン細胞骨格系のメカニズムが関与している LTP 誘導時に NMDA 型グルタミン酸受容体の活性化を介したドレブリン結合タイプのアクチンフィラメントが一過性にスパイン内部から除かれること、ミオシン IIATPase 活性が関与していることを、明らかにした。

【平成25年度計画】

- 1) 天然物ライブラリーを用いて、iPS および幹細胞の分化誘導物質のスクリーニングを継続すると共に、様々な疾患モデルを用いた創薬スクリーニングを行い、多種多様な天然化合物を見出す。
- 2) らん藻など培養困難な微生物の生合成遺伝子クラスターの取得に応用できる技術を開発し、強力な活性を示すがこれまで大量調製が不可能であった化合物に関して、放線菌宿主およびバクテリア宿主を用いて、大量かつ安定に生産する技術の開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・本年度は経済産業省プロジェクトに採択され、多くの医薬品を生み出している放線菌の未知遺伝子を用いた新奇化合物の創出、およびシアノバクテリアなどの難培養微生物の遺伝子のみを応用して異種宿主にて化合物生産を行うシステムの開発に着手した。また、我々が確立した BAC ライブラリー調製法を用いる高精度ヒトゲノム解析法の構築も進めた。天然物ライブラリーを用いたスクリーニング関係では、文科省次世代がんプロジェクトを始め多くのスクリーニングを実施し、複数の強力な活性を示す新規物質の発見に成功した。

【平成25年度計画】

- 1) ヒト iPS 細胞を未分化維持したまま培養するための、細胞外マトリクスの種類・固定濃度と培地の灌流条件について、最適な組み合わせを見出す。
- 2) AiLec-S1 の汎用性を高めるため、ヒト ES/iPS 細胞以外の幹細胞への適合性試験を行う。ヒト間葉系幹細胞の標準化基盤技術につながるマーカー開発を行う。
- 3) 10遺伝子以上を搭載できる次世代 SeVdp ベクターを完成し、これを用いて、ヒト iPS 細胞の作製効率や多分化能を改善する因子を追加搭載した次世代 SeVdp-iPS ベクターを開発する。
- 4) 次世代 SeVdp ベクターに神経分化・軟骨分化に関わる遺伝子を搭載して、ヒト線維芽細胞で発現させ、神経細胞や軟骨細胞への転換を検討する。

【平成25年度実績】

- 1) ヒト iPS 細胞の未分化維持培養に適切な細胞外マ

トリクスと濃度を明らかにした。適切な灌流速度条件も見出した。

- 2) マウス ES 細胞に AiLec-S1 陽性細胞が存在することを明らかにした。さらに、間葉系幹細胞の分裂能評価マーカー候補遺伝子を15種類及び細胞表面糖鎖検出プローブ (AiLec-S2) を見出した。
- 3) 10遺伝子を搭載できる次世代 SeVdp ベクターを開発し、6個の初期化遺伝子を搭載して iPS 細胞の作製効率を10%に引き上げた。
- 4) ヒト線維芽細胞で神経や軟骨特異的な転写因子の発現に成功した。

【平成25年度計画】

- 1) 心臓形成候補因子の詳細な機能解析を継続し、論文投稿を行う。
- 2) AiLec-S1 の高機能化を行い、再生医療現場で利用可能な技術（がん化をおさえる技術）への応用研究を行う。分化制御化合物のスクリーニングやロードマップ因子のスクリーニングを加速し、これら候補化合物や因子を利用した幹細胞分化技術で、in vitro と in vivo での検証を行う。
- 3) カニクイサル神経幹細胞の分化誘導技術の確立と遺伝子発現プロファイル解析を行う。

【平成25年度実績】

- 1) 初期心臓原基に限局する因子 MA65 が心筋形成を促進することを明らかにし、論文の執筆を開始した。
- 2) 薬剤結合型 AiLec-S1 を開発し、腫瘍源となり得る ES/iPS 細胞を特異的に殺傷することに成功した。また、肺組織前駆細胞を線維芽細胞から直接作製する制御因子を同定し、新たな技術シーズの開発に着手した。
- 3) カニクイサルの海馬および嗅球から15例以上の成体神経幹細胞を樹立し、遺伝子発現プロファイル解析を行った。

【平成25年度計画】

- 1) 次世代再生治療材料と期待される間葉系幹細胞の再生治療への応用技術を検討し、またエピゲノム情報を取得しすることで汎用性の高いデータベース化を行う。
- 2) iPS 細胞誘導効率の上昇のため、間葉系幹細胞からの細胞内代謝と転写因子群を経る初期化機序を明らかにする。また、初期化過程における mRNA と糖鎖プロファイリングにより、iPS 細胞の前駆細胞たる細胞分画を同定し、その iPSC 前駆細胞回収技術を応用することで、初期化誘導効率を大幅に向上させるプロトコル開発を行う。

【平成25年度実績】

- 1) 間葉系幹細胞および分化細胞、未分化 ES/iPS 細胞のエピゲノム情報を取得した。さらに、高解像度の情報解析にて各幹細胞に特異的な遺伝子・非遺伝子マーカーと制御機構を同定した。

- 2) 間葉系幹細胞から未分化 iPS 細胞へのリプログラミング過程において、細胞内代謝について関連酵素などの遺伝子発現プロファイリング解析や、ATP 濃度、酸素消費量、PH 変化等の解析を行った。さらに、次世代シーケンスを使って遺伝子発現もプロファイルし、優位に iPS 細胞誘導を上昇させる分画を同定した。

【平成25年度計画】

- ・オンデマンドで安価かつ簡便に目的の細胞を分離するシステムを構築するために、操作・分離の対象を幹細胞や骨・軟骨細胞へと広げる。さらに、細胞足場のためのリン酸カルシウムナノコンポジットの製造法の高度化、ヒト由来間葉系幹細胞とがん細胞の共培養系の改良と高度化、および、細胞培養・操作のためのバイオマーカーツールの開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・幹細胞や骨・軟骨細胞を対象として、流路および電極の設計変更など操作・分離技術の改良とシリジポンプによる回収方法を確立した。また、リン酸カルシウムナノコンポジット製造用基材の種類・表面処理について検討し、細胞への遺伝子導入機能を向上させるための条件を明らかにした。さらに、ヒト間葉系幹細胞とがん細胞 NDA-MB-231 の共培養系で3次元スフェロイド中でも観察できるような改良と高度化、および、細胞培養・操作のためのバイオマーカーセンサーチップの作製を行った。

1-(1)-② 組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能の代替デバイス技術の開発

【第3期中期計画】

- ・人工心臓の補助循環ポンプにおいて現状の3倍である90日の無血栓を達成する等、長期生体適合性を有する人工臓器等による身体機能の代替技術及び材料技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・Ap-FGF 付加創外骨折固定ピンは品質安定化技術を構築して臨床研究を遂行する。徐放速度予見可能 *in vitro* 評価法と臨床結果を比較検討する。引き続き、免疫賦活分子-アパタイト複合物の、癌再発防止効果をさらに増強するとともに、作用機構を解析する。抗血栓性分子-アパタイト複合層の抗血栓性を *in vitro* で評価する。

【平成25年度実績】

- ・Ap-FGF 付加創外骨折固定ピンについては品質安定化技術を構築を完了し、筑波大学で臨床研究の患者登録を開始予定 (H26/03)。NIH3T3細胞を使用し FGF 徐放速度予見可能 *in vitro* 評価法を構築した。粒径を200nm にて免疫賦活能が増強することがわかった。作用機構については OVA モデルで解析し、サイトカ

イン産生から細胞性免疫活性化することを確認した。アルブミン-アパタイト複合層の抗血栓性を *in vitro* で評価し、人工心臓用チタンより優れた抗血栓性を有することを確認した。

【平成25年度計画】

- ・大腿骨骨格構造に最適なカスタムメイド人工股関節設計システムを開発し、急増する高齢者骨折に対応した人工股関節とするため骨盤側の最適形状設計を実施する。また、人工関節摺動部の構造に関して検討するとともに人工関節摺動部の耐久性試験方法を検討する。さらに、高生体適合性 Ti 合金素材の低コスト化に向けて、Ta の量を低減した高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-1Ta 合金の製造技術を検討するとともに薬事製造承認申請に必要な力学特性、化学的安全性のデータを取得する。

【平成25年度実績】

- ・患者の骨格に最適形状となるカスタムメイド人工股関節の設計システムを開発し、最適設計したステムと骨盤側のメタルカップ及びそれらの組合せである摺動部の試作に成功した。また、人工関節摺動部の構造と耐久性試験方法を開発した。Ta の量を低減した生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-1Ta 合金の国内での溶解に成功し、丸棒まで製造できた。溶製材の力学特性、化学的安全性のデータを取得し良好な結果が得られ、生物学的試験も全て陰性であった。

【平成25年度計画】

- ・血液ポンプを構成する材料となりうる、チタン材料試験片表面に、アパタイトの存在下でシグナル分子であるアルブミンまたはラミニンを固定化する最適法を確立する。この方法を利用して、血液ポンプの血液接触表面にアルブミンまたはラミニンを固定したバイオライズドポンプを製作し、*in vitro* または *in vivo* による血液実験を実施して、抗血栓性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・チタン試験片とポリカーボネート試験片の双方で、表面にアパタイトの存在下でアルブミンを固定化する最適法を確立した。この方法によってアルブミンを固定化したチタン材料片は、*in vitro* 血液試験により有意な抗血栓性を示し、同アルブミン固定法が、血流条件下であっても有効であることを実証した。

1-(1)-③ 医療機器開発に資する先端技術の開発と実用化に向けた基盤整備

【第3期中期計画】

- ・短時間で計測可能な高速診断法、細胞や組織における分子の機能を解析可能な画像診断法等、治療の安全と効果の向上を目指した技術を開発するとともに、医療機器の迅速な製品化に資する開発基盤を整備する。

【平成25年度計画】

- ・次世代医療機器の早期臨床導入を図るためには、開発から薬事申請の迅速化、市販後の安全維持などを総括的に検討し、必要な内容を規定した開発ガイドラインの策定が有益である。これは、産業の発展、国際競争力の強化、国民 QOL の向上などに大きく寄与する。平成25年度はカスタムメイド脊椎インプラント、プラズマによる止血技術、医療機器ソフトウェアなどに関して検討する。また、これまでに策定した開発ガイドラインの普及の学会発表や工業会への講習および関連資料の作成などを通して、策定した開発ガイドラインの普及に努める。

【平成25年度実績】

- ・経済産業省「医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業」を受託して、「カスタムメイド脊椎インプラント」等9つの WG（うち新規3件）を組織してガイドライン案策定を進めた。「ヒト細胞自動培養加工装置についての設計ガイドライン」等4通の開発ガイドラインを経済省より公表することになった。また、同事業にて4件の「医療機器ガイドライン活用セミナー」を実施し、のべ560人の受講者を集めた。

【平成25年度計画】

- ・開発した ASEM の診断支援機器としての適応範囲を拡大するため、病原性の種を含む3種類以上の微生物を新たに検出可能にする。免疫電顕法に関しては、3種類以上の生理的にも創薬にも重要なバイオマーカーに対する抗体ラベルを可能とし、その生理機構について解明する。抗原シグナルの周辺の細胞構造を探るために、免疫ラベルと組み合わせることのできる染色法を開発し、国際誌に出版する。また、ASEM による物性研究への新たな適用例も2件以上確立する。

【平成25年度実績】

- ・食中毒をおこす時に重要な役割を果たす細菌の鞭毛と繊毛の観察に ASEM を適応し、正チャージ金ラベル法によってサルモネラ菌の鞭毛、大腸菌の繊毛が、水中で自然な形で即座に観察できることを国際誌に発表した。本法により、3種類の微生物の検出が可能になった。さらに、感染症時に人間の免疫系・抗体さらには抗生物質の作用を妨げ、悪化・慢性化の原因となるバイオフィルムの微細構造を ASEM により水中観察することができた。免疫電顕法では、5種類のバイオマーカーについて抗体ラベルを実施し国際誌に発表した。

【平成25年度計画】

- ・細胞チップを用いた灌流培養および球状組織体による薬物クリアランスアッセイの実験を継続し、当該技術が現状技術に代わる新たな医薬品スクリーニング技術

であることを実証する。ヒト iPS 細胞については、内胚葉系へ効率的に分化誘導できる条件を見出す。

【平成25年度実績】

- ・灌流培養チップで血管内皮細胞を培養することにより、通常のマルチウェルでは期待できなかった特異的機能が発現することを見出し、第一三共において薬剤スクリーニングへの応用試験を開始した。球状組織体による薬物クリアランスアッセイの実験については、田辺三菱製薬と共同研究を実施し、第2相代謝経路を1週間維持できることを見出した。ヒト iPS 細胞については、灌流培養チャンバーへの初期細胞導入条件が未分化維持および内胚葉系への分化誘導に及ぼす影響を明らかにした。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

【第3期中期計画】

- ・疾病の予防や早期診断、早期治療の指標の確立等を目的として、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価利用する技術の開発を行う。また、新薬開発コスト低減に資する創薬プロセス高効率化のための基盤技術の開発を行う。さらに、これらの技術に資する生体分子の高感度検出技術、計測及び解析技術の開発と標準化を行う。特に、感染症の拡大の防止等、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度に短縮する技術の開発を行う。

1-(2)-① ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化

【第3期中期計画】

- ・生体分子の計測、解析機器の高度化と標準化を目的として、バイオテクノロジーと情報技術及びナノテクノロジーを融合し、バイオマーカー検出限界を従来技術の10倍以上向上させる等、生体分子、細胞等を短時間で簡便に分離解析できる手法や素子を開発する。

【平成25年度計画】

- ・臨床検査等での核酸計測の互換性向上と標準化、ヒト由来核酸の測定プロセスの精度管理を目的に、必要な核酸標準物質を2種類以上整備する。また、平成24年度に引き続き米国国立標準技術研究所（NIST）などと協力し、次世代 DNA シークエンサなどを利用し塩基配列の純度を評価、認証するために必要な技術開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・臨床検査等での核酸計測の互換性向上と標準化、ヒト由来核酸の測定プロセスの精度管理を目的に、複数のスパイクイン核酸標準物質（5種）の作製・評価を完了し、認証標準物質としての頒布を開始した。また、平成24年度に引き続き米国国立標準技術研究所（NIST）などと連携し、次世代 DNA シークエンサ

を利用した核酸分子（特定塩基配列）の純度評価、認証技術の開発を行った。

【平成25年度計画】

- ・ガン転移等の疾病マーカー候補として注目されているガレクチン類を非免疫的手法により高感度に検出するため、電気化学活性基を認識部位近傍に有する新規ガラクトシド系糖脂質を3種類以上合成する。糖脂質含有分子膜とガレクチン類との結合作用を表面プラズモン共鳴（SPR）法、電気化学的手法により評価し、高感度検出に有用な化学構造を探索する。

【平成25年度実績】

- ・ガレクチン類（ β -ガラクトシド結合性タンパク質）を高感度に検出するため、電気化学的検出が可能なフェロセン基を認識部位近傍に有する新規ガラクトシド系糖脂質を5種類合成した。金基板上で糖脂質含有ナノ分子膜を調製し、ガレクチン類との結合作用をSPR法等により評価した結果、化学構造により結合能に違いのあることがわかり、1位にフェロセニルメチルアミノ基を有するラクトース誘導体が最も高い結合能を示した。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度構築したオシレーターセンサーについて、バイオセンサーとしての実用化に向けた改良を検討する。抗原抗体反応や分子認識機能に基づくセンシング界面の構築材料を開発し、界面構造とセンシング機能の相関を明らかにする。補体レセプターの単離技術を確認すると共に、補体レセプターのセンシング界面構築材料としてのポテンシャルを検討する。

【平成25年度実績】

- ・オシレーターセンサーに抗体を固定化し、抗原抗体反応への応答を確認した。センシング界面の三次元的構造が抗体の固定化や非特異吸着抑制機能に及ぼす影響を体系化できた。補体レセプターの単離法を確認でき、機能界面構築素材として品質評価に有用な経時的構造安定性試験を実施した。

【平成25年度計画】

- 1) 5%以下の窒素含有率でのカーボン膜の電極活性を検討し、最適濃度でのバイオマーカーの検出限界を従来電極に比べて10倍向上させる。
- 2) 大腸菌の細胞膜成分である内毒素を捕捉する微粒子と合成プローブ分子を組み合わせることで内毒素の効率的な濃縮を行い、ナノカーボン電極を利用したさらなる検出限界の高感度化をめざす（100pg/mL）。
- 3) 平成24年度中に新たに見出した酸化電極を用いたチトクローム P450酵素との電子移動について、カーボン系の電極と比較しその優位点、課題を明確にする。

【平成25年度実績】

- 1) 窒素濃度5%のカーボン薄膜をスパッタ法で形成し、活性種の応答より最も活性が高いことを確認したが、検出限界には、拡散速度の影響が大きいこと、バイオマーカを用いた定量的な評価はできなかった。
- 2) ナノカーボン電極を用いた内毒素検出において、内毒素を捕捉する微粒子と合成プローブ分子を組み合わせることで、200pg/mLの検出限界を達成した。
- 3) 酸化電極（多結晶 ITO）電極上でチトクローム P450の薬剤代謝反応の電気化学検出に成功した。電極表面の酵素サイズの凹凸が効率的な電子移動に重要であることを示した。

【平成25年度計画】

- ・外部刺激を利用して、さらに弱い相互作用を強める方法を検討し、生体分子認識のスイッチング法を確立、新規原理によるタンパク質（生体分子）検出法を構築する。また、生体分子の *in vitro* 計測のためのプローブ合成と応用のほか、将来の *in vivo* 計測をも念頭に入れた新規分子プローブの設計・合成を実施する。昨年度の研究をさらに展開し、様々なミスマッチ状態の5'メチルシトシンと抗メチルシトシン抗体とのアフィニティ解析を行う。また、実試料計測へ向けた前処理法の確立をおこなう。

【平成25年度実績】

- 1) 外部電場を与えて認識膜構造を整えることで生体分子認識能が高まることを確認し、修飾微粒子を用いた新規高感度検出を行った。重金属を標識した生体分子 *in vitro* 計測のため電気化学プローブ合成に成功し、リポポリサッカライド検出に応用した。将来の *in vivo* 計測をも念頭に入れた新規分子プローブの設計を行った。
- 2) 様々なミスマッチ箇所に対する抗体のアフィニティ解析を行い、バルジに対して最もアフィニティが高いことを突き止めた。また、実試料計測に向け、ビオチン化プローブを用いた前処理法を確立した。

【平成25年度計画】

- ・ユーグレナが産生する β -1,3-グルカンに種々の官能基や天然由来化合物を導入することで、ファイバー構築が期待される新たな β -1,3-グルカンを調製する。これら β -1,3-グルカン誘導体と平成24年度に合成法を確立したコハク酸導入 β -1,3-グルカンについて、ファイバー構築能や包接能などの特性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・ β -1,3-グルカンに脂肪酸などを導入することにより、溶融紡糸法でファイバー（フィラメント状繊維）を調製できる、熱可塑性と曳糸性を併せ持つ β -1,3-グルカン誘導体を合成した。コハク酸導入 β -1,3-グルカンについては、ナノファイバーを基本構造とする水和ゲルや有機ゲル形成能を有することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・光圧を用いたマイクロチップ型マルチ細胞ソータの開発では、企業と共同で開発した実用試作機の改良機を用いて、選別可能な細胞種数、処理速度を評価する。サンプル面では、動物細胞等の実用的な試料を用いて、製品化に向けた検討と装置改良を行う。

【平成25年度実績】

- ・企業と実用プロトタイプ機の開発を昨年度から引き続き実施した。選別可能な細胞種数や処理速度、動物細胞を用いた分離の評価は実施できなかったが、試作機の完成を見越して、サンプルとなる動物細胞やマイクロ流体チップ構造の検討・準備を進めた。

【平成25年度計画】

- ・1)SERS 定量測定における問題点である SERS スペクトル変化の機構解明、2)新規ナノ粒子析出法を用いた SERS 基板開発と生体分子（疾病マーカー分子を想定）高感度検出への応用、3)プラズモン共鳴光散乱を用いた単一 DNA 分子の可視化の研究を行う。

【平成25年度実績】

- 1) SERS スペクトル変化の原因がプラズモン共鳴と分子分極との電磁相互作用の時間・空間揺らぎにあることを定量的に明らかにした。
- 2) 無電解メッキによるナノ粒子作成法を応用して安価な SERS 基板を開発しその増強メカニズム実証に成功し、抗原抗体反応の高感度検出の実験系を構築した。
- 3) DNA 分子に銀ナノ粒子を光還元合成することによって水中でブラウン運動する単一 DNA 分子の可視化に成功した。

【平成25年度計画】

- ・引き続きバイモダルナノプローブの最適化を行うとともに、がん細胞の表面に過剰発現しているレセプターを識別するリガンドや抗体を利用することにより、プローブをがん細胞に結合させる。これによって、正常細胞とがん細胞を区別することも目指す。また、がん治療技術の創出のため、ポルフィリンをナノプローブに結合させ、一重項酸素発生を制御する技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・正常細胞とがん細胞を区別する MRI と蛍光イメージングを同時に実現する光分解可能な蛍光磁性ナノ粒子を2種類合成した。合成したナノ粒子はリガンドや抗体などと化学結合させた治療診断用のセラノスティクスとして、ポルフィリンを利用したナノ粒子複合体を合成し、標識プローブに用いることにより、培養肺がん細胞を検出できた。さらに、標識されたがん細胞に可視～近赤外光を照射した結果、約70%のがん細胞を死滅させる光線療法の効果を確認できた。

【平成25年度計画】

- ・実時間型の1分子 DNA シークエンシング技術の開発では、蛍光標識塩基の改良や新規の DNA ポリメラーゼを用いることで、ポリメラーゼが連続して取り込む蛍光標識した塩基の数を50個以上へ拡張することを引き続き目標とする。これが実現できれば RNA の特定にも使えるので、網羅的 RNA 解析に応用するなどの用途も開ける。関連して、DNA 高次構造の解析と制御の研究も進める。

【平成25年度実績】

- ・1分子シークエンシングから解析できる塩基の数は、50塩基は達成できなかったが、蛍光標識ヌクレオチドの改良等により30塩基まで達成することができた。DNA 高次構造の解析においては、銀ナノ粒子とプラズモン共鳴光散乱を用いた単一 DNA 分子の可視化法に成功し、退色のない当該可視化法により新たな DNA 高次構造解析手法の確立を達成した。

【平成25年度計画】

- ・細菌解析用に改良した電子顕微鏡試料作製プロトコルを開発し、細胞観察画像の分解能を向上させる。細菌の電子顕微鏡三次元画像解析によって細胞表面および内部の微細構造を計測し、生体物質の生産、蓄積、放出等の機能を発現する細胞内の構造情報を整備する。細胞膜上のタンパク質分子の存在位置を、電子顕微鏡画像上で特定するための可視化手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・細菌の解析評価において細胞観察画像の分解能向上のための、試料急速凍結台を新規に開発し、安定なレプリカ試料作製を成功させた。これにより、細菌による物質生産の結果生じる微細構造変化として、菌体内への蓄積顆粒や菌表面から放出される膜小胞の構造体を電子顕微鏡によって捉えることが可能になり、三次元画像による細胞解析手法の開発に至った。また、蛍光タンパク質標識した特定分子を、電子顕微鏡画像上で検出する可視化手法の検討を行った。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続きプラズモニック基板を用いたサンドイッチイムノアッセイで、マーカーの50fM 以下の検出、血清試料の定量評価を目指す。また、プラズモニック基板を用いて細胞を培養し、On site で培養細胞の蛍光像を取得し、通常の基板より10倍明るく空間分解能が2倍以上高い像を得ることを目指す。

【平成25年度実績】

- ・プラズモニックチップ上のサンドイッチアッセイによる腫瘍マーカー検出では、チップの構造を再検討することにより、50fM までを定量的に計測することができた。血清試料については、マウス血清中で定量評価には至らなかったがマーカー検出は実施できた。また、

プラズモニクチップを底面に貼りつけて作られたプラズモニクディッシュで細胞を培養することができ、On site で神経細胞の蛍光像を取得することができた。ここでの蛍光像は汎用ガラスベースディッシュで得られた蛍光像とく比べ、強度は10倍以上明るく、2倍高い空間分解能を示した。

【平成25年度計画】

- 現在のナノニードルアレイのニードル形状は根本が細い逆テーパ状であり、挿入効率が低く、破損しやすい。この問題を解決するため作製工程を見直しナノニードルアレイの改善を行う。挿入効率を向上するためのニードルの表面修飾の検討、接近動作の検討を行う。マイクロピラーアレイを用いた BAM のパターンニングにより、ナノニードルアレイの直下に細胞が配列した細胞アレイを作製する。ナノニードルアレイを用い、抗体、プラスミド DNA 等の機能性分子の細胞導入について検討を行う。

【平成25年度実績】

- 直径200nm、長さ20 μ m の高アスペクト比のナノニードルアレイの作製方法が確立された。ナノニードルアレイの直下に細胞を配列させた細胞アレイの作製を試み、85%の細胞充填率を達成した。マウス胚性がん細胞 P19 の中間径フィラメントネスチンを標的として、抗ネスチン抗体を修飾したナノニードルアレイを用いて、P19 の細胞アレイに対して同時挿入を行い、抗体とネスチンを結合させ、その結合力によって細胞の釣り上げ分離を試みた。その結果、P19 の分離効率は24%であった。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に測定条件を確立した高速化した回折点運動計測装置を用いて、nAChR の1分子動態計測 (DXT) を行う。nAChR 及びその細胞外領域に相当する AChBP をそれぞれ金ナノ結晶標識し、リガンドや阻害剤の存在・非存在下でタンパク質分子の動きを計測し、受容体とリガンドの相互作用及びチャネル開閉の分子動態を明らかにする。

【平成25年度実績】

- 100 μ 秒の分解能で1分子動態計測を行い、従来の X 線構造解析では捉える事のできなかった nAChR の1分子動態計測に成功した。アセチルコリン結合タンパク質 AChBP 及び nAChR は、リガンドフリーの状態では自律的な摂動を示し、リガンド存在下では傾動→回転→傾動のダイナミックな動態を示した。また、リガンド存在下で nAChR では見られて、膜貫通領域のない AChBP では見られない動きは、チャネル部分の開閉過程もしくは desensitization に起因する動き (制動) を見ている可能性が示唆された。

【平成25年度計画】

- 双腕ロボットを誰でも使えるようにするためのティーチングインターフェースを開発し、幅広く産業化する事を目指す。

【平成25年度実績】

- 最適化されたジョブをライブラリー化し、それらのジョブを組み合わせることにより、様々な作業を行えるシステムの基盤を構築した。

1-(2)-② 身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化

【第3期中期計画】

- がん及びその他の疾病の予防や診断及び治療に利用するため、動脈硬化を伴う脳や心血管障害の直接評価やがんの識別を可能にする血清バイオマーカー等、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価、利用する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- H24年度に引き続き、特定タンパク質濃縮 (前処理) 装置とレクチン-抗体マルチサンドイッチアッセイ装置を一体化した装置の開発を実施する。企業側で製作した試作機の評価と結果のフィードバックをメインミッションとし、対象糖タンパク質3種の選定、およびその検出キットの構築も実施する。

【平成25年度実績】

- 特定タンパク質濃縮 (前処理) 装置とレクチン-抗体マルチサンドイッチアッセイ装置を一体化した装置の開発を継続実施した。また、試作機のスペックを既存技術と比較するための評価系を確立し、試作機の評価と企業側へのフィードバックを開始した。想定される装置の仕様を考慮して、対象糖タンパク質3種を選定し、それらのうち2種についてはその検出のためのレクチン-抗体サンドイッチ ELISA を構築した。

【平成25年度計画】

- 分子マトリクス電気泳動について高品質の膜作成法を構築し、検出法、分離能の改善を進める。膵液および胆汁を試料とした疾患バイオマーカーの探索への応用については本格的活用に向けた今後の課題を明らかにする。また、アフィニティ分子マトリクス電気泳動については各種レクチンを用いて技術としての基盤を固める。

【平成25年度実績】

- 分子マトリクス電気泳動について膜の処理条件を最適化することにより、高品質の膜を安定的に作成できる方法を構築した。膵液および胆汁を試料とした疾患バイオマーカーの探索への応用については、ムチン種の同定が本格的活用に向けた最大の課題であることを明

らかにした。アフィニティ分子マトリクス電気泳動については LCA、ConA、AAL を用いてレクチンの膜への固定化率、親水性ポリマーの種類による剥離率の違いを明らかにした。

【平成25年度計画】

- 胆管がんマーカーや、他の肝細胞疾患マーカー候補分子について、薬事法に基づく製造販売申請を進める。さらに、卵巣、肺、前立腺マーカーについて、企業との連携により申請品を完成させてデータの取得を完了する。

【平成25年度実績】

- 肝線維化を定量する有効なマーカーの自動迅速測定系とキャリブレーター生産方法を構築し、薬事法に基づく製造販売申請が承認された。また、保険収載を念頭に置き厚生労働肝炎研究班で多検体測定を実施した。胆管がんマーカーも多検体解析と製品化に向けた共同研究を進めた。卵巣明細胞がんマーカー分子の有用性を検証し、同時に企業連携で高感度検出の検討を進めた。前立腺がんのマーカー候補は細胞株などで生化学的検証を進めた。その他の肝疾患、肺がんマーカー候補分子の有用性を検証すると同時に、新規マーカー候補の探索も進めた。

【平成25年度計画】

- 24年度の結果をもとにさらにモータリンおよび CARF の機能について、分子解析を行うことで細胞老化と癌におけるこれらのタンパク質の役割を明らかにする。特に正常細胞とがん細胞における発現や機能制御の差異について比較検討する。

【平成25年度実績】

- 分子解析を通じて、モータリンが、がん細胞の核に存在することを新規に見出した。核に局在するモータリンは、p53の阻害とテロメラーゼや hnRNPK の活性化により、発がんを促進することも明らかとなった。また、CARF が細胞老化および腫瘍形成を調節する DNA 損傷応答タンパク質であることを示した。

【平成25年度計画】

- アシュワガンダ葉の水抽出物やアルコール抽出物の抗がん活性に関する分子生物学的研究を継続する。アシュワガンダ由来の植物化学物質の神経変性表現型への影響を分子レベルで調べる。またバイオインフォマティクスや計算生物学的アプローチを駆使し、インビトロ及びインビボの実験結果を予測、立証する。さらに優れた抗がん活性や抗ストレス活性を有する植物化学物質の新しい組み合わせを引き続き研究する予定である。

【平成25年度実績】

- アシュワガンダの葉の水抽出物の抗がん活性の詳細な分析を行い、トリエチレングリコールが抗がん活性成

分の一つであることを明らかにした。トリエチレングリコールは、腫瘍抑制 RB タンパク質を活性化した。さらにバイオインフォマティクスと分子実験的アプローチによって、アシュワガンダの葉のアルコール抽出物には抗転移活性があることを示し、hnRNP-K シグナルの不活性化によって引き起こされていることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- 京浜臨海部ライフイノベーション国際戦略総合特区において、血中の抗体プロファイリングによる難治病早期診断の大型プロジェクトを誘致し、早期診断法を確立する。特区の優位性を生かし、臨床現場での使用を促進する。これに合わせて、不溶化タグ技術を利用した200種類の有用タンパク質を搭載したプロテインアレイの開発を行う。
- これまでに発見してきた新規 iPS 細胞誘導促進因子を中心として、再生医療で使用可能な因子の選択と実際の利用を図る。
- HGPD データベースに自己抗体情報を搭載する。

【平成25年度実績】

- JST 先端計測分析技術・機器開発プログラムを採択し、北里大や千葉大と連携して炎症性腸疾患や川崎病の患者血清中自己抗体プロファイリングを開始した。また、国立がん研究センターとの共同研究を開始し、最新のがん免疫療法と自己抗体の変化を解析する研究基盤を構築した。
- JST 再生医療実現拠点ネットワークプログラムを採択し、細胞システム制御遺伝子としてパスウェイ解析によって約500遺伝子を選出し、エントリークローンの構築を行った。これらの細胞システム制御遺伝子の実際の利用を図り、京都大学 CiRA や慶応大学医学部と共同研究を行い、角膜再生および心筋再生の2因子を発見した。また、プロテインアレイを使用した再生医療のための機能的プロテオミクスの基盤構築を行った。
- センター内チーム間連携で自己抗体情報のデータベースの基盤を整備した。

【平成25年度計画】

- 骨髄高転移性乳がん細胞において、その転移に関わっている事が判明した骨形成タンパク質 BMP-7 の抗体の効果を解析する。また抗がん剤耐性がん細胞において、抗癌剤の細胞内取り込み量を測定し、FGF ファミリー因子の発現と取り込み量との相関について解析する。
- 平成24年度の研究を継続し、がん抑制遺伝子 Kank1 と相互作用をするタンパク質の機能解析をさらに進めることにより、細胞増殖や細胞分裂などに関する新しいシグナル伝達経路を明らかにすることで創

薬ターゲットの探索を進める。

【平成25年度実績】

- 1) 骨髄高転移性乳がん細胞の転移に関わる骨形成タンパク質 BMP7の中和抗体が、がん細胞の運動能及び足場非依存的増殖能を阻害することを見出した。抗がん剤耐性がん細胞において、FGF13遺伝子の高レベル発現が抗がん剤の細胞内取り込み量を抑制することを見出した。
- 2) 細胞分裂に関わるタンパク質と Kank1が相互作用をすることで中心体の複製を制御する低分子量 G タンパク質の機能を制御し細胞分裂を調節することを明らかにし、Kank1の機能喪失によるがん化抑制のメカニズムに関する情報を得た。

【平成25年度計画】

- ・新規肺がんマーカーとしての有用性をさらに検証しつつ、コアとなる発見を元に特許出願する。また、組織の病理評価のためのマーカー候補についても、実際にマーカーとして利用できるか検証を行う。

【平成25年度実績】

- ・新規肺がんマーカーに関して2つの国内特許を企業と共同出願した。さらにそのうちの一つの因子 (LIPH) に関しては、東大病院外科及び病理との共同研究により、予後との相関を解析し、手術で治療可能な肺がんを同定するマーカーであることを解明した。

- 1-(2)-③ 有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発

【第3期中期計画】

- ・生体分子の構造、機能及び作用機構を医薬品等の創成や診断手法に結びつけるための基盤技術を開発する。また、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度以下に短縮する技術等、バイオプロセスを活用した高品質、高効率な生産関連技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に開発した複合型糖鎖加水分解酵素について、基質特異性の改変を検討し、標準品作製のために汎用性の高い酵素を開発する。新たに1つ以上ヒト糖転移酵素を大量発現する酵母株を構築し、*in vitro* で様々な構造を合成できるようにする。糖鎖機能を活用した高機能化生物製剤の開発のため、*in vivo*、*in vitro* での合成技術を組み合わせ、糖鎖構造が均一な糖タンパク質を1種類以上作製し、機能評価を進める。

【平成25年度実績】

- ・複数の酵母由来の複合型加水分解酵素の遺伝子を用いてキメラ酵素の作出を行ない、安定性が向上するとともに、特異性の低い基質に対して反応性が高くなった酵素を取得した。ヒト糖転移酵素2種類を酵母で発現

させ、糖鎖修飾に活用した。糖鎖機能を活用した高機能化生物製剤の開発のため、化学合成したペプチドに複合型加水分解酵素の糖鎖転移反応を利用して複合型糖鎖を転移させ、さらにヒト糖転移酵素で修飾を行なうことで、20種類の糖ペプチドを作製した。また酵母で発現した糖タンパク質に対して同様に反応が進むことを確認した。

【平成25年度計画】

- ・糖鎖遺伝子が発現している組織や遺伝子改変マウスで表現型が現れた組織に対して、糖鎖キャリアー分子を網羅的に同定し、表現型発症の分子メカニズムの解明を試みる。レクチン IGOT-LC/MS 法を野生型マウスと糖鎖遺伝子改変マウスの組織に対して適用し、決定される分子種を比較し、改変した糖鎖遺伝子の基質となるタンパク質を決定する。F9, K12, K13マウスの消化管や G2マウスの免疫細胞を対象に、キャリアー分子の機能変化とマウス表現型の相関を生化学的に検討する。

【平成25年度実績】

- ・各種遺伝子改変マウスを用いた糖鎖キャリアー分子の探索と並行して、培養細胞をモデルとした実験系の検証を行い、K12発現細胞では、レクチン IGOT-LC/MS 法によりおよそ830種類のキャリアータンパク質を同定し、同時に糖鎖構造も決定した。G2マウスの免疫細胞を用いた解析では、G2糖鎖がある特定のタンパク質群に存在している可能性が示唆された。また、F9マウスではレクチン以外に抗体を用いるエンリッチ法の開発を行った。さらに糖転移酵素様 GALNTL5欠損がヒトの精子無力症のモデルとなることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・B型肝炎ウイルス (HBV) の感染過程における糖鎖の役割を明らかにし、肝疾患の専門家との補完的医工連携体制を構築し B型肝炎の創薬ターゲットの開発を目指す。HBs 抗原および HBV 感染可能細胞のグライコプロテオミクス解析により糖鎖プロファイリングを行う。HBV-宿主細胞における糖鎖の役割を明らかにするために、肝細胞結合に関わるレクチン様分子を探索する。HBV を産生する肝細胞の糖鎖合成系を阻害し、HBV 粒子の形成・分泌能を比較する。

【平成25年度実績】

- ・HBV の HBs 抗原上の糖鎖付加部位を質量分析により同定した。抗体とレクチンアレイを組み合わせることで、ナノグラムオーダーのウイルス粒子を破壊せずに糖鎖構造情報を取得する方法を確立した。HBV 感染可能細胞を糖鎖遺伝子定量システムや次世代シーケンサーにより解析し、肝細胞に発現する複数種の HBV 糖鎖受容体候補分子を同定した。siRNA ライブ

ラリーを用い糖鎖改変細胞を作製しスクリーニングを行い、HBs 抗原上の糖鎖付加を減少させる遺伝子を同定した。

【平成25年度計画】

- ・ELISPOT 法をベースにした原虫感染の検出およびワクチン効果評価にかかる基盤技術の動物医薬品企業への移転を完了し、原虫病ワクチンの治験を実施する。

【平成25年度実績】

- ・産総研で開発したワクチンの評価技術について、(株) 共立製薬への技術移転が完了した。さらに、帯広畜産大学を代表機関として、産総研、東海大学、(株) 共立製薬とともにコンソーシアムを形成し、ワクチンの製造販売承認の獲得を目指したプロジェクト(ウシの小型ピロプラズマ病に対するワクチンの開発研究)が、平成25年度「農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業」に採択された。これらにより、ワクチンの実用実用化にむけた環境整備・実施準備が完了した。

【平成25年度計画】

- ・進化ポテンシャル評価法のレクチン分子以外への活用をめざし、抗糖鎖抗体作製への応用展開を試みる。抗体関連遺伝子等のリソースについては技術系企業と連携し、糖鎖レクチン工学研究チームが有するエバネッセント励起式糖鎖アレイシステムや進化ポテンシャル法を活用することにより、これまで開発が難しかった抗糖鎖抗体の作製基盤技術の開発に挑む。さらに、レクチン分子自身の改変、実用化研究も産業ニーズに応じ推進する。

【平成25年度実績】

- ・抗糖鎖抗体の応用展開では十分な成果が得られていないが、進化ポテンシャル法に関連したレクチン改変研究が起点となり、キノコ由来のガレクチンがなぜ硫酸化ガラクトースを含む多様な糖鎖に対する特異性を示すのかについて、新規な知見を得ることができた。また、その推定メカニズムを実証するため、X線結晶解析による詳細解析をつくば地域連携により行い、その証明に成功した。

【平成25年度計画】

- ・GPI の脂質リモデリングに関する研究を進め、メタノール資化性酵母等における GPI の脂質リモデリング系の遺伝子の探索を行い、その機能を調べる。また、脂質リモデリングが GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定している可能性について検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・GPI の脂質リモデリングに関する研究を進め、メタノール資化性酵母において PER1、GUP1、CWH43 遺伝子が脂質リモデリングに関与することを明らかに

した。また、脂質リモデリングに関与する遺伝子 CWH43が、GPI アンカー型タンパク質 Cwp2p の細胞壁への移行に寄与することを見出した。

【平成25年度計画】

- ・アミロイドβタンパク質の集積を防止あるいは制御する分子の開発に資するために、50種類以上の修飾ならびに変異タンパク質等を系統的に作成して、アミロイドβタンパク質との相互作用と集積構造周期の情報を収集し、分子間配向様式の解明を試みる。また、インフルエンザウイルスヘマグルチンを細胞表面に発現する培養細胞株に対する蛍光ラベルしたニワトリ赤血球の結合量を相対的に測定するための測定条件を検討し、インフルエンザウイルスの細胞吸着を抑制する生理活性物質探索のためのアッセイ系を開発する。

【平成25年度実績】

- ・約300種類の変異タンパク質の解析からアミロイドの集積には2つの領域が一組として関与していること、またアミロイドβタンパク質と系統的修飾タンパク質との相互作用解析から、その領域中央部での修飾が規則的集積性をより低下させることを解明した。また、インフルエンザウイルス主要膜成分の遊離コレステロールの細胞内局在を可視化するため、これまでに開発した蛍光プローブの細胞染色条件下において、誤差10%程度の範囲で24時間および48時間の細胞(MDCK cell)の生育・活性に影響がないことを実証した。

【平成25年度計画】

- ・これまで開発した改変アフィニティリガンドタンパク質の技術移転を推し進める。抗体医薬の品質管理に応用可能な小型人工タンパク質の分子特性を分析し、その実用化のためのフィージビリティ評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・改変アフィニティリガンドタンパク質に関しては、資金提供型共同研究の成果をまとめ、4件の周辺特許を民間企業と共同で出願し、産総研が単独で有する基本特許の権利強化を進めた。小型人工タンパク質に関しては、核磁気共鳴測定、表面プラズモン共鳴測定、円偏光二色性測定、蛍光分光測定、ブルダウンアッセイ等を行い、その分子特性を分析した結果、抗体医薬の構造不均一性を管理評価する新型装置の技術開発に応用できることを確認した。

【平成25年度計画】

- ・新規抗体の生産に必要な期間を短縮するためには、高発現細胞株の構築、培養条件の最適化、糖鎖構造の分析、等を迅速に行う必要があり、そのために培養液から抗体を迅速に精製し定量する技術が求められる。そこで、1時間以内に、96種類の培養液から抗体を精

製し0.2mLの培養液に含まれる0.02mg/mLから2mg/mLの抗体を再現性よく定量できる96ウェルマルチカラムプレートを開発する。

【平成25年度実績】

- ・カラムへ導入するリガンドタンパク質固定化用の官能基を検討することによって、非特異的吸着を低減した96ウェルマルチカラムプレートを開発した。さらにカラム洗浄液の組成や精製工程を検討した結果、開発したマルチカラムプレートをを用いて、96種類の培養液から45分以内に抗体を精製し、0.2mLの培養液に含まれる0.02mg/mLから2mg/mLの抗体を再現性良く定量できるようになった。

【平成25年度計画】

- ・RNAの合成や代謝に関わる酵素の分子機能と構造に関する研究をひきつづき行う。特にウイルス由来のRNA合成酵素と宿主タンパク質の複合体に関する機能構造解析、また、発生、分化、がん化に関わる低分子RNAの発現を制御するヒト由来鋳型非依存的RNA合成酵素複合体に注目し、これらのタンパク質複合体解析、機能解析、X線結晶構造解析を行う。また、タンパク質合成に関わる鋳型非依存的RNA合成酵素の機能構造解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・ウイルス由来のRNA合成酵素と宿主リボゾームタンパク質との複合体結晶の作成に成功し、その構造を決定した。低分子RNA発現制御に関わる鋳型非依存的RNA合成酵素と相互作用する因子を質量分析で解析し、その因子のいくつかに関して相互作用を生化学的方法で確認した。タンパク質合成に関わる鋳型非依存的RNA合成酵素のうちtRNA修復に関わる酵素単体、RNAとの複合体複数の結晶化し、構造決定に成功し、反応分子機構の一端を解明した。また、別の種類tRNA修復酵素のRNAとの複合体の結晶化、構造決定に成功した。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、生殖巣キメラニワトリの解析を行う。特に300羽規模の後代検定を行い、組換え始原生殖細胞由来個体の樹立可能性を検討する。また、ニワトリ始原生殖細胞に対する遺伝子編集技術の適用可能性について検討を行う。平成25年度は、標的遺伝子欠損ニワトリ始原生殖細胞株を2系統以上作製することを目標とし、組換え技術に依存しないニワトリ遺伝子操作技術の開発を目指す。

【平成25年度実績】

- ・生殖巣キメラニワトリの解析として、600羽規模の後代検定を実施した。この検定で現行の組換え始原生殖細胞による個体樹立可能性について検討を行ない、組換え後代樹立に向けたキメラ率改善の必要性を明らか

にした。また、ニワトリ始原生殖細胞を用いた遺伝子編集技術の開発を行った。標的遺伝子を部分欠損する細胞株4系統を作成し、組換え技術に依存しないニワトリ遺伝子操作技術開発に向けた端緒を得ることができた。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に引き続き、バイオセンサーや人工酵素の開発の手掛かりとなる有用タンパク質の物性、構造、機能解析を目指して発現、高純度精製を試み、結晶化および立体構造解析を行う。また、有用タンパク質の好熱菌発現系開発のため、βガラクトシダーゼやカロテノイド合成系遺伝子を利用し、プロモーター活性評価用ベクター等を構築する。

【平成25年度実績】

- ・キチン二糖体を基質とする古細菌のデアセチラーゼの結晶構造を決定し、推定された活性部位のアミノ酸置換により活性が消失することを確認した。さらにデアセチラーゼを測定試料として、電顕像解析法の改良を試み、新規傾斜像解析手法を開発した。また、関連する酵素の構造解析を進め、活性部位を同定する方法を検討した。好熱菌発現系開発では、カロテノイド発現量の増強株作製に成功した。また、βガラクトシダーゼ遺伝子を用いて、正確なプロモーター活性測定が可能なアッセイ系を構築した。

【平成25年度計画】

- ・ヒトの複合型糖鎖中間体(M5)を生産する酵母株に、さらにヒト複合型糖鎖構築に必要な糖転移酵素を順次発現させることによって、M5糖鎖にGlcNAcが付加されたN-結合型糖鎖を生産する酵母株の開発を目指す。また、平成24年度的全ゲノム解析のデータを元に、変異点の解析を行い、糖鎖欠損酵母の増殖回復のために必要な遺伝子の探索を行う。

【平成25年度実績】

- ・ヒトの複合型糖鎖中間体(M5)を生産する酵母株にGnT-I遺伝子、Man-II遺伝子、GnT-II遺伝子を導入することによりM5糖鎖にGlcNAcが付加されたN-結合型糖鎖を生産する酵母株の開発することに成功した。また、全ゲノム解析のデータを詳細に解析することにより、増殖能が回復した酵母株の変異点を特定することができた。さらに、M5を生産する酵母株のプロテアーゼ遺伝子であるPEP4、PRB1遺伝子を同時に破壊した株を構築し、タンパク質生産性の高い株を開発することに成功した。

【平成25年度計画】

- ・人工染色体ベクターを利用した複数種の発光レポーター導入細胞および動物の樹立方法を確立し、これらを用いた生体リズムおよび免疫応答マーカーの検出によ

る分子機構解析と、睡眠改善薬、食品機能性因子、化学物質等の薬効評価を実施する。また、数日間以上細胞の活性を保持した状態で遺伝子発現等の細胞情報を発光レポーターによりリアルタイムに検出できる装置の試作を行う。

【平成25年度実績】

- ・炎症関連遺伝子プロモーター、時計遺伝子プロモーター、内部標準プロモーターと3種の発光レポーターを連結したカセットを人工染色体ベクターに挿入した安定細胞株の樹立に成功した。またこの細胞は3カ月以上の継代培養においてもサイレンシングを生じることなく安定な発光を維持すること、従来法で作製した細胞よりも10倍以上の高い発光を示すことを明らかにした。装置開発においては、マルチウェルプレートに対応した緑色、橙色、赤色発光レポーターのリアルタイム同時計測が可能なレミノメーターを試作し、装置検証を行った。

【平成25年度計画】

- ・前年度に引き続き、Gas7b の微小管系、アクチン系、およびこれらの混在する系における役割とそのメカニズムの解明を目指した研究を行う。Gas7b がどのような分子形態で微小管やアクチンを架橋するか、また、分子のどのドメインで結合するかを解析する。

【平成25年度実績】

- ・神経細胞でアクチンフィラメントおよび微小管の制御に関わり、アルツハイマー疾患との関連が示唆されるタンパク質 Gas7b について、これらの細胞骨格系との相互作用を電子顕微鏡を用いて観察した。その結果、Gas7b がアクチン同士、微小管同士を架橋し、さらにアクチンと微小管を架橋することがわかった。また、分子の特定部位を金粒子でラベルすることにより、Gas7b がオリゴマーを形成し、C 末側にある F-BAR ドメインで微小管およびアクチンと結合することを示すことができた。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、細胞運動とガン転移における細胞膜上でのホスホリパーゼ D の役割をイメージングを用いて解明するため、前年度に構築したマルチカラー全反射顕微鏡の制御機器整備を進め、2種または3種のタンパク質の同時1分子計測を行う。また、細胞運動におけるホスホリパーゼ D のシグナル伝達経路を明らかにするために、セルチップによるキヌーム解析から同定した細胞運動関連遺伝子群とホスホリパーゼ D 間におけるクロストークをパスウェイ解析により明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・マルチカラー全反射顕微鏡のレーザ切り替え制御部を構築し、PLD とその制御因子の3色同時観察を行った。

また、セルチップにより同定した細胞運動関連遺伝子31種と PLD のパスウェイ解析を進め、細胞運動に関するシグナル経路を描写したところ、本経路において EGFR、GRB2、Src がシグナル伝達ハブを形成していることを見出した。また、パスウェイ解析により、スクリーニングによって同定されなかった33遺伝子を新たに取得した。

【平成25年度計画】

- ・アクチンフィラメントの構造多型、構造変化の生理的意義の解明を進めるため、複数のアクチン結合タンパク質が共存する際にそれぞれのアクチンフィラメントとの結合がどのように影響しあうか、およびアクチン結合タンパク質が結合した際のアクチンフィラメントの構造変化の詳細な解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・GFP を融合したアクチン結合ドメインの遺伝子を13種作製し、予備的な局在解析を行った。また金沢大学古寺准教授と共同研究を行い、コフィリン結合に伴うアクチンフィラメントの構造変化を高速 AFM で直接可視化することに成功した。

【平成25年度計画】

- ・現場海域での実験を行う。対象は沿岸表層域として、動物プランクトンの深度別現存量、時刻による変化を測定し、従来の採集では不可能であった時間的に高頻度、空間的に連続な測定を行う。また測定の結果を検証するために現場で層別採集を行い、深度分布の測定を確かなものとする。

【平成25年度実績】

- ・ホログラフィー式懸濁粒子撮影装置の開発を行った。本装置は半導体レーザー、光ファイバーによる横モード選択、さらにファイバーコリメーターの利用により現場での測定に必要な耐振動性の高い装置とすることができた。現場測定結果の検証用の安価に製作できる高精細サンプラーを開発した。植物プランクトン用のサンプラーでは5cm 分解能で、動物プランクトン用では10-20cm の分解能で測定が可能であった。現場での分布測定の結果、従来考えていたより微細な分布構造が動植物プランクトンともに表層にあることがわかった。

【平成25年度計画】

- ・高分子複合体の電子顕微鏡構造解析を継続し、膜タンパク質や対称性の低い植物ウイルスを用いた単粒子解析の技術開発と解析、および核内高分子であるラミンの重合制御の電子顕微鏡解析を推進する。

【平成25年度実績】

- 1) 負染色電子顕微鏡画像を用いた単粒子開発法により、ヒト白血球抗原の一種の立体構造を決定することが出

来た。また単粒子解析技術の改良を行い、二次元平均化サイクルの中に長軸を合わせるステップを導入することで画像の収束を促進させることができた。

- 2) 核タンパク質であるラミンの重合化を電子顕微鏡で評価し、ジストロフィーを発症する変異ラミンの多くに重合異常を認めた。重合異常の原因を明らかにするために超遠心分析法等を用いて解析したところ、リンカー領域のアミノ酸組成が重合化に特に重要であることが判明した。

【平成25年度計画】

- 1) 皮膚特異的 FGF18ノックアウトマウスの遺伝子発現解析などを通じて FGF18による毛成長周期制御の機構を推定する。
- 2) ヒト代謝調節ホルモン FGF19について、FGF19様作用薬の創薬に向け、FGF19と補助受容体との相互作用を、受容体分子型の動物種の違いの比較に基づき評価する。
- 3) 新しい蛍光色素を臨床へ応用するために、新しい蛍光波長の色素を検討し、多重染色システムを構築することで病理診断法の確立を目指す。

【平成25年度実績】

- 1) 皮膚特異的 FGF18ノックアウトマウスにおける毛包の遺伝子発現解析により、毛成長休止期の短縮の機構の一部は成長期特有の遺伝子発現の昂進であると推定された。
- 2) マウスおよびヒト由来の培養脂肪様細胞に対するヒト代謝調節ホルモン FGF19の活性として、発現誘導される遺伝子を比較評価した結果、多数の発現の相違が確認された。
- 3) 新しい蛍光色素を用いた病理検体の4重染色プロトコールが完成し、複数のマーカーを同時に検出することが可能になったため、腎がんの病理診断の基礎を確立することができた。

【平成25年度計画】

- 平成24年度までは、結合を指標に標的特異的分子を選択する試験管内進化を行っていたが、それに加えて所定の細胞活性・生理活性を示すものを選択する手法を導入する。昨年度確立した IVC 法と組み合わせて、細胞分化や増殖活性を示す新たなペプチドを探索・創出を目指す。ペプチド探索の迅速化のために次世代シーケンサーデータ解析のためのプログラムを開発する。

【平成25年度実績】

- 細胞増殖活性を示すペプチドを鋳型とするランダムペプチドライブラリに IVC 法を適用し、ラット海馬の初代培養細胞において神経突起伸長活性を示すライブラリ画分を同定することに成功した。
- 結合を指標に標的分子を選択する試験管内分子進化技

術で得られた数十万個のクローンを次世代シーケンサーにより解析、得られたデータから一時間以内に結果を得るプログラムの開発に成功した。

【平成25年度計画】

- 1) 細胞内微細構造の観察を可能にする顕微鏡技術の開発を進めるとともに、核内や神経シナプス構造での微細構造変化や分子動態変化を規定する分子メカニズムを明らかにする。Qdot などのナノ粒子を用いた新規細胞標識分子の研究を進める。
- 2) 神経変性疾患モデル動物を用いて、細胞内アミロイドβ蓄積による細胞毒性と神経機能変化の詳細を解析する。生体内でアミロイドβ凝集を抑制する因子の同定を行う。
- 3) モデル動物を用いた神経脳情報抽出システムを確立し、感覚等の刺激に応じた行動や神経活動の変化を明らかにする。

【平成25年度実績】

- 1) 特に超解像顕微鏡観察用の試料作製法と観察手法の改良を進め、核内構造体や細胞骨格、ミトコンドリアなどの微細構造を高解像度で取得する事に成功した。
- 2) アルツハイマー病モデル動物における脳機能解析と、アミロイドβの細胞内動態解析を進め、加齢に伴う神経変化とアミロイドβの分子特性を明らかにした。また、RIN-1によるアクチン骨格と膜上受容体の動態変化による形態制御機構を明らかにした。
- 3) 新規のカルシウム感受性プローブを組み込んだ観察系を構築し、嗅覚入力刺激により惹起されることを確認した。

【平成25年度計画】

- 電子顕微鏡を用いた単粒子解析法を情報学的に改良し、新たな自動解析アルゴリズムを構築する。本法を利用して、新たに創薬に重要なタンパク質の精製に成功し、透過型電子顕微鏡により様々な方向を向いた単分散粒子像を撮影する。これらの粒子像を基に3次元構造を計算する。これら研究・開発により、新規な構造解析アルゴリズム1件とタンパク質構造を1件以上解明し、創薬の基盤とする。

【平成25年度実績】

- 電子顕微鏡を用いた単粒子解析法を情報学的に改良し、5つの評価関数群による新たな自動解析アルゴリズムを構築した。本法を利用して、新たに創薬に重要な膜タンパク質であるトランスロコン SecDF の精製に成功し、透過型電子顕微鏡により様々な方向を向いた単分散粒子像を撮影し、SecDF の3次元構造を計算した。SecDF の異なる2状態での構造を解明することに成功し、その動きを解明した。これら研究・開発により、新規な構造解析アルゴリズム1件とタンパク質構造解析1件を達成した。

【平成25年度計画】

- 1) 新規修飾核酸等を利用した核酸医薬に関する技術開発を行う。神経調節機能因子の機能解析、その作用機序に基づく核酸医薬の開発を行う。異なるターゲットに対する細胞マイクロチップ技術基板・システムを構築し、これを検証する。
- 2) フラグメントエボリューション法を用いた抗 NTD 創薬を行う。
- 3) 試験管内免疫による特異的抗体産生細胞誘導システムに関する技術開発を行う。
- 4) 消化管免疫機構に作用する機能性因子の評価技術を開発し、その生体分子標的を解明する。

【平成25年度実績】

- ・エキソソームに結合する RNA アプタマー及び、 μ オピオイド受容体に対してアゴニスト活性を示す DNA アプタマーを取得した。小分子薬剤の細胞応答やがん細胞の遊走関連遺伝子を評価できる細胞マイクロチップ技術を確認した。ジヒドロオロト酸脱水素酵素を抗 NTD 創薬の標的とし、変異体も含めた高次構造決定を行い、また、NMR を用いた相互作用評価系の構築も行った。試験管内免疫により誘導した抗体産生細胞から抗体遺伝子を単離し、抗原特異的抗体を樹立した。二重鎖 RNA による乳酸菌に特有の抗炎症メカニズムを解明した。

【平成25年度計画】

- ・10遺伝子以上を搭載できる次世代 SeVdp ベクターにシャペロン遺伝子を搭載して、分泌タンパク質の発現最大化を行う。またベクター作製から最大発現までにかかる時間を6週間以内に短縮する。

【平成25年度実績】

- ・次世代 SeVdp ベクターに抗体遺伝子を搭載し、20 pg/cell/day の発現効率を達成した。またシャペロン遺伝子については、4種類の解析が終了した時点でまだ効果のあるものは見出しておらず、さらに他の遺伝子について検討を開始した。またベクター作製法を改良し、ベクター作製から最大発現までにかかる時間を5週間に短縮した。

【平成25年度計画】

- ・バイオ医薬の簡便かつ迅速な糖鎖管理を実現するために、酵母の酵素を活用して合成した糖ペプチド標品を標準物質として活用し、昨年度から進めている糖ペプチドのキャピラリー電気泳動による分離分析系の構築を完了させる。

【平成25年度実績】

- ・簡便かつ迅速な糖鎖管理を実現するために、糖ペプチド標品を標準物質として活用したキャピラリー電気泳動による抗体糖ペプチド分離分析系の構築を完了させた。

- 1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

【第3期中期計画】

- ・効率的な創薬や、個の医療の実現に向けて、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備し、それらの配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術及び細胞内のネットワーク、パスウェイの推定やシミュレーション等のシステム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発を行う。特に、医薬品候補化合物について従来の5倍程度の効率で選択することを可能とするために、遺伝子やタンパク質の機能予測技術の開発を行う。

- 1-(3)-① 配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術開発

【第3期中期計画】

- ・遺伝子やタンパク質の機能予測及び特定のタンパク質や糖鎖と相互作用する化合物の探索等、膨大な化合物の中から従来の5倍程度の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・肝細胞がん、肺がん、卵巣がんについて、それぞれマーカー候補の発見と検証についての論文を発表する。また新規肝細胞がんマーカーについては、候補の選択、疾患関連糖鎖変化の検証を行い、論文化を目指す。

【平成25年度実績】

- ・肝細胞がんマーカー候補の発見についての論文が受理され、公開された。
- ・ここで発見された候補のうち有望な1分子について臨床的有用性を検証し、結果をまとめた論文を投稿し、受理された。
- ・卵巣がんマーカーの発見と検証の論文も投稿し、受理された。
- ・肺がんマーカーについて論文投稿を準備した。新規肝細胞がんマーカーについては探索、検証を進めた。

【平成25年度計画】

- ・糖鎖とタンパク質の相互作用に関して、X線結晶構造解析で解釈できなかった諸課題について、エネルギー計算を駆使して相互作用の本質の解明に取り組む。阻害剤開発に関して、類似の構造既知の酵素をモデルとしてインシリコスクリーニングを開始、同時に標的酵素の精製、結晶化を試みる。

【平成25年度実績】

- ・糖鎖とタンパク質の複合体について、結晶構造を基にした量子力学/分子動力学計算を駆使して、水素原子および水和水を組み込みながら最適化安定構造を得ることに成功した。この構造を基に、水分子を介した糖鎖とタンパク質の弱い相互作用を見積もり半定量評価

を行った。糖転移酵素の阻害剤開発のために、結晶構造解析のスループットを上げるための環境を整備した。また、インシリコスクリーニングによる IT 創薬において問題となる課題の抽出を行った。

【平成25年度計画】

- ・創薬等支援基盤技術プラットフォーム事業を拠点とした、分子モデリング技術による高度創薬支援研究および高度化研究を行う。支援研究では、実験系研究機関との共同研究を通じた創薬標的タンパク質立体構造予測データベースを提供する。高度化研究では、「京」計算機を活用した分子動力学計算による構造サンプリング技術の創薬標的への応用研究を行う。

【平成25年度実績】

- ・創薬等支援基盤技術プラットフォーム事業において、アカデミア中心に9件の支援研究を実施した。さらに民間企業5社との資金提供型共同研究課題を実施した。また、創薬に関する技術者養成コースを6コース開催し、人材養成活動にも取り組んだ。高度化研究では、RNA-RNA 複合体予測システムを開発し、解析ツールとして外部公開した。創薬ターゲットであるGPCR に特化した高精度モデリング手法を開発した。「京」計算機を用いた創薬研究では、分子動力学計算による高精度相互作用予測および検証を行った。

【平成25年度計画】

- 1) 大容量ゲノム配列比較の感度を高める為、suffix array の線形時間構築実装を更に改良する (subset seeds に対応)。
- 2) 高速かつ高感度な read mapping 手法を開発する。
- 3) 細胞内小器官のゲノム進化研究を支援するソフトウェアパッケージを公開する。

【平成25年度実績】

- 1) これまでに開発した「DisLeX 変換」アルゴリズムを拡張し、subset seeds でも線形時間で suffix array の構築ができるソフトウェアを実装した。
- 2) 高速かつ高感度な read mapping 手法を開発した。DNA メチル化測定実験データ解析ソフトウェアを複数のマッピングプログラムに対応させ、さらにクラスター計算機で並列動作させることができるようにした。また、ユーザーマニュアルの改善も行った。
- 3) 細胞内小器官のゲノム進化研究を支援するソフトウェアパッケージを開発した。

【平成25年度計画】

- 1) 実験グループ (感染研) と共同で赤痢アメーバ新規マイトソーム外膜タンパク質の確認を行う。
- 2) 実験グループ (名古屋大学) と共同でミトコンドリア外膜複合体 TOM40 のモデリングを行う。

【平成25年度実績】

- 1) これまでに開発した外膜蛋白質予測技術をマイトソーム用に改良し、赤痢アメーバの新規マイトソーム膜タンパク質を特定した。
- 2) 連携先の架橋データに基づき、立体構造の制約や進化保存度を考慮し、TOM40複合体のモデルを構築した。

【平成25年度計画】

- ・NEAT1と相互作用するタンパク質の機能制御解析と、NEAT1によって構築される核内構造体の生体内機能や疾患との関わりを培養細胞、KO マウスを用いて解析する。また両生類で見いだした NEAT1オースログの発現構造解析と機能解析を実施する。24年度に新たに見いだした RNA 依存的核内構造体の生体内機能解析や RNA 成分の同定を行う。RNA の化学修飾の生合成の反応機構と制御機構を解析し、翻訳後修飾が RNA 修飾反応や他の標的に対しにどのように機能しているかをあわせて解析する。

【平成25年度実績】

- ・NEAT1 ncRNA の新機能として転写因子を核内構造体に係留し活性を抑制するスポンジ機能を発見した。また筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 患者の運動ニューロンで、異常な NEAT1発現に伴う構造体が形成され、ALS タンパク質が係留されることを検出した。両生類 NEAT1の組織発現解析を行った。また特定がん細胞でのみ検出される新規構造体と、霊長類特異的ゲノム増幅領域由来の ncRNA が局在する新規構造体を発見した。RNA の化学修飾の生合成については、補欠分子族の関与した新規な標的残基の活性化機構を発見した。

【平成25年度計画】

- ・質量分析用サンプルの前処理工程を自動化・ロボット化したシステムを創薬基盤技術として活用していく。製薬企業が開発している新薬候補化合物のプロファイリングを行い、薬理薬効メカニズム解明を目指す。

【平成25年度実績】

- ・質量分析用サンプルの前処理工程の自動化・ロボット化に成功し、製薬企業数社とともに実証研究を開始した。

【平成25年度計画】

- 1) 今までに開発してきた薬物探索計算技術を改良しつつ、簡便な活性の推算手法、薬物の副作用の予測などを基礎とした分子設計システムなどの新たな薬物分子設計技術の開発に着手し、従来の2倍程度の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発する。
- 2) NMR でのタンパク質-化合物相互作用解析法の高効率・高速化を目指し、高分子量タンパク質中の化合物結合部位と運動性変化を同時に評価可能な新たな解析手法を開発し、一度の測定で得られる情報量の倍化

を図る。

【平成25年度実績】

- 1) タンパク質と化合物の複合体の短時間 MD シミュレーションから、薬物の活性を求める方法を開発した結果、それまでのドッキングスコアによる活性推定誤差平均2.5kcal/mol から、新手法では、1.2kcal/mol程度の精度が得られ、誤差を半減することで、無駄な分子設計を半減し医薬品候補物質の選出効率を2倍にすることができた。
- 2) NMR 緩和速度の測定から、薬物の結合に伴うタンパク質の運動性を定量的に評価することで、薬物と直接結合し運動性が低下する領域＝結合部位と、結合に伴って運動性が亢進し、結合に対しエントロピー的に寄与する領域を同定することに成功した結果、従来は一度に結合部位予測情報しか得られなかったのに比較して結合部位とダイナミクスの2倍の情報を得ることができた。

1-(3)-② システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発

【第3期中期計画】

- ・転写制御、シグナル伝達、代謝に代表される、細胞内のネットワーク、パスウェイ等の推定やシミュレーションにより、創薬に必要な化合物の設計と合成、標的分子を推定する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・比較ゲノム科学方法および機能ゲノム科学的方法による二次代謝系遺伝子クラスターの予測技術に関して、新たな指標の導入や他の方法との組合せ等によって網羅性と正確性の向上を図る。創薬における天然化合物の生産性の向上を目的として、優れた形質を獲得した株の変異を網羅的・効率的に解析する技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・遺伝子発現を利用した二次代謝遺伝子予測技術に関して、多数の培養条件に基づいて網羅的に予測する技術を開発し、未知の生合成系の同定・実証を行った。比較ゲノム解析法を用いた二次代謝遺伝子予測技術の基盤技術を開発し、多数の既知遺伝子の予測に成功した。多数の変異株のゲノム情報から鍵となる変異を予測するための基本的 DB・ツールを整備した。

【平成25年度計画】

- 1) 独自開発のネットワークスクリーニング及び表現型相異指向解析法を含む数理手法を統合して、薬効メカニズム解明及び創薬ターゲット絞り込みに特化したシステムを開発する。
- 2) 国立がんセンター研究所との共同研究により、悪性がんのメカニズム解明およびその創薬ターゲット推定を行う。

- 3) 転写因子絶対定量データに基づく刺激応答パスウェイ推定システムを開発する。

- 4) 幹細胞の性質を利用した悪性ガン併剤探索システムを構築する。

【平成25年度実績】

- 1) 解析統合ソフトウェア KNIME により創薬ターゲット推定システムのプロトタイプを作成した。
- 2) 国立がんセンター研究所との共同研究により、乳がんと肺がんについて細胞株により得られた発現データから疾患特異的遺伝子刻印およびパスウェイを推定した。
- 3) 刺激応答パスウェイ推定システム構築のための公共データの収集を行った。
- 4) 悪性ガン併剤探索システム「薬効リプログラミング」を構築し、それにより悪性前立腺がんの併剤候補として ribavirin を発見した。

【平成25年度計画】

- ・ラット脳下垂体視床下部の性分化におけるシグナルメディエーターによるエストロゲン応答カスケードの解析をもとに新たなエストロゲン応答カスケードに関する知見を得て、我々がすでに得た細胞増殖活性を示さないがエストロゲン様の遺伝子発現プロファイルを示す化学物質に関するシグナル伝達経路と比較解析することで、エストロゲン様化学物質影響評価のための細胞内新規シグナル伝達経路の解明を進め、選択的エストロゲン受容体モジュレーター (SERM) などのエストロゲン製剤や機能性食品への応用の可能性を探索する。

【平成25年度実績】

- ・健康食品として利用される唐辛子の解析を通して、その有効成分の一つであるカプサイシンがエストロゲン様の遺伝子発現プロファイルを示すことを見出し、さらに細胞内シグナル伝達経路の解析により、細胞増殖のシグナルは伝達されないが、エストロゲン活性を示すシグナルは伝達されることを明らかにした。また、これらの一群の化学物質の重要性と選択的エストロゲン受容体モジュレーター (SERM) などのエストロゲン製剤や機能性食品への利用について提言を行った。

1-(3)-③ バイオデータベース整備と利用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・遺伝子や生体分子に関する情報の高度な利用を促進する情報データベースやポータルサイト等を構築する。また、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等の整備及び統合を行うとともに、診断技術等の利用技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・糖鎖不均一性解析プログラムツールを完成させ、論文

化する。このプログラムを糖鎖遺伝子改変マウスの糖タンパク質分析に適用し、糖鎖遺伝子の機能機序や糖鎖の機能解析の基礎情報を収集する。

【平成25年度実績】

- 糖鎖不均一性解析プログラムを構成する3つの基本モジュールを完成させた。これらを統合して、全体をシステムティックに実行するプログラムの開発を進め、また論文の準備を進めた。このプログラムの実効性を試験するために、組換え体糖タンパク質（糖鎖マーカー候補）や培養細胞試料の分析に供し、その有効性と課題を抽出した。

【平成25年度計画】

- ヒトがんマーカー開発で取得したデータを GlycoProtDB に掲載し、公開する。マウス組織糖タンパク質についての情報を拡充する。

【平成25年度実績】

- 肝細胞がんマーカー候補の探索で得られたヒト培養細胞および患者試料由来の分析結果を GlycoProtDB に掲載し、公開した。また糖鎖遺伝子ノックアウトマウス由来のデータもこの DB に搭載し、公開した。さらにマウス組織の分析を拡充してデータを取得し、DB への搭載を準備した。並行して、データを登録するシステムの再構築を進めた。

【平成25年度計画】

- プラットフォームを用いた解析ツールの統合化では、さらなる解析ツールを拡張する。
- 解析ツールとデータベースの連携では、代表的な RDF 化されたデータベース（Uniprot, PDBj 等）のデータ・レポジトリを構築し、解析ツールとのシームレスな連携・連動に向けてオントロジーの開発を行う。

【平成25年度実績】

- プラットフォームを用いた解析ツールの拡張として、マイクロアレイ解析に着手し、独自に開発された解析要素技術のノード化を行い、新規ワークフローを構築した。
- 解析ツールとのシームレスな連携・連動のため解析ツールのオントロジー開発を実施し、そのインターフェイス開発を実施した。また 所内データ・レポジトリの構築とシインフラ整備を行い実測データの集約化を図った。

【平成25年度計画】

- 平成24年度までに作成したデータベースシステムは、基本的な機能しか備えていないため、平成25年度以降は、完全一致検索、範囲指定検索、集合積の検索、巨大データベースへの対応などを行う。それに伴って、数学的な安全性証明の構築も進めていく。また、適用

対象に関しても、化学構造データベース以外への拡張を行う。

【平成25年度実績】

- これまでに進めてきた化合物データベースの類似検索について、ゼロ知識証明も併せてセキュリティ性能を高めた。国内学会 CSS2013でデモを行い、最優秀デモンストレーション賞を受賞した。
- RISEC と共同で、データベースの範囲指定検索の理論構築を行った。

【平成25年度計画】

- RNA-Seq 由来のヒト転写産物情報、ヒトゲノム多様性情報、プロテオーム研究成果等をヒト遺伝子統合データベース H-InvDB に追加して更新し、疾患遺伝子候補や創薬ターゲット候補の探索空間としての利用価値を高める。経産省ライフサイエンスデータベースプロジェクトについて、ポータルサイト MEDALS の整備と運営を継続的に実施する。

【平成25年度実績】

- 最新のヒト転写産物データやゲノム多型データを使い、ヒト遺伝子統合データベース H-InvDB のバージョン9.0を構築した。日本人特有の遺伝子セットなどの独自データの整備を進めた。
- 経産省ライフサイエンスデータベースプロジェクトを継続して実施し、ポータルサイト MEDALS を通してデータベース閲覧や横断検索等のサービスを提供した。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

【第3期中期計画】

- 心身ともに健康な社会生活を実現するために、高齢者のケア、健康の維持増進、社会不安による心の問題の解決等の観点から健康な生き方に必要な開発課題に取り組む。具体的には、ストレス等を含む心身の健康状態を定量的に計測する技術の開発を行う。また、その計測結果に基づいて、個人に適した治療やリハビリテーションによる健康の回復、維持増進を支援する技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

【第3期中期計画】

- 個人の状況に応じて心身共に健康な生活を実現するために、人の心と行動を理解し、健康生活へと応用することが必要である。そのために脳神経機能及び認知行動の計測技術、人の生理、心理及び行動の予測に資する技術の開発を行う。また、高齢者や障害者の生理、心理及び行動データを基にした、安全性や快適性の確立に資する標準化活動を行う。特に、空間分解能を維持しつつ、ミリ秒オーダーの時間分解能で脳神経活動を計測する技術の開発を行う。

2-(1)-① 脳神経機能及び認知行動の計測技術の開発
と人間の心と行動の理解、モデル化、予測技術の開発
【第3期中期計画】

- ・脳神経機能と認知活動に関して、空間分解能を維持した状態でミリ秒オーダーの時間分解能の実現による脳の領域間の相互作用の評価等を非（低）侵襲、高解像度で計測する技術を開発する。また、得られたデータから人の認知処理容量の定量化や機器操作への適応等心理状態、認知行動を評価及び予測するモデルを開発する。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度までに実現した、MEG と fMRI を組み合わせた高精度な脳活動可視化結果と、それに基づく脳領域間の相互作用解析結果について、課題条件間や被験者グループ間の統計的に比較を可能にする技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・MEG と fMRI を組み合わせた高精度な脳活動可視化および脳領域間の相互作用解析技術を用いて、三次元物体認知に関して、三次元知覚を生じる条件と生じない条件との間の脳活動分布における統計的有意差を明らかにできることを示した。またこの際、頭頂葉に至る背側視覚経路と、側頭葉に至る腹側視覚経路との間の神経活動の因果関係を定量的に評価できることを示した。

【平成25年度計画】

- ・脳全体の酸素代謝を推定するために必要な複数の計測モダリティを相互補完的に併用する生体物理・生理特性計測技術を継続して開発する。そして、安静下での人間工学実験に加えて、平成25年度は一定の運動を伴う人間工学実験を併用して、開発した計測技術の有効性を検証する。

【平成25年度実績】

- ・脳全体の酸素代謝を推定するために必要な複数の計測モダリティ（近赤外光、超音波）を相互補完的に併用する生体物理・生理特性計測技術を継続して開発し、経頭蓋計測に最適な超音波の周波数帯域を決定した。安静下での人間工学実験に加えて、平成25年度は一定の運動（腕の屈曲・伸展）を伴う人間工学実験を併用してその有効性の検証を進めた。その結果、計測中の生体とのインターフェイス及び光路の変動に対する技術的改良により、さらなる精度向上の可能性を得た。

【平成25年度計画】

- ・トップダウン抑制、言語的作業記憶、視空間操作など、様々な認知機能モジュールにおける個人差を評価するための実験を行う。行動実験とともに脳波、MEG、機能的 MRI 等の脳活動計測を行い、各認知機能モジ

ュールにおける個人のパフォーマンスと脳活動パターンとの関係性を明らかにする。それらの実験的検討に基づいて、個人の認知パフォーマンスの定量的な評価手法の開発を目指す。

【平成25年度実績】

- ・トップダウン抑制を反映するストップ信号課題を用いて、課題遂行時の脳波計測を行った。トップダウン抑制機能が強い個人では、脳内モジュール間の機能的結合を反映するガンマ帯域の位相同期性が高いことを明らかにした。また、視空間操作のモデル実験としてメンタルローテーション課題を用いた MEG と fMRI 計測を行い、ガンマ帯域脳活動強度の個人差が、各人の課題遂行パフォーマンスと有意に相関することを明らかにした。これらの結果から、認知パフォーマンスの個人差が脳活動計測で定量的に評価できることを示した。

【平成25年度計画】

- ・視覚的認知メカニズム解明の研究では、適応モデル動物を用い、脳が状況・文脈・動機に合わせて柔軟な制御を行っている際の単一神経細胞活動を、嗅周囲皮質などと関連する脳部位において行い、内的変数（動機・記憶や注意）や外的変数（刺激パターン等）の変化と神経細胞活動との相関をミリ秒の時間分解能で解析する。脳の運動制御メカニズムの研究では、眼や腕の適切な運動を生じさせるために外界の複雑な情報を統合処理変換する脳内メカニズムについて、情報の取捨選択の側面から解析を進める。

【平成25年度実績】

- ・視覚的認知メカニズム解明の研究では、視覚刺激の曖昧さと主観的な確からしさに応じた神経活動が視床枕に存在することを発見した。運動制御メカニズムの研究では、外界にある沢山の情報の中から、我々の生存にとって重要な情報を適切に取捨選択・統合し、適切な運動を生じさせる脳内メカニズムに尾状核尾部という脳領域が関与することを世界で初めて発見した。さらに、経験に基づきこのような感覚・運動の適切な変換を習得するスキル学習の脳内基盤について解明を進めた。

【平成25年度計画】

- ・血流動態モデルに基づく信号分離法および fNIRS 多重配置法について、動作中での計測が可能という fNIRS 計測の特性を十分に生かす対象として運動野および補足運動野での脳活動計測を行い、両手法の有効性の検証を行う。また、毛髪雑音／プローブ固定不備の影響低減技術について、チャンネル間の多重比較の実現を最終的目標として引き続き開発を進める。さらに、fNIRS 計測の光源として、レーザーの代わりに安価な LED を用いた場合の問題点について解析を

を進める。

【平成25年度実績】

- ・企業と共同で光源・検出器の高度化、ホルダーの再設計などを施した試作機を製作し、毛髪部位での安定な計測を実現した。本装置を用いて運動課題時の脳活動計測を行い、両提案手法の有効性を示した。毛髪雑音等の影響低減については、プローブ先端部の形状を工夫する方針で開発に着手した。光源に LED を用いた場合にも概ねレーザーと同等の計測精度を持つことを検証した。MRI と fNIRS の同時計測のための非金属製プローブ、高コントラスト MRI マーカなどの開発を行った。

【平成25年度計画】

- ・自動車運転などの日常的タスクの遂行の安全性を維持するためにユーザの認知能力とタスクの負荷量の適切なマッチングを明らかにする必要がある。このためユーザの認知能力を簡易テストや行動計測など様々な方法で推定する。また、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化可能な手法を開発する。両者の関係を実験により検討し、ユーザの認知能力のレベルに応じて安全なタスク遂行を確保できるタスクの認知的負荷の範囲を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・人間の認知モデル化については、認知科学において議論されている合成性や認知容量の発達といった問題をカテゴリー理論の立場から解釈に成功した。機械学習アルゴリズムについては、複素ニューラルネットワークモデルの局所最適解の構造を明らかにした。また、プライバシー保護等の社会的公正性に配慮したパターン認識手法について、ベイズ最適決定の観点で定式化し直し、新たなアルゴリズムを提案した。コンピュータビジョン技術については GPU による並列処理を用いて方向マップ特徴抽出の高速化手法を確立した。

2-(1)-② 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化 (IV-3-(1)-③へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。

【平成25年度計画】

- ・公共空間の音案内及び報知光の ISO 規格原案各1編を提案し、審議開始を目指す。高齢者の聴覚特性、音声

アナウンス、色の組合せ、最小可読文字サイズ、及び触知図形の ISO 規格案各1編、並びにアクセシブルデザインに関する ISO/TR 改訂案1編の国際審議をそれぞれ継続する。新たに、消費生活用製品の音声案内の ISO 規格化提案に向けた作業を開始する。

【平成25年度実績】

- ・「公共空間の音案内」及び「報知光」の ISO 規格原案各1編を提案した。投票により前者は可決したため、国際審議を開始した。後者は可決しなかったため、再提案に向けた審議を行うこととした。「高齢者の聴覚特性」「音声アナウンス」及び「色の組合せ」の ISO 規格案各1編、並びにアクセシブルデザインに関する ISO/TR 改訂案1編について、それぞれ発行に向けた国際審議を進めた。「最小可読文字サイズ」「触知図形」及び「消費生活用製品の音声案内」について、国際提案に向けた国内での審議を継続した。

【平成25年度計画】

- ・ISO/TC 159/SC 4/WG 12にて、光感受性発作の低減に関する国際規格案 (DIS 9241-391) を成立させ、最終国際規格原案 (FDIS) 登録へと進める。また、立体映像の生体影響低減に関する委員会原案 (CD 9241-392) を成立させて、国際規格案 (DIS) 登録へと進める。

【平成25年度実績】

- ・ISO/TC 159/SC 4/WG 12にて、光感受性発作の低減に関する国際規格案 (DIS 9241-391) の投票結果は成立要件を満たすものであったが、コメント対応にて一部技術的に重要な修正を必要としたため、国際規格案第2版 (DIS 9241-391.2) として改めて投票実施となった。また、立体映像の生体影響低減に関する委員会原案 (CD 9241-392) が成立し、内容を改訂して国際規格案 (DIS 9241-392) の投票が実施された。

【平成25年度計画】

- ・自動車運転などの日常的タスクの遂行の安全性を維持するためにユーザの認知能力とタスクの負荷量の適切なマッチングを明らかにする必要がある。このためユーザの認知能力を簡易テストや行動計測など様々な方法で推定する。また、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化可能な手法を開発する。両者の関係を実験により検討し、ユーザの認知能力のレベルに応じて安全なタスク遂行を確保できるタスクの認知的負荷の範囲を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・日常生活におけるユーザの作業記憶や物事の手順立て能力などを簡易に計測可能な認知機能検査を実施し、ある認知機能のみ低下しているユーザ群を特定することにより、認知能力とタスクの負荷量の適切なマッチングを明らかにした。また、自動車運転中の環境要因

によるダイヤモンド等、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化する手法を開発し、異なる環境による視覚的ダイヤモンドの定量化に成功した。そして、安全なタスク遂行を実現するため、ユーザの低下している認知機能の種類に応じてタスク負荷を低減する方法を明らかにした。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

【第3期中期計画】

- ・個人の健康状態を評価するために、環境要因、ストレス等を含む心身の健康状態の定量的な計測が必要である。そのため、生体及び心の健康状態に関する分子レベルの指標の開発、標準化に向けたデータベース構築のための健康情報の収集、周辺環境モニタリングも含めた健康情報を管理及び評価するためのシステムの開発を行う。

2-(2)-① 分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の開発

【第3期中期計画】

- ・身体的健康状態又は鬱、ストレス、睡眠障害等の精神的健康状態を尿、血液、唾液等の生体試料を用いて簡便かつ迅速に検知し、時系列情報として管理できるデバイスや5個程度のバイオマーカー候補を開発する。

【平成25年度計画】

- ・ストレス性睡眠障害モデルマウス等の生体リズムの乱れた動物モデルを用いて、ヒトにおける睡眠障害性の精神疾患や代謝性疾患の発症メカニズムの解明に向けた研究をスタートさせる。生体リズムを改善する食品成分の開発を継続するとともに、その分子メカニズムの解明を目指す。

【平成25年度実績】

- 1) 生体リズムを改善する食品成分の探索において、培養細胞を用いた検討からイミダゾールジペプチドの体内時計制御作用を明らかにした。
- 2) 昨年度明らかにした乳酸菌 SBL88による睡眠障害改善作用の分子メカニズムを明らかにする目的で腸管上皮細胞を用いた検討を行い、セロトニンの分泌が促進されることを見出した。
- 3) 睡眠障害性の精神疾患の発症メカニズムの解明を目指し、実験動物を用いた不安情動やうつ症状の測定系を確立し、前年度に開発したストレス性睡眠障害モデルマウスにおける不安情動の誘発を確認した。

【平成25年度計画】

- ・生体リズムに関連した疾患を改善するための生理活性物質の効率的スクリーニング法を開発することを目的とし、これまでに確立したスクリーニング系をリファインしながら、植物や海藻の抽出物等から体内時計の

調節に関連するサイトカイン産生促進・抑制天然物質の探索を行う。また、海藻や発酵産物から見出した血圧降下作用の可能性のある物質について、動物実験で機能を確認する。

【平成25年度実績】

- ・DNAメチル化によるリズム異常改善物質のスクリーニング系を確立した。ムラサキの薬用成分シコニンに生体リズム周期短縮作用があることを見出し、ユリノキより調製した2種類のジテルペン化合物に抗炎症作用があることを見出した。またレンギョウのエタノール抽出物より TNF α 産生抑制活性物質として、イソプレノイド化合物2種とトリテルペン1種を見出した。アカモク、アナアオサおよび養殖ワカメの加工廃棄物を用いて、動物試験により血圧降下作用が認められる画分の調製に成功した。

【平成25年度計画】

- ・レーザー照射を用いた抗体固定化技術について、パルス幅を中心に照射条件の緩和を行う。また、加工部の分析を行いつつ、マルチマーカー測定チップで検討中の6種類の抗体に適用し、その有効性を検証する。紙と両面テープを用いたアディポネクチン測定チップについて、試料を滴下してから数ステップで検出する条件の検討と、ヒト血液を対象にして既存法との相関を検証する。

【平成25年度実績】

- ・PMMA基板に対してパルス幅200 fsのレーザにより、低強度域で表面改質を行い、濡れ性と抗体固定化能の向上を確認した。対象となる6種類の抗体のうち、特にアディポネクチン、およびレプチンについては定量性を含めた抗原検出性能の検証を行いその有効性を示した。紙と両面テープを用いた測定チップについて、流体制御条件を検討、1ステップでアディポネクチンを検出する事に成功し、国内優先でのPCT出願、試作・改良を実施した。入手性の問題から、ヒト血液に代えて動物血液で信号と濃度の良好な相関を確認した。

【平成25年度計画】

- ・レプチンや高感度CRPなど、他のアディポネクチンの定量検出系のオンチップ化を図る。これら複数のアディポネクチン測定系を一枚のマイクロチップ上に形成することで、アディポネクチン測定用マイクロチップ基板を構築する。

【平成25年度実績】

- ・アディポネクチンおよびレプチンの抗原抗体反応系をマイクロ流路で再現することで、正確な定量検出系のオンチップ化に成功した。IL-6およびTNF- α については同一マイクロチップ基板でのマルチ解析系を既に構築しており、各種アディポカインのマルチ測定用マイクロチップの開発が大きく進展した。

【平成25年度計画】

- ・遠心力送液型ラボディスクでは、遠心回転システムの製品プロトを試作する。独自の免疫反応構造部を有する量産型ラボディスクのプロトタイプチップの試作・改良、およびこれに対する流路表面処理技術を構築することで、複数項目の同時迅速定量を実証する。さらに電子体温計型全唾液 NO 代謝物プロトタイプチェッカによる実証研究用のヒト全唾液試料採取法を検討する。

【平成25年度実績】

- ・遠心力送液型ラボディスクでは、遠心回転システムの製品プロトを作製、安定性やソフトウェアについて実用性を検証した。量産型ラボディスクのプロトタイプチップの開発を進め、バイオマーカー2項目について免疫測定が可能であることを実証した。電子体温計型プロトチェッカによる唾液試料採取法を検討した結果、採取時間とリスクの観点からスプーン法を開発した。

【平成25年度計画】

- ・境界型糖尿病などの早期糖尿病病態や精神的ストレス負荷時に増加する酸化ストレス応答性の脂質酸化物の各種病態における生理的意義、生成メカニズムに関してデータの蓄積を行う。また脂質酸化物の細胞応答のデータの蓄積を行う。さらに、パーキンソン病の診断指標として酸化ストレス応答性バイオマーカーである酸化修飾タンパク質 DJ-1の有用性を検証する。

【平成25年度実績】

- ・ストレス負荷時に増加するアラキドン酸由来脂質酸化物の投与によって、ストレス応答性のホルモンに変動がみらることを明らかとした。酸化 DJ-1のパーキンソン病診断での有用性の検証に関しては被験者数をさらに増やして検討を行い、その再現性を確認した。

【平成25年度計画】

- ・がん細胞と間質細胞との共培養を行い、がん細胞に対する抗がん剤の薬効に及ぼす影響を検討する。また、共培養デザインの違いによる細胞応答の変化を検証する。アルブミンと抗体から成るフィルムを用いて、フィルムに含有している抗体の配向を制御する手法を確立する。

【平成25年度実績】

- ・抗がん剤の薬効評価に適したデザインで共培養を行い、間質線維芽細胞が抗がん剤の殺細胞効果を弱め、また、単球が抗がん剤のプロドラッグの殺細胞効果を強めることを明らかにした。表面加工技術によりアルブミンフィルム中に特定の配向で抗体を包埋する手法を確立した。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度は、診断機器の実用性に関する研究を引き

続き行い、共同研究先企業の事業化に向けた取り組みを支援する。消化器内科との共同研究に関しては、平成24年度の結果をうけて消化器内科でのうつ病の生物学的診断が可能かどうかを検証する。

【平成25年度実績】

- ・産総研が開発してきたうつ病バイオマーカーについて抗体および測定系の条件を確立し、臨床試料を用いた測定で十分な検出感度 (30pg/ml) が得られた。そして、消化器内科との共同研究により、このバイオマーカー測定が投薬治療後のうつ病発症の経過診断に応用できることが示唆された。

【平成25年度計画】

- ・生物発光イメージングに関して、
 - 1) 固層化 BAF 法をバイオマスマノファイバーにも適用し、ナノスケールハイブリッド材料からのマクロ素材の構築技術の開発に取り組む。
 - 2) 発光プローブ作成法の最適化をさらに進めると共にエピジェネティック解析用の発光検出法の開発に着手する。

【平成25年度実績】

- ・生物発光イメージングに関して、
 - 1) 固層化 BAF 法を利用した耐乾燥性を持つ新たなプロテアーゼ活性分析法を改良し、反応を5分間に短縮する迅速化と1000倍の高感度化を実現した。また、濾紙へのナノファイバーハイブリッドの固着の検討も開始した。
 - 2) 発光プローブ作成法では、ファージライブラリーを用いてホモシステインの代謝産物をミミックするペプチドを探索し、この候補ペプチドを利用した発光アッセイ法を開発した。また、エピジェネティック解析用の発光検出法について新規な化学プローブの開発に着手した。

【平成25年度計画】

- ・嫌気性生物における抗酸化システムをタンパク質科学的に理解するため、嫌気性超好熱性古細菌由来のチオールペルオキシダーゼの一種である Prx をターゲットとし、立体構造に基づいて反応機構を解析する。また、古細菌においてスーパーオキシドを基質とする酵素に着目し、メタン生成古細菌の Fe-SOD (superoxide dismutase)、Cu/Zn-SOD, SOR (superoxide reductase) の3酵素の構造・反応機構解析に着手する。

【平成25年度実績】

- ・嫌気性超好熱性古細菌 *Pyrococcus horikoshii* 由来 Prx (PhPrx) の立体構造を明らかにした。PhPrx の結晶に過酸化水素を添加することによって、反応に関与するアミノ酸側鎖の構造変化を観測した。メタン生成古細菌の Fe-SOD (superoxide dismutase)、

Cu/Zn-SOD、SOR (superoxide reductase) について、遺伝子を得て発現系を構築した。

【平成25年度計画】

- ・飼育中のアルパカより取得した新規ラクダ科動物由来抗体2種について抗体分子を調製し、その抗原結合活性を評価する。また、アミノ酸の化学修飾を抑制することでラクダ科動物由来抗体の安定性を50%以上向上させる技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・ラクダ科動物由来抗体4種について抗体分子を調製し、優れた抗原結合活性を有することを明らかにした。化学修飾を抑制する5種類のアミノ酸変異を同定し、最大で耐熱性を50%向上させることに成功した。

【平成25年度計画】

- ・嗅覚受容体の安定機能発現株の改良を進め、一過性発現系に匹敵する匂い応答感度の実現を目指す。行動実験では、背側受容体欠損による感度変化の有無により、混合臭時の識別臭の主因子に与える影響の相違を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・嗅覚受容体を含む4遺伝子安定機能発現株の改良を進め、1種の受容体で一過性発現系に匹敵する匂い応答感度が確認できた。この細胞株を作製した3遺伝子安定発現株を用いて、他の2種の受容体の安定機能発現株の作製を行った。行動実験では、背側受容体欠損による単体臭気に対する感度変化の有無を実験で再確認することが必要となり、6種の臭気ペアでのデータ取得を完了した。また、混合臭識別例として、膀胱がん患者の腫瘍摘除前後の尿臭の識別テストを行い、健常人の変化より大きな相違があることが示唆された。

【平成25年度計画】

- ・NMR-メタボリック・プロファイリング法を他の分光法・分析法への適用の可能性を検討するとともに、NMR を用いたプロファイリング解析では食品と健康に加え、培養細胞上清、放血死させた実験動物血等の廃棄される液体を利用した評価方法への応用など、余剰廃棄試料からの有用情報抽出を提案していく。NMR 普及機を用いた汎用解析技術としてルーチン分析化と高度化を目指し、本手法の応用範囲の拡大と普及を行う。

【平成25年度実績】

- ・農水省委託プロジェクトに参画し、近赤外分光等の他の分光法へ応用化を開始した。当該プロジェクトでは農産物の潜在的品質を見出すものであり、まさに非標的分析に最適であった。また、終了した食品企業との共同研究が実を結びつつあり、協力して肥満状態を創出維持するための高カロリー食の同率のカロリーを魚

油と魚肉、畜肉、獣脂と代替する実験を監修し、肥満であっても魚油・魚脂代替高カロリー飼料においては脂肪肝を惹起しない等の直ちに人間に外挿できる健康に有用な知見を得た。

2-(2)-② 健康リスクのモニタリング及び低減技術、健康維持技術と健康情報の管理及び活用技術の開発
【第3期中期計画】

- ・環境に存在する50種類以上の工業用ナノ粒子、微粒子等の健康阻害因子を高精度に計測及び評価し、因子の除去、又は健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。また、健康管理システムを構築するために、心と体の健康情報を長期的に収集及び評価する技術並びに健康逸脱状態を検出する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・昨年度に引き続き、マルチマーカータップの供給を行う。作製するチップについては、1枚あたりの有効検出点を可能な限り増やし、コスト面での実用性を考慮したものとする。また、定期健康診断、OGTT (糖負荷試験) 時の血中マーカー測定等から有用な相関関係を見いだすためのデータ連携を進める。

【平成25年度実績】

- ・随時マルチマーカータップを供給しつつ、レーザ表面処理により、有効検出点の増加と、検出面積の拡大を実現した。また、マルチマーカータップの製造時に抗体吐出を行うインクジェット装置について、チップの歩留まりを左右する吐出の安定性向上のために、インジェクターヘッドのメンテナンス法、ノズル状態の自動計測法の検討を行った。また、血中マーカーの総合的な解析に向け、ネット上のデータの自動取り込み試験を行った。

【平成25年度計画】

- ・マイクロ流体デバイス型 PCR では、製品プロトタイプ装置に炭疽菌芽胞の擬剤を適用し、大気捕集から検出までの分析時間について最適化を行う。また、本 PCR 技術による食中毒菌や感染性微生物、癌細胞の迅速検知実現の可能性を検証する。イオンー斉分離計測デバイスでは、企業との連携により小型計測システムの製品プロトタイプ装置を開発に着手する。

【平成25年度実績】

- ・マイクロ流体デバイス型 PCR のプロトタイプ装置を用いることにより、炭疽菌芽胞の擬剤に対して大気捕集から検出まで13分を達成した。また、本 PCR 技術を用いた食中毒菌ベロ毒素遺伝子、マイコプラズマ、膀胱がんマーカーの迅速検知について、標準試料により可能であることが確認された。イオンー斉分離計測デバイスでは製品プロトタイプ装置に必要なシステム改良を行った。

【平成25年度計画】

- 平成25年度にはマラリア感染患者およびがん患者のリアルサンプルを用いて、マイクロチャンバーからのマイクロマニピレーターにより細胞を回収し、一細胞レベルでの遺伝子解析法によるマラリア診断およびがん細胞機能解析を行う。

【平成25年度実績】

- マラリア診断用細胞チップを用いて、ウガンダでのフィールド試験を実施した。95例の患者血液を用いてマラリア原虫の検出を行い、低感染領域では既存診断法と同等以上の検出感度を確保した。さらに、マイクロチャンバーからマイクロマニピレーターによる感染赤血球回収と PCR による遺伝子解析により熱帯熱マラリアの検出に成功した。循環がん細胞検出用細胞チップでは、肺がん患者由来血液を用いてがん細胞検出に成功した。

【平成25年度計画】

- 健康阻害因子の除去、または影響を効果的に低減するため、
 - 化学処理によるセシウム汚染土壌の除染・減容化に有効な技術開発
 - イオン選択材料を用いた高性能アニオン選択センサーの作成
 - ナノカーボンの特性を制御、活用した新規ドラッグデリバリーシステムの性能を検証
 - にんにく、梅などに含まれる機能性成分3種について、分析法の標準化を実施する。

【平成25年度実績】

- アンモニウムイオン処理により模擬土壌からセシウムを脱着・濃縮した。「ニオブ酸カルシウム型」新規セシウム選択吸着剤を開発した。
- アニオン選択吸着剤を FET 型電極上に複合化し、アニオン選択センサーを作成したが、性能向上に至らなかった。
- ドラッグデリバリーシステムの性能検証に用いる薬物分析システム（カーボンナノチューブと蝶の翅を複合化した新規システム）を開発した。
- にんにく、梅に含まれる機能性成分の共同分析を開始した。ショウガの分析法プロトコルの改良を行い、フォーラム標準分析法を公開した。

【平成25年度計画】

- 引き続き、マウス嗅覚受容体発現メダカ作製を推進するとともに、メダカ個体を用いた新規の化学物質検出系の構築を目指す。また、脊髄を損傷させたメダカの回復過程における損傷部付近での細胞動態を解析する。

【平成25年度実績】

- マウス嗅覚受容体をメダカに発現させるプロモーターとして、神経系全般に発現活性を有するものは不適だ

ったため、嗅上皮に限局し発現させるプロモーターを探索し、有力候補2遺伝子を同定した。その内の1遺伝子を利用して遺伝子導入システムを作製し局所発現を確認した。脊髄損傷モデルメダカの回復過程における損傷部での未分化細胞の増殖・分化を組織切片で解析した。更に、生きた個体での詳細な動態解析のための未分化細胞可視化システムを樹立した。メダカのビデオ画像から軌跡データを取得し行動特性を定量化する実験系を確立した。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

【第3期中期計画】

- 健康な社会生活を実現するために、人の生理、心理及び行動や生体及び心の健康状態に関する指標に基づいて、失われた運動能力や認知能力を補い、個人の健康状態に適した暮らし方を支援する技術や、リハビリテーション等の健康回復、維持増進を支援するための技術の開発を行う。また、患者と医療従事者の負担を軽減するための技術開発を行う。

2-(3)-① 生体情報計測に基づく軽負荷医療及び遠隔医療支援技術の開発

【第3期中期計画】

- 患者と医療従事者の負担軽減を目的として、生体組織の物理的、生理的計測情報を高度に組み合わせ、計測時間の短縮や試料採取量を減らすことにより、低侵襲治療を支援する技術を開発する。また、先端的材料技術や電子機械技術を融合し、手術手技研修システム技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 国際標準・医療機器開発のガイドライン事業を通じて、プラズマ止血デバイスを国内外での実用化を視野に、開発を進める。また、遺伝子改変によるすい臓発がん動物モデルの解析を進めて、検査マーカー探索や創薬標的探索を行う。これより見出された分子について、プラズマ技術による¹⁸F 標識装置を開発して、すい臓がんの早期診断技術の開発を進める。

【平成25年度実績】

- IEC62D においてプラズマ止血デバイスの国際標準の書類作成を開始した。今年度に完成した書類を草案として各国に回覧する準備をほぼ完了した。遺伝子改変によるすい臓発がん動物モデルの解析を進めて、ターゲット PET 検査用プローブ候補分子を4つ見出した。また、32万画素で、1600nm までを捕らえる近赤外イメージングカメラを完成させた。

【平成25年度計画】

- 磁気共鳴による弾性画像計測法 (MRE) については、H24末に新規に導入される MRI 装置への実装と、引

き続き従来方式との比較実験を行う。穿刺の手応えをフィードバックする手持ち穿刺支援装置については、安全性や簡便さを考慮したプロトタイプを試作を行う。遠隔手術指導については引き続き遠隔手術指導症例を蓄積する。手術自習システムについては、システムの試作と要素の抽出を行う。

【平成25年度実績】

- 平成22年度開発の産総研方式 MRE を新 MR 装置に実装するにあたり、MR 撮像で生じる電磁波を用いることで MRE 導入を容易にする新方法を開発した。手持ち穿刺支援装置については、従来の電気駆動式より安価で清潔になると期待される空気圧駆動プロトタイプを試作した。遠隔手術システムを用いた指導症例として、手術室での実地指導を1例記録することができた。自習システムについては、遠隔指導兼用システムおよび SCCToolKit を使用した普及型を試作した。

2-(3)-② 身体生理機能や認知機能の理解に基づき心身機能を維持増進する技術や回復（リハビリテーション）する技術の開発

【第3期中期計画】

- 加齢に伴う知覚能力減退に起因する歩行困難等を緩和し、安心して生活できる社会を実現するために、認知及び運動の相互作用特性の計測、評価及びデータベースに基づいた視覚障害者に対する聴覚空間認知訓練システムを開発する。また、心身活動の維持に適合した製品や環境設計技術、心身活動の回復（リハビリテーション）や増進を支援する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- 平成24年度の FS にて検討した視覚障害者の歩行訓練の成果を客観的指標を用いて評価する方法および関連するシステムを開発する。

【平成25年度実績】

- 視覚障害者の歩行訓練の成果を客観的指標を用いて評価する方法を開発し、これを含む歩行訓練システムを構築した。実施に視覚障害者を対象とした歩行能力の評価を行った結果、位置の正確さを向上させる必要が判明した。

【平成25年度計画】

- 立体映像の生体影響に関する両眼視差要因についてデータ収集を行い、この特性を立体映像酔い簡易評価システムに組み込むとともに、システムの評価結果に基づいて、立体映像中の検討を要する区間とその対策による推定評価を行う立体映像制作支援システムを構築する。温度差に関する人工気候室での実験結果を検証するために、実生活場面においての高齢者の周囲温熱環境、血圧の計測ならびに、生活行動・アンケート調査を合わせて実施する。また、伝熱経路の影響を加齢

について評価するための研究方法を検討する。

【平成25年度実績】

- 両眼視差要因の計測データを解析評価 DB として簡易評価システムに組込んだ立体映像制作支援システムを構築した。このシステムにより、映像区間ごとの生体影響の程度や、対策を行った場合の効果を映像制作者らが容易に理解可能となった。実生活場面における周囲温熱環境と個人の血圧の計測、生活行動・アンケート調査を合わせて実施し、四季について高齢男女19名のデータを得て、季節による影響を明らかにした。放射熱が生体に及ぼす影響について安静状態の高齢者と青年で比較した。

【平成25年度計画】

- 心身活動の回復や増進については日常生活における様々なタイプの運動（一過性・習慣性）や姿勢等がヒトの循環調節機能に与える影響を定量的に明らかにし、安全な運動処方構築やリハビリ応用への展開を目指す。健康支援のための生体計測技術については、試作改良した脈波測定装置を用いて、刺激に対する掌指脈波応答の機序を明確にする。運動機能訓練と生活支援技術については、股関節筋の有効利用に着目したリハビリ用自転車のペダル機構の評価試験を行い、柔らかな水素吸蔵合金アクチュエータに関しては新規材料による開発を進める。

【平成25年度実績】

- 心身活動の回復や増進については、高強度持久性運動に伴う運動後の起立性低血圧は循環調節機能を高めると適正に制御できる事がわかった。健康支援のための生体計測技術については、改良型の掌指脈波測定装置にて、ストレス評価などに利用される脈波の周波数特性が視覚情報の影響を受ける事を確認した。運動機能訓練と生活支援技術については、リハビリ自転車の搭乗者の上半身の姿勢角度と出力パワーの関係性を定量的に評価した。柔らかな水素吸蔵合金アクチュエータに関しては従来組成と異なる異種金属の導入による改善を行った。

【平成25年度計画】

- リハビリ訓練による脳損傷後の機能回復に伴う遺伝子発現の変化を網羅的に探索するために、DNA マイクロアレイを用いた発現解析を行う。また、組織化学的手法を用いて発現が顕著に見られる領域と層を同定するとともに、細胞特性マーカー分子（興奮性/抑制性神経細胞のマーカー分子など）との二重染色法にて発現細胞種を同定する。これらの解析に加えて、機能回復の程度と発現量の相関を調べて脳機能回復に関わる遺伝子のスクリーニングを試みる。

【平成25年度実績】

- リハビリ訓練による機能回復に伴って生じる遺伝子発

現を解析した。損傷周囲の大脳皮質領域で、機能を代償する神経活動の変化が生じていることを報告済みであるが、この領域では数百の遺伝子の発現が変動しており、その約1/3は神経の構造変化に関わる遺伝子であることを新たに明らかにした。神経情報伝達に関わるタンパクの一つである SPP1 と呼ばれる遺伝子の、損傷周囲皮質出力細胞層の大型出力細胞における発現量は、機能回復の程度と高い相関を示すことが明らかになり、これらは機能回復促進薬の開発につながる知見が得られた。

【平成25年度計画】

- ・歩行困難の緩和と心身活動の増進を支援するための歩行評価システムについて、転倒リスクの可視化技術として年齢相当の転倒リスクを計算するモデルを開発し、提示するインタフェースを整備する。このシステムを2つ以上の機関で実地検証し、年齢相当の転倒リスク提示により、長期的に転倒リスクが低減することを実証する。

【平成25年度実績】

- ・歩行困難の緩和と心身活動の増進を支援するための歩行評価システムについて、転倒リスクと強く相関する歩行軌道のばらつきを力データのみから計算し、そのばらつきが何歳相当であるかを評価して、提示するインタフェースを整備した。このシステムを東北地区、横浜地区のイベントで実地検証した結果、年齢相当の転倒リスク提示により、歩行軌道のばらつきが平均で5%低減する（有意差あり）ことが確認できた。

2-(3)-③ 人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発

【第3期中期計画】

- ・現状の運動能力や認知能力を補い高齢者、障害者、健康者等のより高度な社会参画を可能にする技術（従来の2倍以上の意思伝達効率のブレインマシンインターフェースや、柔軟で1V程度での低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等）を開発する。

【平成25年度計画】

- ・柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等を開発するため、導電性が優れ、かつ柔軟性のあるカーボンナノファイバーからなる電極を開発し、この柔軟性電極をもちいて、高伸縮性のアクチュエータを開発する。昨年度より開始した実用化研究を平成24年度も進め、様々な電荷移動錯体の添加による耐久性向上、あるいは、応答性、伸縮性向上の検討、および、そのメカニズムについて検討を進める。

【平成25年度実績】

- ・昨年度、見出した電荷移動錯体添加によるアクチュエータのDC電圧による耐久性の向上の効果について、

詳細に調べた。その結果、電荷移動錯体 TCNQ が最も効果が大きく、また、電極組成においてもカーボンナノチューブにポリアニリン導電性微粒子を添加した系に TCNQ を加えると、さらに効果的であることが分かった。さらに、産総研のナノチューブであるスーパーグロースカーボンナノチューブの効果的な分散法を開発しアクチュエータに活用することに成功した。このアクチュエータにおいても上記の効果が確かめられた。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に続き、電気活性のある導電性微粒子を高分子に分散させた伸縮性電極の電場伸縮機構に関する計算機実験を進め、アクチュエータ電極に用いる材料の設計に関する指針を得る。これまで進めてきた実績に基づき、異なるイオン径からなるイオン、あるいは複数種のイオンが存在する系について、分子シミュレーションの解析を進め、応力発生の変化について明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・異なるイオン径からなるイオン、および複数種のイオンについて、細孔電極についての電圧を加えた際の電気応力発生について、モンテカルロシミュレーションによる分子シミュレーション実験を行った。その結果、細孔径と各イオンのイオン径によって、様々な電気二重層へのイオン分布が生じ、応力発生は電圧に依存して様々に変化することを見出した。それらは、静電力と排除体積効果により生じるものであり、媒体の誘電率等に大きく影響されることがわかった。

【平成25年度計画】

- ・臨床現場等で問題となっている医療機器や家電ノイズへの耐性を高めるために、ハードとソフトの両面において革新/改良を行うことで脳波計測システムのモバイル利用を促進する。また、現在、産総研が中心として散発的に行っている訪問モニター実験では多様で多数の症例数の獲得が困難であるために、所外の多数の医療/福祉関係施設と連携して体系的なモニター実験を実施できる体制を確立する。一方、GUIの簡素化や視覚刺激の自動加工システムの導入によって福祉分野以外においても脳情報活用技術の産業応用を促進する。

【平成25年度実績】

- ・脳波計測システムのモバイル利用を可能とする電氣的ノイズ耐性を向上させる2つの技術を開発した（特許出願予定及び出願中）。また、体系的なモニター実験を実施可能な、地方大病院等複数機関との連携体制を確立した。福祉分野以外での脳情報活用技術として、脳波「脳トレ」システム（教育分野）や潜在意識を反映した感性評価システム（マーケティング分野）の開

発を行った。

3. 生活安全のための技術開発

【第3期中期計画】

- ・疾患の予防や社会生活における事故防止、高齢化社会の到来による介護負担の軽減、ネットワーク社会における消費者の保護等、日常生活にかかわる生活安全のための情報通信技術（IT）にかかわる開発を行う。具体的には、ストレスセンシングなど生活安全にかかわるセンサ技術、高齢者や被介護者等の日常生活を支援するセンサ技術等の開発を行う。また、日常生活における人とのインタラクションが必要となる生活支援ロボットの実環境での安全性を確立するための基盤技術の開発を行い、安全規格を定める。

3-(1) ITによる生活安全技術

【第3期中期計画】

- ・安全・安心な社会生活を実現するため、情報通信技術（IT）にかかわる研究開発を行う。具体的には、バイオケミカルセンサ等センサシステム自体の開発と併せて、センサを用いた人や生活環境のセンシング技術、センシングデータの解析やモデル化技術に基づいた異常検出やリスク分析及びリスク回避の技術開発を行う。さらに、消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術の開発を行う。

3-(1)-① 生活安全のためのセンサシステムの開発

【第3期中期計画】

- ・生活習慣病の迅速診断、感染症対策のためのウイルスの検出、ストレスセンシングを目的として、導波モードや新蛍光材料を用いたバイオ・ケミカルセンシングシステムを開発する。また、予防医療につながる眼底の高精度診断のために、画像分光や能動的光波制御を用いた眼底イメージング装置を開発し、5 μm 以上の分解能を実現する計測技術を開発する。
- ・生活環境下における有毒ガス等の分光検知を目指して、複数ガスの遠隔分光に適した200~500GHz帯において、従来検出器の1/5以下の最小検出電力を持つ高感度超伝導受信器を開発する。

【平成25年度計画】

- ・環境基準濃度の重金属の検出および定量、めっき液成分の濃度や劣化のモニター、インフルエンザウイルスH3N2とH1N1の識別を導波モードセンサを用いて行う。また、水中の病虫や菌の識別、個数のカウントを光ディスクセンサにより行う。

【平成25年度実績】

- ・水中のCd及びPbを導波モードセンサ表面で電気還元して検出信号を得る手法にて、環境基準濃度の検出に成功した。Pbにおいて10ppbから10ppmの間で定

量検出に成功した。めっき液添加物の劣化に起因する添加物濃度減少によるめっき不良をモニターできた。H3N2型及びH1N1型のインフルエンザウイルスをそれぞれ特異的に認識する抗体を用い各ウイルスの選択検出に成功した。大腸菌を夾雑物と混ぜて光ディスクセンサで検出試験し、画像認識技術によって大腸菌のみを選別し、同時に個数を自動計測することに成功した。

【平成25年度計画】

- ・生体内部、特に表面から数百マイクロメートル程度の深さに集中する毛細血管を流れる血液の成分を分析するために、散乱体である生体組織内部の鮮明なイメージングに不可欠な光波面制御技術と極めて微弱な反射光のスペクトルを計測するための高感度分光技術を融合した手法を導入する。イメージングシステムを用いて皮膚表面から500マイクロメートル程度までの深さの内部画像を取得する技術を開発する。また血液中の酸素化・脱酸素化ヘモグロビンや中性脂肪、コレステロールを定量化するための分光画像解析技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・光波面制御装置の立ち上げ、及び、インラインマルチチャンネルフーリエ分光による高感度近赤外分光器を用いた血液成分分析装置の立ち上げを完了した。皮膚内部の画像化を行うための共焦点イメージングに関し、深さ500マイクロメートルの高速な画像取得が可能な装置を作製した。独自に開発した高感度近赤外分光器を用いて、酸素化・脱酸素化ヘモグロビン、中性脂肪、コレステロールの定量検出に向けた検量線作成を開始できるまでに至った。

【平成25年度計画】

- ・X線領域の超伝導検出器（TES）と同じ0.1Kの温度ステージに読出回路を配し、共振Q値増大と入力換算雑音電流低減を実証する。また、1画素TESとの協調動作実験に着手する。

【平成25年度実績】

- ・4K動作に適した共振器電極材料に基づくチップの新規開発と測定条件の最適化により、4Kでの共振Q値を6倍に、入力換算雑音電流を1/7に低減することに成功した。また、0.1K冷却系の立上げに関する問題点把握と対策を行い、TESと多重読出回路を同一冷却系で協調動作させる見通しを得た。

3-(1)-② 生活安全のためのセンサを用いた見守り及び異常検出技術

【第3期中期計画】

- ・高齢者及び被介護者の健康及び身体状態の把握や、介護者の支援を目的とし、生活の安全性の検証とリスク

分析の手法を開発する。具体的には、生活における危険状態の自動検出を実現するために、人の10以上の姿勢や運動状態の識別及び運動量を推定できる技術を開発する。異常状態の自動検出率95%を目指して、生活動画、日常音環境等を分析する技術を開発する。また、医療における早期診断支援を目的とし、がん細胞の自動検出率95%を実現するために、胃生検画像を自動的に診断する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・生活安全の向上に寄与する以下の研究開発を実施する。
- 1) 複数ユーザを対象に、遠隔見守りシステムによって得られる生活パターンについてユーザ間での関連性を解析し、複数のユーザが同一作業を実行している等の生活パターンの関連性を抽出するシステムを実現する。
- 2) 検査画像の性質に応じて特異的に反応する識別器群を効果的に機能させるアルゴリズムを実装し、がん検出の信頼性向上を試みる。
- 3) 高齢者等の行動を把握し適切な支援を行うため、施設等での不審行動や危険を検出して、介護者等へ通知するセンシングシステムを開発する。

【平成25年度実績】

- ・生活安全の向上に寄与する以下の研究開発を実施した。
- 1) 遠隔見守りシステムが出力する個々の生活パターンからユーザ間の関連性を解析し、複数人が同一作業を行っているといった関連性を複数ユーザの位置関係から抽出するシステムを実現した。
- 2) 識別器群を効果的に機能させるアルゴリズムと色指標局所相関特徴量を導入した結果、実際のデータセットに対して、がん検出率が78.7%から93.7%に向上した。
- 3) 高齢者の行動を把握し支援を行うため、人物特定と行動追跡を行い、その行動データを閲覧権限レベルに応じて匿名化し安全に出力するシステムを開発した。

3-(1)-③ 人間機能モデルによる生活安全評価技術

【第3期中期計画】

- ・乳幼児と高齢者の傷害予防を目的に、傷害情報サーベイランス技術と実時間見守りセンシング技術を開発し、12,000件以上からなる傷害データベースとWHO国際生活機能分類に準拠した生活機能構造を作成する。データベースから生体モデルと生活機能モデルを構築する技術を開発するとともに、10件以上の製品の設計、評価及びリスクアセスメントに適用し、生活支援ロボットの設計と評価に応用する。開発技術を5か所以上の外部機関や企業が利用可能な形で提供し、運用検証する。

【平成25年度計画】

- ・医療機関・児童相談所と協力し、傷害サーベイランス

技術により2000件規模の傷害データの追加、数十件程度の虐待データを拡充する。子どもの安全性に配慮した製品設計支援技術として、可搬型リスク評価システムを開発する。高齢者の社会参加支援技術として、空間正準化機能、生活機能対称変換機能を有する生活データベース技術を作成し、介護施設、リハビリテーション病院、身体障害者支援団体と協力し、20施設程度のヒヤリハットデータベースや100人規模の生活機能データベースを作成する。

【平成25年度実績】

- ・医療機関などと協力し、3,000件の傷害データ、20件の虐待データを拡充した。子ども安全製品の支援技術として、可搬型切傷評価システムを開発した。高齢者の社会参加支援技術として、施設の図面上にヒヤリハットデータを記録できる生活データベース技術を作成し、異施設間での統計分析を実現する空間正準化機能、異施設でも同質の生活を推奨する生活機能対称変換機能を開発した。病院など22施設から133件のトイレ、浴室におけるヒヤリハット事例などを収集しデータベース化した。また、112人の生活機能データベースを作成した。

3-(1)-④ 消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術

【第3期中期計画】

- ・ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するため、バイオメトリクスやパスワード等の認証情報情報が漏えいした際にも、認証情報更新を容易にすることにより、被害を最小限に抑えることができる個人認証技術や、ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術等のプライバシー情報保護及びユーザ権限管理技術を開発する。さらに、開発した技術を、ウェブブラウザのプラグイン等の形で5つ以上実装、公開し、10以上のウェブサービス等での採用を目指す。

【平成25年度計画】

- ・前年度までの研究成果をもとに、消費者の情報や権利が十分に保護され、なおかつ、安全で広範なネットワークの活用を可能とする暗号技術としてプライバシー保護可能プロトコルおよびその要素技術の研究を進める。また、それらの知見の社会への導入を図るべく、知見の導入先となる外部共同研究機関との連携を推し進める。特に、CBRCとの共同研究を推進させ、実利用に耐えうる秘匿データベース検索技術の実装を進める。

【平成25年度実績】

- ・利用者の個人情報を秘匿し、暗号化されたままデータ処理をするプロトコルの設計と安全性評価を行った。特に、生命情報工学研究センターとは、化合物データベースの秘密検索の共同研究を進め、実用に耐えうる

レベルのデモ実装を行い、同技術の導入先候補を獲得した。要素技術として効率的な準同型暗号やゼロ知識証明の設計と安全性評価を行い、プライバシー保護のための重要な要素技術である、公開鍵暗号、グループ署名、関数暗号、代理再暗号化について、より安全で効率的な方式の設計や厳密な安全性評価と基盤的理論の構築を行った。

【平成25年度計画】

- ・ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術について、引き続き標準化へ向けた活動を継続し、提案プロトコル案の改善など必要な研究、交渉、普及活動を行う。

【平成25年度実績】

- ・昨年度末に設立された IETF HTTPAUTH WG で提案技術の標準化議論を行った。年3回の定例 IETF Meeting での議論の他、10月には我々の提案技術固有の懸案について詳細な議論を行う電話会議も開催された。その後、議論の結果合意された内容について、標準化案の改訂を行い提出した。標準化議論では実際に技術の有用性を評価することが重要視されるため、試験実装プログラムとしての公開を目指し、新たに Google Chromium ベースのブラウザ（クライアント）実装を行った。

【平成25年度計画】

- ・ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するための技術を広く研究開発する。平行性・不確定性のあるプログラムの動作解析ツールの実用化を踏まえた技術検討、ソフトウェアの不具合による脆弱性の発現を未然に防止するシステムの機能追加、仮想化技術のシステム安全性への応用と、必要な範囲でソフトウェア解析・検査・変換等の周辺技術の研究を行なう。

【平成25年度実績】

- ・並行性・不確定性のあるプログラムの動作解析ツールについては、産業界の情報を収集しつつ、プロトタイプのツールをほぼ完成させた。仮想化技術のシステム安全性への応用として、仮想マシン上の OS のシステムコールを追跡するハイパーバイザーを作成した。このトレース結果から定常時と攻撃時のシステムコールを可視化し、異常動作を明示できるようにした。ソフトウェア開発技術としては、プロトコルの実装で必要となるエンコーダとデコーダを安全に実装するために、逆方向実行可能言語を設計した。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

【第3期中期計画】

- ・介護及び福祉に応用する生活支援ロボットの製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作

させる際に必要な基盤技術の開発を行う。また、ロボットの制御ソフトウェアの信頼性を高め、実装するための基盤技術の開発を行う。特に、ロボットのリスクマネジメント技術の開発においては、機能安全の国際規格に適合可能な安全規格を定める。

3-(2)-① ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発 (IV-3-(1)-④へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・産総研で開発されたシミュレーターを用いたリスクアセスメント技術をロボットメーカに提供して手法と技術の普及を促進する。試験方法の国際標準原案の発行に向けて ISO 国際会議を推進する。安全性の試験・認証の事業化に向けた研究を加速する。

【平成25年度実績】

- ・シミュレーターを用いたリスクアセスメントの結果を映像の形式で可視化し、ロボットメーカ等に広く提供した。新しい安全基準として試験方法の国際標準原案を策定し、ISO 国際会議を推進して、規格提案を行った。安全性の実証試験を行う拠点を構築し、試験・認証の事業化のため、公開可能な基準ロボットを作成して利用者に向けたガイドラインを作成した。

3-(2)-② 高信頼ロボットソフトウェア開発技術 (IV-3-(1)-⑤へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・生活支援ロボットと産業用ロボット、福祉機器などのオーバーラップする領域の安全性を評価する技術について、既存の規格・試験方法などの網羅的調査を行う。生活支援ロボットについては、これまで開発した安全性評価手法を基盤に、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームを構築する。

【平成25年度実績】

- ・生活支援、産業用、福祉分野のオーバーラップする領域の製品安全性評価技術について、JIS 等の福祉機器

規格・試験の評価機関、および業界団体による調査を行い、ロボット機器に適用する際の拡張方針を確立した。生活支援ロボットについて、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームとして、ソフトウェア開発 V 字モデルに基づく安全性評価手法を人との関係に拡張し、有用性の観点を導入した評価スキームを構築した。

Ⅲ. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

【第3期中期計画】

- 様々な資源、環境制約問題を乗り越えて我が国の国際競争力を強化するためには、技術指向の産業変革により新産業を創出する必要がある。特に、情報通信産業の上流に位置づけられるデバイスの革新とともにデバイスを製品へと組み上げていくシステム化技術の革新が重要である。そのため、競争力強化の源泉となる先端的な材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、情報通信技術によって生産性の向上が期待できるサービス業の発展に資するため、サービス生産性の向上と新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。さらに、協調や創造によるオープンイノベーションの仕組みを取り入れた研究開発を推進する。

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

【第3期中期計画】

- 情報通信社会の継続的な発展には、低環境負荷と高性能の両立及び新機能の実現によるデバイスの革新が必要である。このため、光、電子デバイスの高機能化、高付加価値化技術の開発を行う。また、デバイスの設計を容易にするため、計算科学を用いた材料、デバイスの機能予測技術の開発を行う。さらに、IT 活用による製造及びシステム技術の高効率化や高機能化に関する技術の開発を行う。

1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

【第3期中期計画】

- 情報通信社会の継続的な発展のために、微細化等によるデバイスの高機能追求やフレキシブル有機デバイスの開発、光通信の波長、空間の高密度化等、情報通信技術の革新に資する光、電子デバイス技術の開発を行う。また、シミュレーションにより特性を予測することで、デバイスの開発を容易にする技術の開発を行う。特に、極微細かつ低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術の開発を行う。

1-(1)-① 情報処理の高度化のための革新的電子デバイス機能の開発

【第3期中期計画】

- ポスト CMOS 時代の極微細、低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術を開発する。また、光ネットワーク高度化のためのスピン光機能デバイスを開発する。
- CMOS 素子とは異なる原理で動作する超低消費電力演算素子の実現を目指して、金属酸化物材料と高温超伝導材料の物性解明と物性制御技術の開発を行い、材料の磁気、電気、光学特性等を電子相状態により制御するプロトタイプ素子において低消費電力スイッチング機能等を実証する。

【平成25年度計画】

- ナノエレクトロニクス研究部門と共同で作製したスピン検出用素子を用いて、室温でのスピン検出の実証およびスピン寿命・拡散長等の物性値を明らかにする。また、新たにトンネル障壁層を用いないスピン注入用強磁性材料の開発を行う。スピンレーザ研究においては、Tb/Fe 垂直スピン注入源を用いた零磁場での円偏光発光（円偏光率10%）を目指す。光アイソレータに関しては、磁性体部加工精度の改善により光伝搬を実証する。

【平成25年度実績】

- ナノエレクトロニクス研究部門と共同でスピン検出用素子を作製した。まだスピン検出には至っていないが、強磁性電極/Si 界面のシリサイド形成が原因であることを明らかにした。Mn 基新強磁性材料を開発し、トンネル障壁層を用いずに Ge へのスピン注入に成功した。スピンレーザの活性層である高品位半導体多重量子井戸の作製条件を確立したが、まだ零磁場での円偏光発光には至っていない。プラズモン光アイソレータ素子を GaAs 基板上に作製し、金属強磁性体/誘電体界面のプラズモンによる光伝搬に世界で初めて成功した。

【平成25年度計画】

- 前年度まで得られた成果を元に、鉄系超伝導体線材の特性向上に取り組む。特に、高臨界磁場（50T）を達成するための要素技術開発を行う。新超伝導体開発においては、第一原理計算および理論数値計算に加え、H24年度に開始した価電子スキップ理論の考察に基づき、電荷・スピン・多自由度揺らぎに起因する新奇現象・高温超伝導の可能性を理論的に検討すると共に、高圧合成をはじめとする先端的合成手法によってモデル物質を実際に合成し、理論の可否を確かめる。同時に銅酸化物を始めとした純良単結晶を用いた測定により超伝導転移温度を決める要因の解明を試みる。

【平成25年度実績】

- 線材作製プロセスの最適化により有限の臨界電流を有する高温超伝導線材の作製を行った。また、価電子ス

キップ理論からの提案に基づく新超伝導体の探索を行い、Au-Sb-Te 合金を発見した。本物質の発見により、単純立方晶構造をもつ物質の伝導転移温度の最高記録が8.1K にまで上昇した。銅酸化物、鉄系超伝導体の単結晶を用いた詳細な超伝導特性評価を行った。その結果、同物質群では、その電子状態の対称性が自発的に破れた、「ネマティック電子相」とも称される状態をとることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・新超伝導材料の内部位相などの新規物性を開拓し、新奇な材料を利用する、もしくは新原理を利用した超伝導デバイスの提案および試作を行う。特にトポロジカル量子計算の基礎を開拓するために、Sr₂RuO₄のSQUIDを開発し磁場応答を解明する。また新原理に基づく超伝導デバイス提案を行うために、超伝導ナノストリップデバイスのシミュレーションによる物理プロセス解明と、超伝導冷凍機の試作デバイスの性能評価とシミュレーションに基づく高能率化の解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・Sr₂RuO₄のジョセフソンおよび SQUID の開発に成功し、磁場応答や臨界電流特性からカイラルドメイン構造の解析に成功した。そしてトポロジカル量子計算に必要な磁場応答特性である半整数磁束量子の観察に着手した。また超伝導ストリップを用いた検出器について、光子検出の場合とイオン（分子）検出の場合での検出機構の違いを明らかにした。さらに超伝導冷凍機の大規模熱輸送シミュレーションにより、極低温領域（50mK）まで冷却可能になることを示した。

【平成25年度計画】

- ・強誘電体をゲート絶縁層に用いた金属酸化物チャンネル電界効果トランジスタと、強誘電体をスイッチング層に用いた抵抗スイッチング素子を試作し、デバイス特性を評価する。室温マルチフェロイック BiFeO₃において、強誘電性と磁性の結合した電気・磁気効果を伴ったスイッチング特性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・強誘電体 BiFeO₃をゲート絶縁層に用いた CaMnO₃チャンネル電界効果トランジスタを開発し、室温で約4倍、120K で100倍以上の抵抗変調に成功した。抵抗スイッチング素子については、BiFeO₃と常誘電体 LaFeO₃の積層型スイッチング層を有する素子を開発し、10万回以上のデータ書換え、室温で10年以上のデータ保持などの素子特性を実現した。BiFeO₃の強誘電性スイッチングの際に、磁場印加に伴って磁化の大きさが変化する傾向が観測され、強誘電性と同時に磁性がスイッチしている可能性を見出した。

1-(1)-② 情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発

【第3期中期計画】

- ・小型軽量の次世代情報家電に資する柔軟性、軽量性及び耐衝撃性に優れたフレキシブルなディスプレイを開発する。そのために受発光、導電、半導体、誘電体等の光電子機能を有する新規の有機材料や無機材料を開発する。これらの材料のナノ構造制御により、非晶質シリコンよりも優れた移動度（5cm²/Vs 以上）、on/off 比（5桁以上）、駆動電圧（5V 以下）で動作する有機薄膜トランジスタや受発光素子を開発する。さらに赤色領域での位相差0.25波長を有する偏光素子や回折、屈折素子等の高性能光入出力素子を開発する。

【平成25年度計画】

- ・有機半導体・強誘電体等の電子機能性材料を印刷プロセスに適用するため、以下の材料基盤技術を開発する。
 - 1) 印刷法に適した有機強誘電体として、平成24年度の成果をベースに分子・結晶配向性の優れた有機強誘電体薄膜化が可能な材料を開発し、強誘電体薄膜で自発分極>1μC/cm²を実現する。
 - 2) プッシュコート法を低分子系材料に適用するためのスタンプ技術の開発、インクジェット印刷により形成した有機半導体への高校率キャリア注入技術の開発、およびナノメタル配線の超簡易印刷製造技術を開発する。
 - 3) 電子スピン共鳴、変調分光等の平成24年度の取り組みに加え、レーザー誘起電流法を用い、高性能半導体や印刷プロセス開発に資するデバイス評価技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・印刷プロセスによるフレキシブルデバイス作製のための材料基盤技術開発を行った。
 - 1) 高溶解性強誘電体イミダゾールを薄膜化し、自発分極3μC/cm²以上、電圧動作10V 以下を実現した。
 - 2) シリコンスタンプによる高性能低分子半導体のプッシュコート成膜に成功した。銀ナノメタルインクと反応性表面による超簡易印刷法で1μm 線幅の高解像度配線を実現した。
 - 3) 電荷変調分光法により、高分子半導体の分子秩序度と電界効果移動度との相関性を得た。レーザー誘起光電流法により、有機半導体の光電変換機能向上指針を見いだした。

【平成25年度計画】

- ・インビボでの量子ドット蛍光体による高感度検出を目指して、近赤外領域で発光する量子ドットを作製する。この際、従来の CdSe 系量子ドットに Te を添加することで長波長側の発光を得る。コアとシェルの組成およびリガンドの種類を変えることで、高輝度発光を得

る。局所電場効果による蛍光増強については、金ナノ粒子の周りにとりつけるガラス層の厚みの制御方法や制御の精度について検討する。

【平成25年度実績】

- ・アミン系のリガンドを用いることで、従来より低温（200℃）でコア（CdTe_{0.5}Se_{0.5}）粒子が作製できた。このコア粒子の表面にシェル（Cd_{0.5}Zn_{0.5}S）を取り付けることで、発光波長735nm、発光効率41%の量子ドットを得た。粒径は6.1nmと小さいため、応用上、有利である。一方、局所電場効果による蛍光増強について、ガラス層は金ナノ粒子作製時の副生成物を1/100程度にまで取り除くことでコートされやすくなることを見出した。その状態で、5nm程度の厚みの制御ができることを見出した。

【平成25年度計画】

- ・摩擦転写法等により分子配向制御した高分子材料及び機能性分子について精密配向評価、新規材料の探索、及びそれを用いた受光素子の作製を行い、変換効率、偏光応答性の向上を目指すとともに、分子配向と性能の相関を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・摩擦転写法により作製した導電性高分子配向薄膜による配向誘起によって、今までの電子供与性分子（正孔輸送材料）に加えて、三種の電子受容性分子を配向させることができることを見だし、これらの配向構造を評価した。これらと電子供与性分子を組み合わせ、受光（光電変換）素子を試作した。現在のところ、まだ高い効率・偏光応答性を示す素子は得られていないが、配向制御しないものより高い変換効率を得た。

【平成25年度計画】

- ・ナノインプリント用の新たな高屈折率無機ガラス系の開発に取り組むとともに、偏光子の構造設計を行う。また、波長依存性を有する入出力素子の構造を検討するとともに、その動作を実証する。

【平成25年度実績】

- ・構造的複屈折による位相差発生がビスマスリン酸塩系よりも大きいと期待できる高屈折率ガラスとして、ニオブリン酸塩系ガラスを開発し、インプリント成形を実証した。屈折率及び成型性より、このガラスで位相差0.25を得るための実現可能なピッチを持つ偏光子の構造設計をおこなった。また、波長依存性を有する入出力素子として、2種類の周期構造を集積した挟帯域高反射素子を試作し、数値シミュレーション結果と矛盾しない動作を実験的に確認した。

【平成25年度計画】

- ・開発材料の実用化を目指し、弾性コンプライアンスや周波数定数などの特性データを整備するとともに、ハ

イパワーデバイスに向け、機械的品質係数 $Q_m > 400$ 、圧電定数 $d_{33} > 200 \text{pC/N}$ をもつ材料の開発を行う。また実用の目安となる圧電定数 100pC/N を超える薄膜材料の開発を行うとともに、薄膜を使った焦電センサなどの試作を行う。

【平成25年度実績】

- ・電子情報技術産業協会の規格に従い、鉛フリー圧電セラミックスの圧電特性を評価した。開発した鉛フリー圧電セラミックの機械的品質係数 Q_m は43、及び圧電定数 d_{33} は356であり、代表的な鉛圧電材料（PZT5A）と同等であることが示された。圧電特性の評価結果に基づき、AEセンサーや超音波距離センサーの製作を行い、鉛フリー圧電センサーの実用化への可能性を示すことが出来た。リーク電流抑制にむけ薄膜の緻密化・高結晶化としてステップテラス構造をもつ高品質なエピタキシャル膜の作製に成功するとともに、組成ブレシにくいアニール法および成膜方法を見出した。

1-(1)-③ 光通信の波長及び空間の高密度化（I-2-(3)-③を一部再掲）

【第3期中期計画】

- ・高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワークで伝送する技術を開発する。具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術及び光パスシステム化技術を開発する。また、1Tb/s以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。
- ・情報通信の安全性に向けて、量子中継等の技術を開発し、高密度波長多重量子暗号通信デバイス、システムを開発する。

【平成25年度計画】

- ・平成26年度に計画している光パスネットワークの大規模実運用テストベッドに向けたハードウェアの開発を行う。光スイッチでは、要素技術は実用に向けて継続的に開発を進めつつ、テストベッド用にスイッチ・チップの光ファイバ実装および制御装置の開発を行う。機器レベルでは、異なる粒度を扱うさまざまなスイッチを統合的に制御するダイナミックノード制御ボックスの開発を進める。伝送技術では、パラメトリック分散補償器の装置化完成、位相感応型光信号処理技術の高度化、高効率光多重技術などの研究を進める。

【平成25年度実績】

- ・平成26年度に計画している実運用テストベッドの準備

を進め、ハードウェアの開発をほぼ完了した。光スイッチでは、シリコンフォトニクスを用いて世界最小の8x8光スイッチ・チップの試作に成功した。テストベッド用には、光スイッチ・チップの回路基板への実装および光ファイバ実装・制御装置の開発を進めた。機器レベルでは、複数の光スイッチを統合的に制御する制御ボックスの仕様を確定し開発を進めた。伝送技術では、パラメトリック分散補償器の装置化を完成し、位相感応型光信号処理技術である全光 IQ 分離動作を世界で初めて実現した。

【平成25年度計画】

- ・次世代コヒーレント光伝送に用いるマルチキャリア光源を開発する。高スペクトル純度のレーザ光源とマイクロ光共振器を用いて、マルチキャリア発生システムを構築し、帯域幅30nm以上を実現する。

【平成25年度実績】

- ・試作した窒化シリコンマイクロ光共振器の導波損失が大きく、マルチキャリア発生には至らなかった。ニオブ酸リチウムのファブリペロー共振器を用いたマルチキャリア光源を構築し、30dB 帯域幅30nm を実現した。

【平成25年度計画】

- ・光通信波長帯量子もつれ光子対を用いて、2光子光ファイバ干渉計を構築する。波長帯域幅30nm に対して、干渉信号が光路の群速度分の影響を受けないことを確認する。

【平成25年度実績】

- ・高密度波長多重量子暗号通信システムを実現するため、2光子光ファイバ干渉計を構築して群速度分散を評価した結果、量子もつれ光子対の波長帯域幅30nm に対して分散不感であることが分かった。

1-(1)-④ ナノ電子デバイスの特性予測と設計支援技術

【第3期中期計画】

- ・微細 CMOS の性能向上に用いられている機械的ひずみに代表される新構造及び新材料デバイスの構造や特性を実際の試作に先立って予測するために、計測技術を一体化させた設計ツールとするシミュレーションシステムを開発する。

【平成25年度計画】

- ・24年度に構築した、走査トンネル顕微鏡によるキャリア分布計測シミュレーションシステム、及び、電磁場解析技術と応力シミュレーションを統合した、ラマン応力計測解析システムに対して、断面スイープ機能、集光ビーム光源、超解像機能等の実装を行い、シミュレーション機能の向上を行う。また、Ge 等、Si 以外

の物質に対して、半導体中のキャリア深さ分布の解析評価技術や応力測定評価技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・走査トンネル顕微鏡によるキャリア分布計測シミュレーションシステムに断面スイープ機能、ラマン応力計測解析システムに集光ビーム光源、超解像機能の実装を行った。Si に特化したラマン測定システムを改造し、Si に加え、Ge においても、光の回折限界に匹敵する高い空間分解能で、高感度に計測できるシステムを構築した。また、高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) を用いて、Ge のキャリア密度深さ分布を測定することに成功した。

1-(1)-⑤ 高効率な設計とシミュレーションのための高性能計算技術

【第3期中期計画】

- ・電子デバイスが発揮する新機能を高速なコンピュータシミュレーションにより予測することを目的として、数千万 CPU コア時間程度の大規模計算におけるシミュレーションソフトウェア開発支援環境を開発する。この並列/分散計算環境において、アプリケーションの特性に応じて適切な資源を割当て、障害が発生しても実行を継続する、高信頼/高効率計算技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・シミュレーションのための高性能計算技術の確立のため以下の研究開発を行う。
 - 1) 煩雑な障害復旧処理をアプリケーションと独立して記述可能なミドルウェアの開発と、通信デバイスが異なるクラスタ計算機間で仮想計算機のライブマイグレーションを可能とする技術開発を行なう。
 - 2) シミュレーションソフトウェア HyENEXSS 本体を並列化する。並列線形解法ライブラリの汎用プログラムインタフェースを実装する。計算対象に合わせて計算手法を柔軟に切り替え可能なシミュレーションプラットフォームを構築し、従来収束不可能だった計算を可能にする。

【平成25年度実績】

- ・シミュレーションのための高性能計算技術の確立のため以下の研究開発を行った。
 - 1) 障害耐性を備えたアプリケーション開発を容易にするミドルウェア Falanx を設計し、そのα版を完成させた。また InfiniBand と Ethernet に対応した仮想クラスタ間のライブマイグレーション技術を実現した。
 - 2) HyENEXSS 本体を並列化し、合わせて並列線形解法ライブラリ ELAI を設計・実装した。またシミュレーションプラットフォームをスクリプト言語ベースに再構築し、別途見出した有効な収束手順の実装を可能にした。

1-(2) IT 活用によるシステムの高効率化及び高機能化

【第3期中期計画】

- ・製品開発サイクルの短縮及び新たな付加価値製品の製造のため、組立作業や視覚認識における産業用ロボットの知能化を推進し、組込みシステムの高効率化と高機能化の両立を実現する。また、人の機能をシミュレーションし、その結果を製品開発にフィードバックすることで、人にとって使い易い製品設計を支援する技術を開発する。特に、セル生産のロボット化において、一部が変形する部品や配線材等の柔軟物を含む5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。

1-(2)-① 製造の省力化、高効率化のための産業用ロボット知能化技術

【第3期中期計画】

- ・セル生産のロボット化を目指し、変形を含む物理シミュレーション技術、作業スキルの解析に基づく作業計画及び動作計画ソフトウェア、センサフィードバックに基づく組立動作制御ソフトウェアを開発する。代表とする組み立て工程の50%をカバーする、5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。また、工業部品の多くを占める黒色や光沢のあるワークに対しても位置姿勢検出精度が光沢のない中間色の場合と同程度の3次元視覚情報処理技術を実証する。

【平成25年度計画】

- ・セル生産のロボット化を目指した研究を行う。
- 1) 平成24年度に開発した、人による教示実演データから重要なパラメータを抽出・分類するデータ解析支援ツールを拡張し、作業実行条件の候補を生成する機能を開発する。
- 2) 自動組み立て作業として、概ね3個程度の複数部品の嵌め合い作業をロボットを用いて実証する。

【平成25年度実績】

- ・セル生産のロボット化に必要な基盤技術開発を行った。
- 1) データ解析支援ツールを拡張し、組立対象物やロボットのグリップ等のモデルを変更すると、自動的に変更後のシミュレーションを簡単に行え、対応する作業実行条件の候補を算出する機能を実現した。
- 2) 6個の部品から構成される製品の組立作業において、人の作業動作の解析に基づいて、4個の部品の自動嵌め合いをロボットで実証した。

1-(2)-② 組み込みシステムの最適設計技術

【第3期中期計画】

- ・情報通信機器の省エネルギー化のために、再構成可能なデバイス（FPGA等）について、しきい値可変デバイスをを用いて静的消費電力を1/10程度に削減する技

術を開発する。また、シリコン貫通電極を用いた3次元積層構造のFPGAについて、最適設計を行うアーキテクチャ技術と設計ツール技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・細粒度なしきい値制御により生じる面積オーバーヘッドの削減により、さらに大規模かつ実用的な試作チップの設計を行うとともに、開発したチップの第三者による利用を可能とする評価ボードの設計を行う。

【平成25年度実績】

- ・前年度より評価を進めてきた最初のSOTB版試作チップの動作条件を網羅した評価が完了し、1/50の漏れ電流削減効果を確認した。この成果を国際学会で発表し好評を得た。前年度設計した低電圧動作可能なSOTB版試作チップの評価を行ない、0.4Vまでの動作の確認と最小エネルギー点の改善を確認した。面積オーバーヘッドを削減し大規模化したSOTB版試作チップの設計を進め、年度内に試作完了した。評価ボードの設計は、想定していた予算が得られず、概念設計に留まり、具体的な設計は次年度以降に延期。

1-(2)-③ 製品デザインを支援する人間機能シミュレーション技術

【第3期中期計画】

- ・人間にとってより安全で使いやすい機器を設計することを目的に、筋骨格構造を含む人体形状、運動モデルを100例以上データベース化する。また、感覚が運動を引き起こすメカニズムの計算論的モデルを心理物理実験に基づいて構築する。これらを可視化するソフトウェアとして、数千自由度の簡易モデルについては5コマ/s以上の処理速度を実現し、数万から数十万自由度の詳細モデルについては力再現誤差10%以下の精度の生成的感覚運動シミュレーションを実現する。これを5件以上の共同研究を通して製品設計時の操作性及び安全性評価に応用する。

【平成25年度計画】

- ・20件以上の手指寸法、100件以上の手指運動と接触、50件以上の全身運動をデータベースに追加する。100件以上の製品操作を計測し、身体と製品の相互作用と操作性の関係をモデル化する。2体以上の解剖屍体を用いた母指の筋骨格運動計測を行い、内在筋や関節変形が関節運動に与える影響をモデル化する。以上をDhaibaWorksに実装し、手では姿勢や運動の生成と筋力を考慮した把握安定性の力学評価を、全身では個人別モデルの生成、姿勢や運動の生成、そして姿勢に基づく身体負荷の力学評価を行えるようにする。これらを、2件以上の共同研究を通じて操作性や安全性の評価に応用する。

【平成25年度実績】

- ・27件の手指寸法、801件の手指運動と接触、236件の全身運動をデータベースに追加した。103件の製品操作を計測し、身体と製品の相互作用と操作性の関係をモデル化した。6体の解剖屍体を用いて母指の筋骨格運動計測を行い、内在筋と関節運動の関係をモデル化した。以上を DhaibaWorks に実装し、手の運動生成と把握安定性の力学評価、全身個人別モデルと全身姿勢生成、負荷の力学評価を実現した。これらを、3件の共同研究を通じて飲料容器の開封性、携帯型情報端末の操作性、薬パッケージ安全性評価に応用した。

1-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進 (I-4-(3)を再掲)

【第3期中期計画】

- ・次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設の外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

1-(3)-① ナノスケールロジック、メモリデバイスの研究開発

【第3期中期計画】

- ・極微細 CMOS の電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。

【平成25年度計画】

- ・不揮発性抵抗スイッチデバイスについて、メモリアレイレベルでオン・オフ電圧を3ボルト以下にするとともに、メモリ動作信頼性評価手法を開発する。

【平成25年度実績】

- ・不揮発性抵抗スイッチデバイスについて、メモリアレイレベルでオン・オフ電圧を3ボルト以下にすることに成功した。また、ナノメートル領域での空間分解組成分析手法により、メモリデバイス構造における酸素分布を調べることで、メモリ動作信頼性評価が出来る可能性を明らかにした。

1-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【第3期中期計画】

- ・LSI チップ間光インターコネクションにおいて10Tbps/cm²以上の情報伝送密度を実現するために、半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、

光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・半導体ナノ構造および有機・ポリマー材料を用いた微小光デバイス、光・電子集積技術に関してそれぞれ以下の技術を開発する。
 - (1) 半導体ナノ構造を用いた微小光デバイス、光・電子集積技術に関しては、SiN 系多波長光源チップを用いた多波長発生の実証、及び発生帯域制御技術の開発による低消費電力化を行う。半導体光集積技術に関しては、化合物半導体レーザと SiN 導波路の混載技術の開発を行うと共にそれに適した低消費電力化合物半導体レーザの開発を行う。
 - (2) 有機ポリマーアクティブデバイスとして、劣化の少ない加工条件での有機 EL 共振器作製プロセスを開発する。また、ポリマー系の活性層を用いた光増幅器の開発を行う。

【平成25年度実績】

- 1) SiN 系多波長光源については外注試作による導波路のパッケージ化、4光波混合の発生、その内製化により1 μ m 角程度の試作、最適構造設計手法の開発を行なった。化合物半導体レーザに関しては省エネ化のためにトンネル接合を用いた素子上で電流狭窄構造の最適化を行い、30 Ω 以下の低抵抗化を実現した。
- 2) 有機ポリマーアクティブデバイスについては、微小共振器効果による寄与の明確化と光導波路クラッド層に色素結晶を導入できる湿式形成法を開発した。パッシブデバイスでは GI 導波路技術について検討し、印刷による光導波路作製を行った。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に開発した光電子システムを高度化し、10Tbps/cm²の信号伝送密度を実証する。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価する。
- ・3次元光回路においては、アモルファスシリコンを用いた積層型方向性結合器を作製し、光信号の伝搬特性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・平成24年度に開発した光電子システムを高度化し、30Tbps/cm²の信号伝送密度を実証した。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度を実証した。
- ・3次元光回路においては、方向性結合器よりも波長依存性が小さく、広帯域で変換効率の高い層間信号トラ

ンスファーデバイスを試作、評価し、1.8dBの低損失を実証した。

1-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【第3期中期計画】

- 産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、産総研ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)を窓口とした先端機器共用施設からなるプラットフォームの拡充、整備を実施する。特に、産総研外部機関への支援実施件数が年間で80件に到達することを目指す。

【平成25年度実績】

- 産総研ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)を窓口とした、先端機器共用施設からなるプラットフォームを拡充、整備した。研究支援インフラを産総研内外、産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を高度化した。より具体的には、電子システムを整備してユーザーのアクセシビリティを高め、80件を超える産総研外部機関への支援件数を達成した。

【平成25年度計画】

- シリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術の構築に関しては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携して、集積プロセスの高度化を進め、インターコネク用光集積回路の10Tbps/cm²の動作実証を行う。
- パッシブデバイス作製のための300mm ウエハを用いたプロセスプラットフォームを構築する。

【平成25年度実績】

- シリコンフォトニクス光集積回路プロセス基盤技術の構築に関しては、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所と連携して、集積プロセスの高度化を進め、インターコネク用光集積回路の30Tbps/cm²の動作実証を行った。また、温度無依存特性を特徴とする量子ドットレーザを光源集積した光電子融合システムを作製、評価し、12.5Gbpsのエラーフリー伝送と15Tbps/cm²の伝送密度を実証した。
- パッシブデバイス作製のための300mm ウエハを用いたプロセスプラットフォームを構築し、波長多重デバ

イスに必要な導波路構造均一性を実現した。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

【第3期中期計画】

- 我が国のものづくり産業の中心である製造業の国際競争力を強化するためには、革新的な材料やシステムを創成する必要がある。そのため、材料を革新するためにナノレベルで機能発現する材料及び部材の開発と、我が国が強い競争力を有するナノカーボン材料の量産化と産業化の推進を行う。また、高付加価値化による高度部材産業の国際競争力強化にも必要なマイクロ電子機械システム(MEMS)の開発を行う。

2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材(I-4-(1)を再掲)

【第3期中期計画】

- 省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【第3期中期計画】

- 調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

【平成25年度計画】

- 2成分系材料をp型有機半導体とし、n型半導体との相溶性を踏まえつつ薄膜太陽電池の試作を行うとともにその性能評価を実施する。p型液晶性有機半導体とn型有機半導体の相溶性と、その結果として形成される構造の解明を行い、今後の分子設計概念の構築に資する。一方、オール印刷工程による薄膜有機デバイスを試作し、その半導体特性を評価するとともに、薄膜形成時の自己組織化材料の分子配列制御の手法についても更なる検討を行い、高性能な均一膜を得ることを目指す。

【平成25年度実績】

- ・開発した2種の p 型液晶性有機半導体及びその混合系を用いた n 型半導体との相溶性を確認し、それを用いた薄膜太陽電池を試作した。さらに、これらの各液晶性有機半導体が光電変換性能に明確に寄与することを見出し、有機半導体の混合系がその液晶性を利用した薄膜活性層構築の新たな手法となる可能性を示した。印刷工程により電極形成させた基板に液晶性有機半導体材料を印刷したトランジスタ素子を試作し、その形態と半導体特性の評価から、乾燥過程の制御により分子配列制御された高性能な均一膜が得られることを見出した。

【平成25年度計画】

- ・今年度は、光機能材料の実用化に向けた基盤づくりを行う。具体的には、光に応答してバルクの相構造（固体と液体）を制御可能な新材料における接着力の強化を念頭に、引張強度を現行値より一桁向上させることを目指す。また、光応答性 CNT 分散剤を用いた CNT パターニング膜の作成や、同様に光応答性の液晶とアモルファスの差を利用した再書き込み可能な画像表示材料の開発を行う。加えて、自己修復材料の深化にも取り組み、液晶基盤ゲルやイオン液体ゲル等の機能性ソフトマテリアルの力学特性を始めとする諸物性の最適化を行う。

【平成25年度実績】

- ・光に応答してバルクの相構造（固体と液体）を制御可能な新材料に関しては、化学構造を変化させることにより、従来のものと比べ一桁近く引張強度を向上させることができた。光応答性 CNT 分散剤に関しては、現像不要かつ水エッチングが可能な CNT のパターニングに成功した。光応答性材料のアモルファス相発現メカニズムを解明するために計算シミュレーションを行ったところ、光二量体の拡散速度が深く関わっていることが示唆された。また、液晶基盤ゲルではシリカ微粒子を用いることにより、従来よりも約二桁大きい弾性率を達成した。

【平成25年度計画】

- ・ソフトアクチュエータ部材となるソフトゲルである導電ゲルや化学振動ゲルの開発を、アクチュエーター特性の測定、電気特性等の測定を通じ、進める。バイオミネラリゼーション等の手法を用い、強度調整可能な軟骨型部材の開発を行う。ソフト微細構造界面と液体、コロイド、光との相互作用に基づく新機能開拓を行う。異方性媒体のコロイド現象、界面電気現象等の解明に取り組む。異方性ナノ粒子の応用化に向けた形状制御技術の開発に取り組む。重水素標識発光錯体の合成を検討し、新たに青、赤色の発光錯体を合成しその特性を検討する。

【平成25年度実績】

- ・ソフトアクチュエータ部材として、温和な条件下での自励振動ゲルの駆動に成功し、また、高分子ゲル素材の高導電性化と物性・構造評価を行った。バイオミネラリゼーション法により、新たに炭カル型およびシリカ型の強度可調軟骨部材を得た。ソフト微細構造界面上の液晶を用いたキラルガス検出法を開発した。異方性媒体のコロイド・界面電気現象等の解明に基づき電気光学効果の発現を見出した。異方性ナノ粒子の長軸長決定機構を解明した。フルカラーデバイス化の検討に向け、青・赤色発光性の新たな重水素標識発光材料の合成に成功した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、テクノロジーブリッジとしての役割を果たし、各種材料系の開発に計測の分野から貢献する。特に今年度は、平成24年度の成果をさらに進展する形で、電圧印加その場電子顕微鏡観察、SFG や局所インピーダンス計測等の各種計測技術を駆使して、有機デバイス特性向上要因や駆動機構等の解明を目指す。

【平成25年度実績】

- ・新規導入した STEM-EDX による有機薄膜太陽電池の薄膜断面構造の解析、電子ナノプローブによる高速元素マッピングにより、従来困難であった有機層内部の相分離構造の可視化と組成分布定量化に成功した。また2色可変 SFG を用い、有機薄膜太陽電池の加熱による膜構造の分子レベルの変化を明らかにした。薄膜内でドナー性導電性高分子とアクセプター性フラレン誘導体がナノレベルで接合することにより高い変換効率が生み出されるが、本技術によりその構造評価や実用化デバイス開発の加速に繋がる成果が得られた。

【平成25年度計画】

- ・ソフトマテリアルを用いた新規デバイスとして着目されているソフトアクチュエーターを目指したポリマー系材料について、その構造及び応力・変形のメカニズムを理論およびシミュレーションにより分子レベルから明らかにし、分子鎖制御の観点から材料設計法として提案を行い、ソフトマテリアルの階層的自己組織化による構造形成と非平衡ダイナミクスに関する理解を深める。

【平成25年度実績】

- ・ソフトアクチュエーター材料を目指した自励振動ゲルについて、その構造変化としての膨潤・収縮過程のダイナミクスと、その過程における応力変化について散逸粒子力学シミュレーションにより解析した。特に応力については、溶媒・高分子間の相互作用をゆっくり変化させることで、大きな応力が生み出されることが明らかとなり、膨潤・収縮過程ができる限り平衡な過程として進むような材料設計が重要であるとの提案を行った。

2-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。

【平成25年度計画】

- ・前年度のプルシアンブルー型錯体ナノ粒子の応用部材開発を目指した成果を受け、さらなる吸着材の高性能化や、使用後吸着材の管理法に関する研究を行う。焼却灰除染については、実証試験を進め、効率的な灰除染法の研究を進めると共に、原発内廃液や環境水等の放射性セシウム汚染水に関する評価及び浄化法も研究する。また、同材料の他用途への展開として、光学素子等への展開も検討する。

【平成25年度実績】

- ・プルシアンブルー型錯体ナノ粒子内 Fe を Cu に置換し、Cs 吸着容量を14倍向上させた。電気化学的に再利用可能な Cs 吸着剤の開発に成功した。使用後の吸着剤管理法として、加熱酸化による発熱リスク低減を実現した。焼却灰除染は、ミゼットプラントレベルでの実証試験を実施し、実用化への道筋をつけた。また、環境水除染用途として、ため池からの放射性物質拡散防止の実証、及び浄水場での放射性セシウムの評価、除去技術も確立した。さらに同一材料を用い、1000回を越えるサイクル耐性を持つ茶/黄色変化素子も開発できた。

【平成25年度計画】

- ・シンプルでクリーンな機能性微粒子合成プロセスとして、レーザー、プラズマ、高温場等を利用したナノ～サブマイクロメートル粒子合成技術の開発を進め、光機能・触媒機能の実用材料としての評価及び実用化に必要な合成効率の検証を行う。
- ・高温高压の水や有機溶媒、二酸化炭素などの高压流体を利用したナノ粒子およびナノ粒子複合材料を連続的に製造する技術を確認し、実用的な部材製造技術としての評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・粒径選択的な合成技術によって合成効率を向上し、複数の微粒子原料混合溶液から複合酸化物サブマイクロメートル粒子を合成する液中レーザー溶融法を開発した。また、気相中熱酸化法によって、可視光光触媒等の応用に重要な NiO ナノ粒子の構造制御技術を開発した。
- ・マイクロミキサーと高压溶媒を用い、有機 EL 化合物の円板状ナノ粒子を連続的に合成する技術を開発し、

デバイス化に必要な平滑な薄膜の作製に目途をつけた。また、難燃性と通常の発泡体よりも高い断熱性を持つ、複数の発泡ポリマーシリカナノコンポジットの作製に成功した。

2-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【第3期中期計画】

- ・セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数 ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・開発した熱伝導性無機複合プラスチックを炭素繊維強化プラスチックの母材樹脂として応用した場合の、熱伝導性と樹脂劣化に関する相関性を検討する。マルチセンサ部材に関しては、燃焼触媒の改良及び組合せにより1ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材開発を進める。また、有機-無機界面を利用した無機ナノクリスタルの形態及び適材配置による特性制御を進める。

【平成25年度実績】

- ・熱伝導性無機複合プラスチックを炭素繊維強化プラスチックの母材として用いた場合、母材の熱伝導率が $0.6\text{W/m}\cdot\text{K}$ 以上であれば樹脂へ熱を伝搬し、加熱工程での母材の熱劣化抑制が可能であった。マルチセンサ部材の燃焼触媒の改良及び集積化を進め、1ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで同時計測可能なマルチセンサ部材を開発した。有機界面活性剤を利用して形成した酸化物単結晶ナノキューブの高次構造体であるスーパー結晶の誘電率が既存薄膜材料より一桁向上し、単結晶に匹敵することを示した。

2-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセンスト光-伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化によ

り、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取出し効率80%以上）を開発する。

【平成25年度計画】

- ・ナノギャップ電極によるメモリ動作に関しては、素子としての特徴を追求するため、高温環境下など耐環境メモリとしての特性追及を行う。AlGaInP系発光ダイオードについては、電流拡散構造やリッジ形状の最適化、低屈折率膜を用いた二重干渉効果による光取出し効率の上限値を見極める。また、ウェハの熱融着接合プロセスを確立し、電流拡散効果に優れたITO透明電極を用いて取出し効率の更なる向上を目指す。また、GaN系では平成24年度に開発したリッジ作製技術を基にLEDを試作する。

【平成25年度実績】

- ・ナノギャップ電極によるメモリ動作に関して、高集積化に向けて原子層堆積装置による3nm間隔の縦型ギャップ構造作製法を確立（歩留まり95%以上）した。AlGaInP系赤色LEDについて、ウェハ熱融着接合プロセスを確立し、数ミクロンと厚い電流拡散層を有する構造においても高いエバネッセント光結合効果を得た。これより通常の平坦表面デバイスより3.8倍高い光取出し効率（絶対値で推定70%）を得た。また、GaN系LEDでもリッジ構造LEDを試作し、微小円錐台型LEDにおいて2.2倍高い光取出し効率を達成した。

2-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

【平成25年度計画】

- ・磁性材料・超伝導材料・強誘電/圧電材料などを構成する機能性物質では、しばしば電子相関がその特異物性発現の鍵を握ることがある。これらの物質・材料の研究・開発に必要な手法・プログラムの開発・整備を進めながら、応用研究を進める。特に、磁石関連材料を主たる研究対象の一つに据え、第一原理コードQMASの機能拡張を図り、結晶磁気異方性などの物性値を求め、その支配因子を探る。加えて、GW近似、制限RPAに基づいた高精度電子構造計算の手法開発と、鉄系超伝導などの遷移金属化合物の物性解明等を行なう。

【平成25年度実績】

- ・第一原理計算により希土類磁石NdFe₁₁TiNの磁気物性値における窒化の影響を明らかにした他、Nd₂Fe₁₄Bにおいて、スピン・軌道磁気モーメントの評価、粒界のモデリングなどに着手した。各種水素結合型強誘電体の自発分極を第一原理計算で予測し、実際に合成した物質の性能改善の指針とした。制限RPAによる第一原理有効モデルの導出において、自己エネルギーを差し引いたバンド構造から出発する改良法を開発し、鉄系超伝導体FeSeにおける反強磁性の不安定性と関連物質FeTeの反強磁性の安定性を説明した。

【平成25年度計画】

- ・引き続き、燃料電池の実用化及びリチウムイオン2次電池の高耐久・高速動作・さらなる高容量化に向けて、金属、半導体、及び酸化物/溶媒界面の電気化学反応、溶媒中のイオン伝導などの解析を行う。特に、これらの研究を支えるシミュレーション基盤の拡充を行う。具体的には、従来必要だった非物理的な真空領域を必要としない境界条件を導入し、有効遮蔽媒質法による電気化学系のモデリングを高度化する。

【平成25年度実績】

- ・白金-水界面、シリコン-有機溶媒界面および酸化リチウム-イオン液体界面における水や溶媒の分解反応やリチウムイオンの脱溶媒和を伴うイオン伝導の解析を行い、実験から得ることが難しい微視的な電気化学反応機構を解明した。また、有効遮蔽媒質法において従来必要だった非物理的な真空領域の排除を可能とする方法（smooth-ESM法）を開発し、より実験環境に近い電気化学系のモデリングを可能にした。

【平成25年度計画】

- ・分子シミュレーション要素技術（モデリング技術、計算精度向上技術等）の開発及び、熱マネジメント部材、生体分子センサ、先端メモリ部材、分子触媒などへの適用研究を行う。平成25年度はこれらの内、1)ハロゲン結合などの弱い分子間相互作用の解析研究、2)触媒反応機構のモデリング、3)抵抗変化型メモリなどナノエレクトロニクス用材料のモデリング研究、4)熱マネジメント材料の最適設計シミュレーション研究の為の基盤整備研究、5)タンパク質機能の分子シミュレーション研究等を行う。

【平成25年度実績】

- ・中性分子間の弱いハロゲン結合と異なり、アニオンとのハロゲン結合では極めて強い引力の働くことを明らかにした。新たなプロリノール系有機分子触媒の設計指針確立に向け、触媒反応の不斉識別機構を解明した。抵抗変化型メモリ用材料のアモルファス金属酸化物には金属の種類や金属と酸素の比率によらず共通の原子配列があることを予測した。ナノ接合の熱電変換性能

を予測する第一原理シミュレータを開発し有機金属錯体分子に適用した。酵素 ODCase の反応機構を詳細に解析し、基質歪みが酵素活性に与える影響を定量的に見積もった。

【平成25年度計画】

- ・電子状態理論に基づく高効率数値計算コードの開発と基礎理論の研究、それらを応用して平衡および非平衡現象を理解し材料設計への応用を行う。また各種炭素系ナノ構造の電気伝導特性及び光学特性の計算とそれによる新たな機能や生成方法の予言および材料評価をサポートする理論的研究を行い、バイオ・エレクトロニクス・エネルギー材料の設計と開発を推進する。次世代スパコンのためのコードの高速化技法などの開発のため、NEC・東北大との共同研究を継続し、大規模計算によるデモンストレーションも果たす。

【平成25年度実績】

- ・次世代スパコン向けに二段階超並列法（GDDI）をQM/MMコードに実装し、高効率自由エネルギー平均力場計算による溶液中 H_2O_2 ダイナミクス計算の高精度化を実証した。また、東北大・NECとの共同研究による時間依存コード加速を達成し、分子の光化学反応メカニズムの検証に応用した。エネルギー技術研究部門と連携し、ダイヤモンド電界放出デバイスの性能を決める因子の一つが、ダイヤモンド表面への化学修飾によって引き起こされる電子のポテンシャル変調であることを見出し、ダイヤモンドデバイス向け材料設計指針を得た。

【平成25年度計画】

- ・ナノ構造・界面における理論・計算技術を構造の揺らぎを適切に取り扱えるよう向上させ、ナノ構造体・有機デバイス材料の構造制御と光機能・電気機能の理論的解明を行なう。誘電体の光学応答計算について検討し、その定式化と解析プログラムの開発を行い、ブルー相液晶セルの光学特性の解析等への適用を目指す。

【平成25年度実績】

- ・無機太陽電池に対する理論を拡張することにより、従来指針が無かった有機薄膜太陽電池の光電変換効率の理論的な限界を求めることに成功した。また、有機半導体分子の構造について理論計算予測の検討を行い、ルブレンの3つの結晶多形を再現した。周期的構造を持つ有限の厚さの誘電体の光学応答計算の定式化を行うことで、薄いブルー相液晶セルが示す秩序構造の光学的性質の解析を行ない、秩序構造の対称性と透過／反射光のプロファイルとの関係等を明らかにした。

2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用（I-4-(2)を再掲）

【第3期中期計画】

- ・部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結び付けるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ（CNT）の用途開発と大量合成及び精製技術の開発を行う。また、ポストシリコンの有望な新素材であるグラフェンを用いたデバイスを実現するため、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。さらに、有機ナノチューブについては、合成法の高度化と用途の開発を行う。ダイヤモンドについては、大型かつ単結晶のウェア合成技術の開発を行う。

2-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【第3期中期計画】

- ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術（600g/日）や分離精製技術（金属型、半導体型ともに、分離純度：95%以上；収率：80%以上）等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

【平成25年度計画】

- ・スーパーグロース法の商業プラント上市を実現するために、実証プラントを運営し、用途開発企業に試料、分散液、CNT 複合材料を提供する。用途開発を加速するために、CNT の構造制御、および電気、熱伝導特性を5倍以上向上させる結晶性改善処理工程の開発を行う。CNT の複合化技術の開発を行い、銅と同等の電気伝導性を有し、 $108\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の耐電流密度を有する CNT 銅複合材料を実現する。平面基板上で集積化されたマイクロキャパシタの開発を行う。eDIPS法で合成した単層 CNT のインクを用いてフィルムエレクトロニクスデバイスを開発し、移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比106以上の薄膜トランジスタの性能を実現する。

【平成25年度実績】

- ・企業等に CNT 試料を40件以上、分散液、CNT 複合材料を60件程度提供した。CNT の直径や層数等を最適化し、CNT の熱伝導特性を従来の5倍以上向上させた。銅と同程度の導電率（室温で $4.7 \times 10^5\text{S}/\text{cm}$ ）で、 $6 \times 10^8\text{A}/\text{cm}^2$ 以上の耐電流密度を有する CNT 銅複合材料を開発した。平面基板上に集積化したマイクロキャパシタの作製技術開発に成功した。eDIPS 法単層 CNT の分散液インクを用いた印刷製造技術により移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上とオンオフ比 10^6 以上の性能を有す

る薄膜トランジスタを実現した。

【平成25年度計画】

- ・CNT を近赤外蛍光ラベルあるいはプローブとして用いた次世代医療臨床検査システムおよび体内患部イメージングシステムを確立させる。さらに、CNT の内部空間にホウ素材を入れた次世代中性子線捕剤の作製を試みる。また、生体との相互作用を明らかにし、ナノチューブの安全性を確認する。将来的な国際標準化を目指し、CNT 品質評価法や凝集状態評価法の開発研究をおこなう。有機ナノチューブの合成法の高度化では有機ナノチューブと異種材料の複合化技術を開発する。そして複合化による用途開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・近赤外蛍光ラベル化 CNT を用いたイムノアッセイに成功した。ナノカーボンに放射性元素を付加し、マウス体内動態及び排泄過程のイメージング化に成功した。中性子補足能を持つホウ素剤内包化 CNT の合成に成功した。ナノチューブの安全性を動物実験における組織検査及び血液検査により実証した。赤外吸収法を利用した CNT 長さ評価法、電気的検知法による CNT 分散粒子の体積評価法を開発した。芳香族ホウ酸化合物から成る有機-無機複合化ナノチューブを構築し、湿度に応答してゲスト放出機能を有するナノカプセルへ用途展開した。

【平成25年度計画】

- 1) マイクロ波プラズマ CVD のさらなる条件最適化、基板表面処理技術、高性能ドーピング技術、高品質転写技術などの開発により、静電容量タッチパネル等への応用を目標に、グラフェン透明導電フィルムの性能向上を図る。
- 2) ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用した用途開発（真空用ギアの表面保護、SOD 基板、P 形透明導電膜、等）を行う。

【平成25年度実績】

- 1) CVD のさらなる条件最適化、基板表面処理技術、高性能ドーピング技術、高品質転写技術の高度化によりグラフェンの結晶サイズ向上（10→100nm）、電気伝導性向上（移動度100→1000cm²/Vs）に成功した。
- 2) ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用したシリコンオンダイヤモンド（SOD）基板について、直接張り合わせによる作成のための表面調整法を開発した。さらに P 形透明導電膜の作成法の確立、および真空用ギアの表面保護コーティングを開発した。

【平成25年度計画】

- ・単層 CNT を金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、さらなる基盤技術開発を行う。パイロットスケールカラム CNT 分離処理量の

最大化を目指し、カラムの大型化によるスループットのさらなる向上のほか、分離後の大容量の CNT 分散液を簡便かつ効率的に濃縮する手法を確立する。分離原理解明に向け、分離した金属型・半導体型 CNT を用いて特性解析を行う。分離 CNT を用いた高性能デバイスの基盤技術開発では、ドーピングにより得た p 型・n 型薄膜トランジスタを用い、CMOS 型論理回路の動作を実証する。

【平成25年度実績】

- ・単層 CNT の金属型と半導体型の大量分離技術開発において、分離時の pH や溶質濃度により分離 CNT の純度と収率の制御が可能となり、スループットを向上した。分離純度95%、収率80%の中期計画目標を達成した。その分離原理に関し、CNT 表面の界面活性剤の密度変化がゲルへの吸着力に影響する事を見出した。有機溶媒による効率的濃縮法を開発した。温度制御による高純度単一構造半導体型単層 CNT の分離法を確立した。ドーピングにより得た p 型・n 型薄膜単層 CNT トランジスタを組合せ、CMOS 型論理回路の動作を実証した。

2-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【第3期中期計画】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・2インチウェハ製造技術を高度化する。具体的には低欠陥結晶成長に向けた、種結晶の評価を行う。またダイヤモンド接合ウェハの低欠陥合成へ向けた研磨損傷とその影響を評価する。

【平成25年度実績】

- ・X 線トポグラフィ等による評価により種結晶欠陥評価を可能にし、選別することが可能になった。また研磨損傷層の深さを同定し、結晶をコピー製造する条件の一つを明確化した。

2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（I-5-(4)を再掲）

【第3期中期計画】

- ・産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術の開発を行う。具体的には、高機能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献す

る MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

2-(3)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【第3期中期計画】

- ・高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・大面積の MEMS 作製に対応可能な低温低加圧プロセスによる接合プロセスおよびインプリントプロセスの高度化を図り、自己組織化膜およびメッキプロセスによる低コストの金属パターン形成技術を開発する。また、MEMS を布状基材に埋め込むファブリック MEMS による大面積 MEMS センサの開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・低温低加圧の接合プロセスである表面活性化常温接合において、表面清浄化プロセスに用いる Ne 高速原子ビームには表面平坦化効果もあることを見出した。ポリミドのインプリント加工を低コスト、低温で行うため開発した光硬化型ブロック共重合ポリイミドプロセスを改良し、パターン変形を4%に抑えること、この材料への3 μ m 幅の銅の微細埋込配線構造形成に成功した。大面積ファブリック MEMS センサ開発では、糸と糸の交差部の容量変化を検知する方式を構築した結果、検査対象物の材質に依存せず安定的に圧力変化をセンシングできた。

2-(3)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【第3期中期計画】

- ・安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するためのシステム技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・無線センサ端末の感度向上と低コスト製造のためのフレキシブルな MEMS コンポーネント加工技術を開発する。新たな多値化技術により微弱電波通信距離を2倍以上にすることが可能な通信 LSI と、MEMS 電力センサを開発し、小型の通信機能付きセンサチップを

試作する。製造現場等の消費エネルギーを10%削減するため「省エネ対策の個別性」を考慮した電力プロファイリングシステムを開発する。具体的には環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを適切に判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作する。

【平成25年度実績】

- ・ファイバー型 MEMS コンポーネント製造技術に関して、異種材料電極によるセンサ作成技術および従来比約10倍の高スループット低コスト露光プロセスを開発した。低消費電力多値化技術により、微弱電波通信距離を2.7倍にし得る通信 LSI と、MEMS 技術を用いたフレキシブル電力センサ、及び3.9mm 角の通信機能付き温湿度センサチップを実現した。環境データを多点で観測することで、消費電力のムダを“機能/電力”の観点より判断し、必要な省エネ対策を明らかにできるシステムを試作し、社会実験によりその有用性を検証した。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

【第3期中期計画】

- ・我が国のサービス産業を活性化させるために、既存のサービスの生産性を向上させると同時に、新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。サービス生産性を向上させるために、サービスプラットフォームの整備、科学的手法の導入、ロボット化の推進を行う。また、複数の既存技術を融合させ、新サービス創出を目指す。

3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

【第3期中期計画】

- ・科学的手法によりサービス生産性を向上させるために、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報の現場におけるセンシングと、得られた大規模実データのモデリングによる利用者行動のシミュレーションを基に、サービス設計を支援する基盤技術と導入方法論の開発を行う。また、サービス工学基盤技術については、10以上の業種や業態において25件以上の組織へ導入することを目指し、サービスの幅広い選択を可能にする技術の開発を行う。

3-(1)-① サービス最適設計ループ構築のためのサービス工学基盤技術

【第3期中期計画】

- ・サービス生産性向上を目的とし、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報を現場でセンシングし、得られた大規模実データをモデリングして利用者行動をシミュレーションすることで、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術と導入方法論

を開発する。再現性が検証された方法を確立し、共同研究等により、10種以上の業種や業態において25件以上の組織への開発技術の導入を図り、その一般化と普及を目指す。

【平成25年度計画】

- ・網羅的社会シミュレーション技術の構築と、公共交通・人流・防災分野等の社会サービスの設計支援手法の開発を進める。介護業務の ICT 化実証と、水平展開可能で効率的な現場参加型モノ・コトづくり支援技術の研究を同時に推進する。従業員行動理解、動的屋内モデリングを含む拡張サービスプロセスリエンジニアリング技術を開発する。生活者行動データを現場で収集しながら大規模データ活用支援技術を開発する。多様なセンサ情報を、携帯回線で集積し、センサ電源等を遠隔制御するための通信プロトコルを開発・拡張する。

【平成25年度実績】

- ・網羅的社会シミュレーションの枠組み Practis と、オンデマンド交通等の社会サービスに関する設計支援手法の開発を進めた。モノ・コトづくり支援技術として介護従業員の主観と行為収集が可能な申し送りシステムを構築し業務プロセス分析機能を設計した。地域商店街等で生活者行動データを収集しながら大規模データ活用支援技術を開発した。農業環境・人流センサの情報集積やセンサ精度等の遠隔制御のための携帯用通信プロトコルを開発した。開発技術を20組織へ導入し、屋内行動計測と屋内3D モデリングを軸とした技術移転ベンチャーが設立された。

3-(1)-② サービスの幅広い選択を可能にする技術

【第3期中期計画】

- ・公共性の高いサービス等が安全かつ標準的に利用できる環境の実現を目的として、利用者が自分自身で個人情報管理でき、サービスの内容や価値に応じて複数のサービスが連携できるような標準的な技術を開発する。このサービスフレームワークの有効性を行政や医療や研究等の5種類のサービスにおいて実証する。

【平成25年度計画】

- ・個人データを本人が管理して他者と共有し活用する技術、およびデータ形式の集約的な標準化の技術を、ユーザ参加型デザインによるコンテンツの共同制作と議論支援に応用する方法を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・ユーザ参加型デザインにおいては、断片的なデータを共同でまとめ上げ編集する技術が重要であるとの観点から、個人データをリスト形式で保持し要素ごとに修正を行える情報共有フレームワークを開発し、グループ形成と複数サーバー間での安全なデータ共有を可

能にする手法を確立した。また、共有データリポジトリの仕組みを改善し、利用者の数が増大しても安定して標準化されたデータを提供できるようにした。これらを、オントロジーに基づくテキスト処理技術と連携させることで、議論の構造化と要約の生成が可能になることを確認した。

3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

【第3期中期計画】

- ・サービス生産性を向上させるために、利用者の利便性及び生産性とサービス提供者の資源利用効率を共に高めるクラウド型プラットフォームの開発を行う。また、スケーラブルな知識基盤を構築しうるミドルウェアの開発を行い、地球科学や生命情報科学等の E-Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証実験を行う。

3-(2)-① クラウドの適用範囲を広げるミドルウェア技術

【第3期中期計画】

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために、個々の利用者に提供される仮想インフラに専有ハードウェアと同等の利便性を持たせ、さらに負荷に応じて再構成可能とする技術を開発する。具体的には、仮想インフラの性能保証方式、仮想インフラの資源利用状況モニタリング技術、管理組織にまたがる仮想インフラ動的再構成技術を開発する。開発された技術が10以上の複数管理組織から提供される10,000以上の資源にまで適用可能であることを示し、高精細映像配信等の応用で動作を確認する。

【平成25年度計画】

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために以下の研究開発を行う。
 - 1) ネットワーク資源管理システムに関しては、ネットワーク資源管理インタフェース標準の進展に引き続き貢献し、標準の進展に追従した参照実装を行う。さらに実証実験を行い有効性を示す。
 - 2) ビッグデータ蓄積及び処理機構の研究開発を行い、ミドルウェアの実装を行なう。
 - 3) 複数クラウド間を連携する技術を発展させ、ローカルなクラウドに資源を提供するクラウドの実現方式を検討し、プロトタイプシステムを構築する。

【平成25年度実績】

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために以下の研究開発を行った。
 - 1) ネットワーク資源管理インタフェース標準の頑健化と高機能化を推進した。参照実装を開発して欧米の組織による合同実証実験を行った。
 - 2) ビッグデータに対応したリアルタイムデータ解析機

構を実装し、動画・音響データの異常検出により有効性を示した。

- 3) ローカルなプライベートクラウドに対し遠隔地のデータセンタ上が透過的資源を提供する HaaS モデルを提案し、そのプロトタイプシステムを構築した。

3-(2)-② スケーラブルな知識基盤を構築するサービス指向ミドルウェア

【第3期中期計画】

- サービスの高度化、大規模化を支えるスケーラブルな情報処理基盤の実現を目的として、データ所在の仮想化やメタデータの付与等により、分散したエクサバイト（10の18乗）級のデータを構造化できるデータ統合ミドルウェアを開発する。地球科学や生命情報科学等の E-Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証を行う。成果普及のための国際標準を提案する。

【平成25年度計画】

- データベース統合ミドルウェアは Linked Open Data (LOD) と呼ばれるデータを対象とした応用を構築するとともに、現状の LOD の規模に対応できるよう改良を行い実用性を検証する。ビッグデータに対するデータベース処理と解析処理を効果的に連携する手法について、機械学習手法を応用した研究開発を行う。これらのデータを効果的に共有・相互利用するためのデータの Provenance（出自）について、メタデータに基づいた管理手法を研究するとともに、膨大なデータ同士の統合で発生するデータ矛盾を許容できるデータ統合手法について研究開発する。

【平成25年度実績】

- 限られた時間内で動的に処理を変えつつベストエフォートで解答を求めるデータ統合検索手法を研究開発し、データ量やサイトの数に依存しないスケーラビリティを達成した。LOD を検索するデモシステムを構築し方式の実用性を確認した。機械学習手法を応用した研究開発は、Hive と呼ばれる並列処理環境上で動作するツール群を構築、一般公開した。メタデータに基づく管理手法は Lavatube ワークフローへのメタデータ付与の仕組みを実装した。データ矛盾を扱う統合手法については、LOD を対象にデータの関連を発見するツールを考案してデモ展示した。

3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

【第3期中期計画】

- ロボットの導入により、サービス産業の生産性と品質向上を目指す。また、人の QOL を向上させるために、人の生活行動や操作対象のモデル化技術、ロボットの自律移動技術やロボットによる物体の把持技術、ロボ

ットと人とのインタラクション技術の開発を行う。特に、生活支援ロボット基盤技術として1日の人の行動様式の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術の開発を行う。

3-(3)-① QOL 向上のための生活支援ロボット基盤技術

【第3期中期計画】

- 自律性の高い生活支援システムの社会導入に向けて、1日の人間の生活行動の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術を開発する。
- 高齢化社会における QOL 向上を目指し、家庭や施設等における実用レベルの生活支援ロボットを開発する。具体的には、家庭や施設等での行動解析に基づき必要となる支援サービスを定義し、屋内のあらゆる地点で精度5cm 以内の精度を有する屋内移動技術、15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術、予備知識を必要としない高齢者とのインタラクション技術等を開発する。

【平成25年度計画】

- レーザー距離からの人追跡において、現状では発見困難な不整地環境、しゃがんだ状態など様々な姿勢、台車・自転車・自動車等の他の移動物体に対応可能となるように手法を向上させる。距離画像とそこから得られた人の関節角から手で握ったものを検出する際に、人体寸法データベースを参照することで、手に隠されない手より2割以上大きな物体領域を検出する手法を確立する。人が平面上に置いたり、そこから取り上げた物体を検出し、データベースに記録することにより人の活動を記録するシステムを開発し、人の生活行動を記録する。

【平成25年度実績】

- 不整地環境で人の全身姿勢のバリエーションや、自動車等の移動物体に対応可能な3次元モデルからの複数仮説検定による追跡手法を開発し、一日の生活行動の約50%の観測を実現した。時系列距離画像から人体寸法 DB を参照し、手に隠されない手より2割以上大きな物を検出する手法を確立した。平面上に置いたり、取り上げた物体を距離画像から検出し、人の日常生活行動を自動記述する手法を確立した。日常生活物体の形状と模様を学習し、オンラインで位置姿勢を発見する手法を確立し、約50個の物体で有効性を確認した。

【平成25年度計画】

- 実用レベルの生活支援ロボット開発のために以下を行う。
- 1) 高齢者施設での介護業務に関する活動調査を行い、

コストベネフィット分析の基礎データを得る。また支援ロボットや支援機器を組み合わせて利用するため、詳細な国際生活機能分類（ICF）情報を付加した機器のデータベースの構築を行う。

- 2) これまでに構築してきた100種類の日常物品モデルの中で、主要パーツが容器以外の物品についても、パーツの接続関係から階層的に表現したうえで、基幹物品（階層クラスが上位に属し、かつ主要パーツと付属パーツの組み合わせの中で使用頻度が高いもの）を抽出する。これにより、日用品が多様であっても扱い方が同じならば共通の把持技術を適用できるようにする。また、「衣類をたたむ」など一つのタスク終了までの連続動作を具体的課題として、前年度までに開発した技術の統合を行う。

【平成25年度実績】

- ・実用レベルの生活支援ロボット開発のために以下を行った。

 - 1) 介護施設職員の身体的負担をモデル化する調査、および新技術導入の際の消費カテゴリ毎の情報探索コストの調査を実施した。また介護保険レセプト分析用DBの構築、および支援機器に関するICF情報を付加したDBを構築した。
 - 2) 100種類の日常物品について、パーツの接続関係から15種類の基幹物品（密閉容器、取っ手付き器、注ぎ口付き器、チューブ状容器、棒状ツールほか）を選定し、物品把持の観点による日用品モデルを開発した。これにより、中期計画にある15種類の日用品の把持技術を達成した。

3-(3)-② サービス産業のためのロボット自律移動技術

【第3期中期計画】

- ・サービス産業を省力化するためのロボット基盤技術を開発する。具体的には、人間と協働する搬送や清掃等のサービスロボットを安全に運用するための機能安全国際規格 SIL に適合可能なビジョンセンサ技術、土木や農業等の屋外移動作業システムを精度20cm以内で高精度移動制御する技術等を開発する。

【平成25年度計画】

- ・配送作業、土木作業等の BtoB サービスを対象に、以下の研究開発を行う。

 - 1) バックグラウンドの照度が高い屋外においても精度良く形状計測を行うためにレーザー光を用いた投影システムの開発を行う。
 - 2) 土木・農業・鉱山等の屋外移動作業システムを制御特性・制御パラメータの調整等により、作業が必要な場所で移動の精度を現状の平均30cm以内から更に10cm以上高めるための技術を確認する。

【平成25年度実績】

- ・配送作業、土木作業等の BtoB サービスを対象に、以下の研究開発を行った。

- 1) ビジョンセンサ技術として、単色波線パターンとの投影によるワンショット形状計測法を開発し、屋外移動ロボットで利用可能な高密度形状計測システムを実現した。また、ロボット用センサの人検知性能評価のための屋外環境シミュレータとして天候による視程低下を模擬的に再現できる模擬降雪装置を開発した。
- 2) 土木・農業・鉱山等の屋外移動作業システムに対し、制御パラメータの調整に加えて経路計画および動作計画の見直しを行い、作業が必要な場所で移動の精度を現状の平均30cm以内から更に10cm以上高める技術を開発し実現した。

3-(4) 技術融合による新サービスの創出

【第3期中期計画】

- ・既存の技術を融合させることで新サービスの創出を目指す。具体的には、メディア処理とウェブでのインタラクションの融合によるコンテンツサービス、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等の技術を融合した地理空間情報サービス、メディア技術とロボット技術の融合による新たなサービスの創出を目指す。特に新サービス創出のためのヒューマノイド技術として、ヒューマノイドロボットによる段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km以上の歩行を実現する。

3-(4)-① メディア処理技術とインタラクション技術を融合したコンテンツサービス創出、利活用技術

【第3期中期計画】

- ・コンテンツを一層身近で手軽に活用、創造できる新サービスを創出するために、ユーザによるコンテンツ利活用を促すインタラクション技術と、コンテンツの生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術を高度化し、融合する。具体的には、ユーザを対象とした実証実験等を通じて、コンテンツの検索、推薦、鑑賞及び制作、エンタテインメント、ユーザインターフェース等に関する融合技術を開発し、新サービスを3種以上創出する。

【平成25年度計画】

- ・新サービス創出に向けてインタラクション技術とメディア処理技術を活用した以下の研究開発を行う。

 - 1) ユーザ貢献活用型 Web コンテンツ技術に関して、音声等に関する Web 上のサービスの研究開発を継続して実証実験を実施し、さらに新たなサービスを立ち上げる。
 - 2) 音楽情報処理技術に関して、音楽に関する Web 上のサービス等の研究開発を実施し、多様な音色の混合音を扱える音楽音響信号理解技術、歌唱スタイルを考

慮した歌声情報処理技術等を開発する。

- 3) 視線を用いたユーザインタフェース等のインタラクション技術を開発する。

【平成25年度実績】

- ・新サービス創出に向けてインタラクション技術とメディア処理技術を活用した以下の研究開発を行った。
- 1) 音声・音楽に関する Web 上のサービスの開発を継続してクラウドソーシングの観点から考察しつつ実証実験を実施し、さらに新たに動画高速鑑賞サービスを実現した。
- 2) 音楽コンテンツの関係性を可視化する新たな音楽視聴支援サービス **Songrium** を研究開発してプレス発表し、音楽信号理解技術の無限半正定値テンソル分解、歌声情報処理技術の歌声トピックモデル分析等を開発した。
- 3) 注視していない場合に高速移動するポインティング手法を開発した。

3-(4)-② 地理空間情報の高度利用技術と新サービス創出

【第3期中期計画】

- ・地理空間情報の新サービスを創出するため、多種多様な地理空間データへの統一アクセスサービス等の基本サービス群を開発し、整備する。さらに応用システムの構築を容易にするための再利用可能なミドルウェアを開発し、提供する。これらにより、災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等に関する応用システムを4件以上構築し、実証実験を実施する。

【平成25年度計画】

- ・地震動マップ即時推定システム (**QuiQuake**) については、災害時でも耐えられるようシステムを改良し、情報提供方法について機能強化する。衛星画像・現地観測統合システム (**SFI**) については、生物多様性コミュニティへの展開をはかる。
- ・**Lavatube2**はクラウド上でサービス化する。

【平成25年度実績】

- ・応用システム **QuiQuake** についてはシステムを仮想マシンとして構築し、災害時でも継続利用可能なクラウド上で即時にサービスの再開が可能となるようシステムを改良し、情報提供方法について可用性向上による機能強化を行った。**SFI** については生物多様性に関する共同研究を開始した。また、**SFI** の成果を原子力規制庁の放射線モニタリングプロジェクトに適用した。**Lavatube** は限定したユーザ向けにクラウド上でサービス提供した。地理空間データの基本サービスの1つとして、**Landsat8**のデータ公開システムを構築しサービス提供を開始した。

3-(4)-③ 新サービスの創出のためのヒューマノイド

基盤技術

【第3期中期計画】

- ・ヒューマノイド技術を活用した新サービスの創出を目的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒューマノイド基盤技術を開発する。具体的には、全身動作、表情及び音声を統合した振舞の生成、段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km 以上の歩行、簡易な指示による未知環境の移動や簡易作業、高齢者等の人動作の模擬等を実現する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・東京電力福島第一原子力発電所廃止措置に貢献する技術開発を行う。ヒューマノイド技術を活用した災害対応サービスの基盤となる遠隔操作端末からの簡易な指示によるドアの押し開けを含む未知環境の移動や、歩行障害物の除去等の簡易作業を実現する技術を開発する。人動作模擬サービスの一例として、人間行動の理解・シミュレーション技術とヒューマノイドによる再現技術を開発し、アシスト機器の効果の定量的評価と設計支援を行う。

【平成25年度実績】

- ・**Honda** と共同で高所調査用ロボットシステムを開発し、東京電力と共に福島第一原発2号機原子炉建屋1階の調査を実施し、高所の線量や機器の様子など廃炉作業に有益な情報を取得した。段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある未知環境を平均時速3km で歩行する技術、遠隔操作によりドアの押し開けや歩行障害物の除去等を行う技術を開発し、シミュレーションにて有効性検証した。異なる姿勢の3次元測定データの自動対応付けによる人動作理解技術、最適化手法に基づく人動作再現技術を開発し、装着型機器の負荷低減効果の定量的検証を行った。

3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

【第3期中期計画】

- ・情報システム製品のセキュリティ評価技術を確立するために、情報システムにおける事故を未然に防ぐとともに事故が起きても被害の拡大を防ぐセキュリティ対策技術、情報基盤自体を高信頼なものにするための検証法や開発支援ツール及び情報基盤の安全性評価に関する技術の開発を行う。特に、情報システムの高信頼、高安全及び高可用化技術において、基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対するテストケース自動生成技術の開発を行う。

3-(5)-① 情報システム製品のセキュリティ評価技術 (IV-3-(1)-⑥へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・ IC カードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

【平成25年度計画】

- ・ 攻撃技法の拡充や測定解析ソフトウェアの開発・改良を進める一方、デバイスの物理量測定を実施し、波形データベースの構築に着手する。
- ・ 動的再構成機能を、静的再構成回路のプロトタイプと比較し、動的な方法の優位性を検証するとともに、実利用の検討を進める。
- ・ 3種類以上の異なるテクノロジーのプロセス上で PUF の性能評価を行い、偽造防止技術の実用性検証を進める。また、機械学習を用いてデバイスのクローンを作成する攻撃実験を行い、PUF の安全性評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・ 評価できる攻撃数を5種類に、計測波形は最大1000万となるようツールを改良。波形データベースを構築し、計測器性能の解析への影響を調査。サイドチャンネル攻撃と PUF の評価ができる小型ボード MiMICC を開発。
- ・ AES など6種類の暗号を動的再構成で実装し、静的実装に比べ、回路規模を最大74%、消費電力を最大3.4%低減できることを示した。
- ・ 提案する PL-PUF の性能評価を FPGA でを行い、ID 空間サイズが従来型 PUF の 2^{37} に対して 2^{116} に拡大し、高いユニーク性を持つことを確認。また機械学習で、従来は可能だったクローン作成が、提案方式では困難であることを確認。

【平成25年度計画】

- ・ セキュリティシステムや情報セキュリティに必要な形式仕様・定理証明などに関係した研究を推進する。C 言語プログラムなどの実装の検証に必要な仕組みを引き続き整備するほか、形式仕様記述を実装検査や設計の検証等に生かす仕組みや、基幹システムの安全性向上のために形式化や論理検証などの技術を展開する研究その他を推進する。

【平成25年度実績】

- ・ 昨年度に続き、C 言語プログラムの定理証明支援系による形式検証に向けて、TLS 標準プロトコルの検証ライブラリの充実、洗練を行い、TLS の実装が仕様を満たすことを効率的に証明する仕組みを完成させ Web サイトから公開した。また、今年度から、通信の信頼性に重要なモダン符号理論のひとつである

LDPC 符号の設計のための形式検証基盤も整備している。その他、形式手法技術の発展・展開に向けて、鉄道信号システムの要求分析や設計図、データベースのクエリ解析やテーブル設計に対して形式手法（モデル検査、定理証明）を適用し、その有効性を実証するとともに、学術誌や講演会等で解説を行った。

3-(5)-② 情報システムの高信頼、高安全、高可用性技術 (IV-3-(1)-⑦へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・ 情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

【平成25年度計画】

- ・ テスト設計ツールを始めとするソフトウェア開発ツールの商品化および事業化を目指して、外部研究資金を目指す。同時に、アシュアランス人材育成や高度テスト技術者人材育成のための企業向けセミナー素材を開発して、受講者等規模拡大を行う。高回復マイコンの高信頼化、高機能化の研究を進めて、8ビットマイコンから32ビットマイコンへも適用可能とする。保証技術の OMG 規格化の審議を進める。消費者機械規格の策定までのロードマップを作成する。

【平成25年度実績】

- ・ テスト設計ツールの効率化・高度化をテーマにした JST A-STEP を受託し、技術移転を開始した。業界団体と共催で企業の技術者向けセミナーを実施し、組込み適塾での人材育成を行った。32ビット高回復マイコンについて、基本ソフトウェアに対応した一兆以上の状態のモデルを完成させたほか、ハードウェア異常の詳細な解析と確率モデルの構築を行った。消費者機械の安全性保証技術の OMG 規格化のため、ロードマップを策定し、規格案を11月に OMG に提出した。GSN 規格に関係するツールの共同開発を進めた。

【平成25年度計画】

- ・ ソフトウェアエンジニアリングツールチェーンの研究開発では、システムのライフサイクルを支援するツールチェーンをオープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、PBL 演習に提供する。平成25年度は、平成24年度に公開したデプロイメントパッケージ DP for PBL の妥当性確認を行い、改訂版の開発を行い、ベータ版として Web で公開する。DP for

PBL に基づいたソフトウェア開発を、筑波大学大学院 PBL 演習の学生チームに提案し、学生チームが受託した場合は、学生チームによる妥当性確認を行う。

【平成25年度実績】

- ・ DP for PBL アルファ版の妥当性確認、改訂版の開発と Web 公開を行った。妥当性確認にあたっては、アルファ版を参考とする条件で筑波大学大学院 PBL 演習の学生チームにソフトウェア開発プロジェクトを提案し協力を得た。第三者による妥当性確認手段としてプロセスアセスメントの手法を使用することとし、アセスメント実施のためにアルファ版に準拠したアセスメントキットを開発し、ソフトウェア開発プロジェクトの終了後に開発プロセスの実態に関するヒアリングを実施した。ベータ版の開発はこの結果も参考に行った。

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

【第3期中期計画】

- ・ イノベーションの実現と社会の安全・安心を支えるために必要な、基盤的、先端的な計測及び分析技術並びに生産現場に適用可能な生産計測技術の開発を行う。また、信頼性ある計測評価結果をデータベース化し、産業活動や社会の安全・安心を支える知的基盤として提供する。さらに、製品の安全性や適正な商取引、普及促進に必要な製品やサービスの認証を支える評価技術の開発を行い、試験評価方法の形で提供するとともにその標準化を行う。

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術

【第3期中期計画】

- ・ 先端的な技術開発を支援するために必要となる分解能、応答性に優れた材料計測、解析、評価技術及び安全の基盤として必要な構造物診断技術等の計測、解析、評価技術の開発を行う。また、それらの産業界への普及と標準化を行う。さらに、製品の品質と生産性を高めるうえで重要な、生産現場で発生する計測にかかわる技術の開発を行うとともに、開発した計測、解析、評価技術を統合し、現場に直接適用可能な計測ソリューションの提供を行う。

1-(1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術

【第3期中期計画】

- ・ 産業や社会に発展をもたらす先端的な技術開発を支援する計測、解析、評価技術の開発を行う。具体的には、有機材料、生体関連物質における分子レベルの評価に必要な計測技術の開発を行う。また、ナノレベルからマクロレベルにわたり俯瞰的に材料の構造と機能を評

価できるナノ材料プロセス計測及び解析技術の開発を行う。さらに、安全性及び信頼性評価における基盤技術として必要な、構造物診断を可能にする計測、解析及び評価基盤技術の開発を行う。これらの成果を、技術移転等を通じて産業界に普及させる。

1-(1)-① 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ 社会的に関心の高い有機又は生体関連物質等ナノ物質を評価するために、飛行時間型質量分析法による分子量測定、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、分子イメージング等の計測技術を開発し、8件以上の技術移転を実施する。

【平成25年度計画】

- ・ ライフイノベーション関連の計測分析技術開発を行う。
 - 1) 有感面積10mm 超伝導検出器と単一磁束量子回路を搭載した質量分析装置を完成させる。
 - 2) マトリクスフリー質量分析をチャージアップ防止技術で高スループット化（10倍）する。
 - 3) 真空紫外域円二色性計測高感度化（1桁）、テラヘルツイメージング短波長化（0.9THz）と X 線高エネルギー化（80keV）を達成する。
 - 4) 動物試験用長尺 CNT 分散液を調製、毒性試験を可能にする。
 - 5) 肺胞マクロファージ酸化ストレス関連因子の免疫組織学的な解析手法を確立する。

【平成25年度実績】

- ・ ライフイノベーション関連の計測分析技術開発を行った。
 - 1) 単一磁束量子回路から構成される時間デジタル変換器を動作させた。
 - 2) マトリクスフリー質量イメージングを低分解能測定モードで10倍高スループット化した。
 - 3) 円二色性計測の10倍以上の高感度化、テラヘルツイメージング短波長化（0.9THz）を実現した。レーザーの高周波生成で、X 線の高エネルギー化を実現した。
 - 4) 動物試験用長尺 CNT 分散液を調製して動物毒性試験を行なった。
 - 5) 肺胞マクロファージの TLR4産生の免疫組織学的解析手法を確立した。

1-(1)-② ナノ材料プロセスにおける構造及び機能計測並びにその統合的な解析技術の開発

【第3期中期計画】

- ・ ナノ材料・デバイスの広範なスケールにおける構造及び機能に関する計測技術の開発及び多変量解析等の情報の統合的な解析技術を開発する。サブナノメートルからミリメートルオーダーの機器分析情報の中から、

二つ以上のスケールの情報を統合し構造と機能の関係の定量化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・グリーンイノベーション関連の計測分析技術開発を行う。
- 1) 陽電子欠陥計測装置で-150~200度の温度依存性測定を可能にする。
- 2) SiC 中微量窒素に対する X 線吸収分光測定の検出限界を100ppm 以下とする。
- 3) 結晶構造解析法モデル評価規準構築のため、密度変数推定を可能にする。
- 4) 位相制御レーザー場のフーリエ合成、クラスター励起 SIMS の有機試料分析を実現する。
- 5) フェムト秒過渡吸収で光触媒 in-situ 測定を実現、水分解反応を観測する。
- 6) 異なる計測手法のデータのヘテロ相関解析手法を確立する。

【平成25年度実績】

- ・グリーンイノベーション関連の計測分析技術開発を行った。
- 1) -150~200度の試料温度制御下で陽電子欠陥測定を実現した。
- 2) ニーズがあったダイヤモンド半導体中窒素の X 線吸収分光測定を SiC より優先して実現した。
- 3) バイアス補正による密度変数推定で単結晶構造の席占有率を0.1%台の精度で精密化した。
- 4) ナノ秒4色位相制御レーザー場フーリエ合成、クラスターSIMS による有機材料分析を実証した。
- 5) 光触媒 in-situ 測定を実現し、水分解初期過程の助触媒反応を観測した。
- 6) ヘテロ相関解析手法を確立し、有機材料の結晶相と変形の関係を解明した。

1-(1)-③ インフラ診断技術の開発

【第3期中期計画】

- ・構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発する。超音波探傷装置や可搬型 X 線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・安全安心のための計測技術確立のために以下の開発を行う。
- 1) 構造物の衝撃負荷等異常検出への光ファイバセンサの適用、縞画像を利用した mm オーダの計測精度を有する3次元変位計測技術、および10MHz 以上の高周波超音波を利用した100 μ m 以下の欠陥検出技術を確立する。

- 2) プラント配管等の狭隘部のその場 X 線画像診断を実現するため、100keV 以上のエネルギーの X 線を発生できる厚さ7cm 以下の可搬型カーボンナノ構造体 X 線源を開発する。

【平成25年度実績】

- ・安全安心のための計測技術確立のための開発を行った。
- 1) FBG 光ファイバセンサを用いてひずみゲージでは検出できない微弱な衝撃負荷を検出し、モアレ縞を利用して mm オーダの精度で3次元変位計測をした。また15MHz の超音波を利用して20 μ m 大の欠陥を検出した。
- 2) プラント配管等の狭隘部のその場 X 線画像診断のため、110keV 以上のエネルギーの X 線を発生できる厚さ7cm の可搬型カーボンナノ構造体 X 線源を開発した。

1-(1)-④ 蓄電池構成材料の評価及び解析技術の開発 (I-2-(1)-①を一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・評価基準書最終版作成に向けて、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルの大きさとその電池特性との相関性を把握し、少量サンプルでの簡易評価法の検討や過充電等の安全性評価法の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・コインセル、小形、標準、及び、大形ラミネート型セルでの電池特性（充放電特性）データの取得とその解析結果から相関性が把握でき、少量サンプルの評価が可能となることが分かった。また、主として過充電、過熱に関する安全性評価法を検討し、その手順を取りまとめた。これまでに構築した世界的シェアを有する国内複数企業を中心とした拠点において、取りまとめられた評価手法、手順などを全参画者と共有し、評価基準書最終版作成に向けた準備を進めた。

1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発

【第3期中期計画】

- ・新産業創出を先導するために必要な、先端計測及び分析機器に関する技術開発を行う。具体的には量子ビーム、イオンビームの分析、診断への応用技術、電子顕微鏡の高分解能化と多機能化技術、デバイス、システム評価を可能にする複合計測技術等の開発を行う。また、開発した装置の産業界への普及を促進するとともに、標準化を行う。

1-(2)-① 材料評価のための先端計測及び分析機器開発

【第3期中期計画】

- ・ポジトロンや超伝導検出器等の量子ビーム、イオンビーム等の材料及び生体の検出、分析及び診断機器への応用を実証するとともに標準化を行う。6件以上の装置公開利用、8件以上の技術移転を実施する。

【平成25年度計画】

- ・先端計測分析技術を公開し課題解決を行うとともに、先端機器の普及を促進する。
- 1) 垂直入射型陽電子ビームラインにおいて、高分解能半導体検出器により電子の運動量情報を得る機能を加え、複合欠陥等の評価ができるようにする。
 - 2) 集約化クリーンルームでは、超伝導デジタル回路のユーザーへのチップ配布を開始する。さらに公開セミナーの開催等により、登録ユーザー数を40名以上にする。
 - 3) 新規・既存の公開機器を活用してユーザーの計測分析ニーズへ対応する。所内外のユーザーへの支援件数80件以上を達成する。

【平成25年度実績】

- ・先端計測分析技術を公開し挑戦的な課題解決を行うとともに、先端機器の普及を促進した。
- 1) 垂直入射型陽電子ビームラインに高分解能半導体検出器による電子運動量分布測定機能を付加し、化合物半導体等の複合欠陥の評価を可能にした。
 - 2) 集約化クリーンルームで超伝導デジタル回路のチップ配布を開始し、かつ、公開セミナーの開催等により支援件数20件（4月以降確定）を達成し、登録ユーザー数は30名（4月以降確定）であったが技術代行支援で実質数は40名を超えた。
 - 3) 新規に EUPS 装置を公開した。既公開機器を用いて所内外への支援件数200件（4月以降確定）を達成した。

1-(2)-② 超高感度、高分解能透過電子顕微鏡の研究開発

【第3期中期計画】

- ・単分子・単原子レベルでの計測及び分析技術を確認するために電子顕微鏡のさらなる高分解能化及び高感度化技術を開発する。このために、電子光学系の高度化、検出器の高効率化、装置環境の高安定化等の要素技術開発に加え、用途に応じた電子顕微鏡の多機能化を行う。これにより、現在、電子線波長の25倍程度でしかない空間分解能を、世界最高となる電子線波長の17倍程度にまで向上することを目指す。

【平成25年度計画】

- ・H24年度までに開発した新型収差補正装置を搭載した低加速高分解能電子顕微鏡を用いて、加速電圧15kVにおいて0.2nm以下の空間分解能を達成する。

- ・これまでに開発した軽元素から重元素までの高感度検出技術を応用し、ナノチューブ・グラフェンをはじめとする低次元物質構造体のドーパントや不純物を単原子レベルで検出する技術を確認する。

【平成25年度実績】

- ・新規開発した収差補正装置を搭載した低加速高分解能電子顕微鏡を用いて、加速電圧15kVにおいて0.17nmの空間分解能を達成した。
- ・これまでに開発した電子顕微鏡における検出器の高効率化、装置環境の高安定化などの要素技術を応用し、ナノチューブやグラフェンなど低次元物質のドーパントや不純物を単原子レベルで検出する技術を確認した。平成25年度は二硫化モリブデン単原子層中のドーパントおよび不純物を単原子レベルで検出することに成功した。

1-(2)-③ デバイス、システム評価のための先端計測機器の開発

【第3期中期計画】

- ・スピントロニクスデバイスにおけるナノ領域のスピン方向を3次元解析できるナノスピン計測技術を開発する。
- ・高速トランジスタとして期待されるナノカーボンの電気的特性のナノサイズ領域の電荷分布測定を行なえるプローブ顕微鏡技術を開発する。
- ・電圧及び抵抗標準を生産現場に導入でき、校正コストの削減を可能とする小型、低コスト、低消費電力の直流電圧標準システムと集積回路チップ化された電流比較器を開発する。
- ・スーパーハイビジョン時代の大容量位相多値光通信や材料の加工、改質の実現のために、サブフェムト秒の時間分解能を有する光測定技術を開発する。そのためにタイミングと絶対位相が100アト（10の-16乗）秒以下に同期された多波長極短パルスレーザーを開発する。

【平成25年度計画】

- ・相変換物質や、グラフェン等ポストシリコン半導体デバイス材料において、SCM技術を用いて、局所的な物性変化を誘起し、その物性変化が及ぶ領域サイズや、マクロな物性に及ぼす影響を評価するための技術を開発する。さらに、グラフェン量子ホール素子をロバストな1次標準として、新たな電気抵抗標準体系を構築するための基礎データを取得する。

【平成25年度実績】

- ・Heイオン顕微鏡を用いて極微量の結晶欠陥を導入したグラフェンについて、金属-絶縁体転移することをSCM技術にて観察し、その物性変化が及ぶ領域サイズや、マクロな物性に及ぼす影響を評価するための技術を開発した。また量子ホール素子1次標準をベース

に、より高抵抗の標準を目指す電気抵抗2次標準の候補である金属微粒子分散ガラスについては、その伝導経路を SCM 技術にて観察し、金属微粒子がガラス内で自発的にネットワーク構造を形成していることを確認した。

【平成25年度計画】

- ・12K で動作するジョセフソン素子アレーと改良したソフトウェアを組み込んだラックマウント型ジョセフソン標準試作機を開発し、実地試験に供することで、ユーザの使用に際する問題点の明確化と開発へのフィードバックを行う。

【平成25年度実績】

- ・ラックマウント型ジョセフソン標準試作機を用いて、長野県工業技術総合センターおよび株式会社サンジェムにおいて実地試験を行った。その結果見出された電圧変動について原因究明を行い、電圧増倍回路の改良により解決できる見通しを得た。

【平成25年度計画】

- ・応用展開に向けて開発してきた超短パルス Yb ファイバーレーザーの技術を用いて、産業的に関心の高い積層薄膜構造のスクライブ等で100kHz 高速加工と超短パルス化効果を検証する実験を行う。また、多値位相変調の評価や物質プロセス測定に必要とされる多波長極短パルスレーザーについては、タイミングと位相の同期の信頼性を向上させるためファイバーレーザーを組み合わせた同期技術を開発するとともに、外部の増幅システム等まで含めての変動測定実験と解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・Yb ファイバーレーザーを用いて、CIGS 太陽電池の積層薄膜サンプルのスクライブ加工実験を行い、繰返し周波数を100kHz に固定し、300fs 以下に短パルス化することで従来問題となっていた熱的変質が抑制できることを確認した。さらに、レーザー強度分布の改善で、電池に必要な変換効率も得られた。多波長極短パルスレーザーについては、温度制御した Yb ファイバーレーザー発振器を開発し、Ti サファイアレーザーとの6時間以上のフェムト秒長時間同期に成功した。また、増幅システムの変動測定とフリンジ成分から相対位相変動を推計する解析を行った。

1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

【第3期中期計画】

- ・製品の品質と生産性を高める上で必要となる欠陥や異常検出技術、高圧下等の測定が困難な条件下における計測技術、微量試料での精密化学分析技術等の生産計測技術の開発を行う。開発した計測、解析及び評価技術を統合し、新たな検査方法の確立等、生産現場へ直

接適用可能な計測ソリューションとして提供する。様々な生産現場の課題解決に取り組み、8件以上のソリューションを提供する。

1-(3)-① 生産現場計測技術の開発

【第3期中期計画】

- ・エレクトロニクス産業等の生産現場で求められている製品の各種欠陥や異常等の検出、発生防止、及び生産の高効率化を目指した、実用的なソリューションを開発し提供する。10件以上の生産現場の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

【平成25年度計画】

- 1) シリコンウエハ検査装置については、企業と共同でクリーンルーム等の生産現場で実用機としての最終調整をおこない、量産化ラインへの組み込みを達成する。さらに、検査装置の製品化や関連分野への技術普及に着手する。
- 2) 外観検査技術については、新たな展開として自動車エンジン部材の欠陥検査等、関連の外観検査技術の開発に着手する。
- 3) FPC 外観検査については、サブ mm サイズの金めつき部位の評価と種々の製品・材質への対応ができるよう、高倍率化と画像・統計処理システムの改良、ニッケル被膜等の評価に着手する。

【平成25年度実績】

- 1) シリコンウエハ検査装置について、産総研原理機で測定再現性89%を達成し、本仕様を LSI 量産メーカー工場クリーンルーム内の開発装置に移植した。並行して、検査装置メーカーと共同で製品プロトタイプ機の製作に着手した。
- 2) 検査装置メーカーと共同で自動車エンジン部材のレーザー方式による欠陥検査装置の開発に着手した。
- 3) FPC 外観検査装置の光学系と画像・統計処理システムを改良して0.5mm 角程度の金めつき部位の評価を実現、自動評価技術を確立した。実用化の目処を得ると共に、ニッケルや銅表面の評価に成功した。

【平成25年度計画】

- 1) 装置部品メーカーとの共同研究により、量産用エッチング装置のウエハ静電吸着ステージに内蔵した複数の音響センサーの感度を補正する実装技術、音響センサーからの信号を大気側に引き出す光ファイバーを使用する光給電方式による配線技術の研究開発を行い、試作品を作成する。
- 2) 材料メーカーとの共同研究により、高いプラズマ耐性と導電性を有するセラミックスやコーティング材の耐性評価を行い、最適化と実用化試験を行う。

【平成25年度実績】

- 1) 装置部品メーカーと共同で量産用エッチング装置の異

常検出用音響センサをウエハ吸着ステージに内蔵する技術開発で、実装容易性を考慮し、スパッタ成膜法で直接形成したセンサの正常動作を確認した。また、光給電システムを試作して動作を確認した。

- 2) 材料メーカと共同開発した導電性高プラズマ耐性セラミックスを大手デバイスメーカにサンプル出荷し良好な結果を得た。実使用の最終判断に向けた長期耐性評価を進めた。
- 3) 計測機器メーカとプラズマ装置へ装着容易なプラズマインピーダンス計測機器を共同で製品化、上市した。

1-(3)-② 測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

【第3期中期計画】

- ・測定が困難な条件下における広帯域圧力振動計測技術、応力可視化技術を開発し、産業や社会の現場に適用可能なソリューションとして提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

【平成25年度計画】

- 1) 半導体デバイスの製造現場で実際に使用されているボンディング装置にセンサを設置し、ボンディング不良品発生の検知可能性を調べる。また、アルミ鋼板などの製造現場環境に近い状況下で、セラミックシンクロールの摩擦摩耗状態の振動センサによるモニタリング可能性を検証する。
- 2) 多元同時スパッタリング法や化学溶液法、第一原理計算などを用いて、高い耐環境性を示す、新しい複合化合物圧電体薄膜の探索を行う。また、オールウェットプロセスなどの大面積低コストに適した薄膜作製技術の研究も行う。

【平成25年度実績】

- 1) ボンディング不良品発生を調べた結果、振動測定により、押さえ無し等条件の変化を検出でき、不良品発生検知の可能性を示した。また、セラミックシンクロールの摩擦摩耗状態のモニタリングを行った結果、振動の経時変化によって寿命予知の可能性を示した。
- 2) スパッタリング法などを用いて、新規材料探索を行った結果、AlNにMgとNbを同時にドーピングすることによって、高い圧電性を示すことを見出した。また、大面積低コストの研究も行った結果、オールウェットプロセスによってZnO薄膜の大面積センサ素子の作製に成功した。

【平成25年度計画】

- ・赤外イメージング可能な近赤外応力発光センサの開発と高効率化を試み、オンサイト生体計測の可能性を検討する。さらに可視応力発光体の用途の拡大を目指した、レアアースフリーの応力発光体の探索と発光機構

解明に着手する。異常検出システムと応力記録システムの高度化をさらに進め、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行い、微小ひずみ(0.02%ひずみ)の検出感度向上、高压容器の健全性診断への展開を図る。また、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積(10件以上)をさらに進め、データベースの充実を図る。

【平成25年度実績】

- ・生体イメージング可能な応力発光センサの開発においては、生体透過可能な800nm-1100nm波長を有する近赤外応力発光体の開発を世界で初めて成功し、オンサイト生体計測の可能性を見出した。可視応力発光体の開発では、様々な刺激に応答可能な新規レアアースフリー応力発光体CaZnOSの開発に成功し、発光機構の解明を進展した。異常検出システムと応力記録システムに関しては、0.02%ひずみの検出感度向上を達成し、高压容器の破壊予知の可能性を突き止めた。発光とひずみの応答データは10件以上累積できた。

1-(3)-③ 微量、迅速、精密化学計測技術の開発

【第3期中期計画】

- ・マイクロ空間化学技術等を用いた分析、計測及び解析技術を開発し、バイオ、化学、素材関連産業分野におけるソリューションを提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、2件以上のソリューションを提供する。

【平成25年度計画】

- ・ナノ材料に関してはベンチャーを介し複数のソリューション提供を試み、一件以上を完結させる。歯周病検査デバイスに関しては、企業と連携し臨床診断に向けた前処理技術の確立によるソリューション提供を目指す。卵細胞分別チップならびにマイクロ流路を用いた精子のオンサイト分離技術に関しては、設計した流路構造を持つデバイスによる分別技術の最適化を進めると共に、各々県畜産試験場と連携して現場へのソリューション提供を進める。また、母胎側の受胎適期のオンサイトセンシングに向けた小型ホルモンセンサ等の開発に着手する。

【平成25年度実績】

- ・ナノ材料に関しては合成及び分散条件探索に関するベンチャーへのソリューション提供をそれぞれ完了させるとともに、大手企業へのナノ材料開発全般に関するソリューション提供へと話を進めた。歯周病検査デバイスに関しては、企業と連携し技術移転を完了させるとともに、歯科検診に向けた前処理技術の開発を開始した。卵細胞分別チップと精子のオンサイト分離に関しては、現場での実証試験体制を整えた。これらに加えてNEDO社会課題対応センサープロジェクトにて受胎適期のオンサイトセンシングに向けたセンサ等の

開発に着手した。

【平成25年度計画】

- ・CdSe/ZnS/TiO₂/PEG に食中毒要因菌が産生する毒素蛋白質に対する抗体が結合可能かどうかを検討する。さらに蛍光性ナノ粒子用の免疫クロマトグラフィーの最適化用部材の選定を行う。SOWG 分光法を用いたバイオセンサー開発のため、色素やタンパク質固定化方法と保護膜作製方法を検討する。また水素ガス検知器実用化のため合金薄膜の光透過スペクトル評価を行う。低電圧パルス印加による細胞膜破壊方法を用いて大腸菌以外のグラム陽性菌や酵母等からタンパク質等の生体分子を取り出す方法を検討する。

【平成25年度実績】

- ・抗ペロ毒素モノクローナル抗体は作成できたが、CdSe/ZnS/TiO₂/PEG との結合性の評価まではできなかった。サンプルパッド等の免疫クロマト用部材の選定は終了した。SOWG 表面にホスホン酸化合物自己組織化単分子膜を形成させることで代表的なヘムタンパク質であるチトクローム c の直接電子移動反応を保ったまま固定化する事に成功し、保護膜としての機能を確認している。水素ガス検知器開発に関しては50%以上の高濃度の水素ガスの0.2秒以内の迅速検知を確認した。低電圧パルス印加装置の電極径や配置の最適化を行うとともにグラム陰性菌の培養を行った。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

【第3期中期計画】

- ・標準化の推進、地質情報等の有効利用、災害事例の共有、ものづくり支援等のために、信頼性（評価方法、不確かさ、出典等）を明示した各種データベースを構築、整備する。構築したデータベースは、上記に関わる知的基盤として、更新を保証しつつ継続的に社会に提供する。

2-(1) 標準化を支援するデータベース

【第3期中期計画】

- ・基準認証活動を進めるにあたり、関係者が共有すべき定量的情報をデータベースとして整備し提供する。具体的には国家計量標準にトレーサブルで、不確かさが評価されている等、信頼性が明示された物質のスペクトル、熱物性等のデータを拡充し継続的に提供する。

2-(1)-① スペクトルデータベースの整備

【第3期中期計画】

- ・有機化合物等のスペクトルデータを測定するとともに解析及び評価を行い、検証されたデータ5,000件を新たに収録し公開する。

【平成25年度計画】

- ・有機化合物の H-1核と C-13核の核磁気共鳴、赤外分光ならび質量スペクトルデータを測定するとともに解析・評価を行い、検証されたデータ合計1,200件以上を新たに収録し公開する。日本国内で入手可能な標準物質のデータベース（RMinfo）の適切な運用管理を行うとともに、国際標準物質データベース（COMAR）の国内事務局として、国際標準物質の情報を適切に管理する。

【平成25年度実績】

- ・有機化合物の H-1核と C-13核の核磁気共鳴、赤外分光ならび質量スペクトルを測定し、解析・評価を行い検証されたデータを合計963件新規にウェブに公開した。データ公開サポートがなくなり、データ収集等が制限される期間があったものの、これを除けば公開のペースは当初目標の月あたり100件以上を上回る結果となった。日本国内で入手可能な標準物質のデータベース（RMinfo）の NITE からの移管を受けて適切な運用管理を行うとともに、国際標準物質データベース（COMAR）の国内事務局として、国際標準物質の情報を適切に管理した。

2-(1)-② 熱物性を中心とした材料計量データベースの整備

【第3期中期計画】

- ・材料の熱物性及び関連物性について、不確かさ評価等により信頼性の保証されたデータセット100組以上を新たに収録し継続的かつ安定的に提供する。

【平成25年度計画】

- ・固体材料について、不確かさ評価等により信頼性の保証された25組以上の物性データセットを分散型熱物性データベースに収録し、公開する。

【平成25年度実績】

- ・高純度鉄、等方性黒鉛、透明導電膜などの固体材料に関する13組の物性データセットを分散型熱物性データベースに収録し、公開した。
- ・データベースの可用性および利便性の改良を優先して行ったことにより今年度収録目標数を達成することは出来なかったが、最終的な中期目標達成を確実にするために、今後の実施スケジュールの見直しを行った。

2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

【第3期中期計画】

- ・地質情報等と衛星画像情報等を統合化したデータベースを整備し、資源等の有効利用を支援するために利用しやすい形で社会に提供する。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の高度化対応を行う。

2-(2)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備（別表2-1-(3)-①を再掲）

【第3期中期計画】

- 衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。

【平成25年度計画】

- 利用しやすい形、かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。
- ASTER に対する地上サイトを用いた校正と検証、および、その画像補正にかかる研究開発を継続する。
 - ASTER のデータベースでは全量生データの蓄積の上に、さらに約15TB の生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは全量画像処理システムの研究開発を継続する。
 - 次期センサに対しては、その特殊性を考慮した校正手法、アルゴリズムおよびそのデータベースの研究開発を継続する。

【平成25年度実績】

- 1)については、代替および相互校正の研究結果から、運用中 ASTER センサに新たな問題が生じていたことを明確にし、その補正方法を提案した。2)については JERS および PALSAR のそれぞれの全量画像処理システムを開発し、既に全量画像処理システムを持つ ASTER については、さらに、約15TB の生データを蓄積した。3)に関して次期センサの校正結果を反映させるための幾何および放射量にかかる補正データベースや校正アーカイブシステムの構築に着手、また、輝度補正や地図投影を実現するデータ処理ソフトウェア開発にも着手した。

【平成25年度計画】

- 整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベース作成のための研究開発を行う。
- 天然色全球マップ作成のための研究開発を継続し、北米、その他の小区画未作成地域の高品質マップを作成する。
 - 全球都市マップ作成のための研究開発を継続し、試作されたマップの精度向上を図る。
 - 前年度に続き開発した地理情報管理システムの利用実証を行い、その結果をもとにさらなる改良を進める。

【平成25年度実績】

- 天然色全球マップについては、これまで作成した地域

以外の北米、その他の小区画未作成地域の高品質マップを作成した。また、全球都市マップについては、精度検証のための都市域マッピング・クラウドソーシングシステムを開発し、その精度向上を図った。さらに開発した地理情報管理システムについて試験利用を行い、ユーザからのフィードバックをもとに改良を加えてシステム完成させた。

【平成25年度計画】

- 露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、クリノメーターソフトと他のソフトウェアとの連携試験を行いながら、効率的で利便性が高い野外観察情報の収集手法の開発を行う。またデータの管理について汎用的なフォーマットを使った試験を行う。

【平成25年度実績】

- 露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、クリノメーターソフトに、線構造の測定機能などの機能追加を行った。これにより測定の操作が従来よりも容易となった。同ソフトのデータの保管についての試験から、XML 及び KML 形式が適していることが判明した。

2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

【第3期中期計画】

- 持続可能で安全・安心な社会の構築に必要な、環境・エネルギー、災害事例、ものづくり支援等に関するデータを集積し、技術基盤情報としてそれらを出典やデータ選択及び評価の基準とともに公開し、社会に継続的に提供する。

2-(3)-① 環境・エネルギー技術を支えるデータベースの整備

【第3期中期計画】

- 環境負荷低減、低炭素社会に資する超臨界流体等の環境・エネルギー技術の基盤となる情報を整備し、社会に提供する。超臨界流体データベースには3,500件（特許2,000件、文献1,500件）のデータを提供する。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、超臨界流体利用技術に関係した新たな特許出願および論文等の文献データをデータベースに追加し、技術の基盤情報の充実を図る。

【平成25年度実績】

- 超臨界流体利用技術に関係した新たな特許出願データ約230件および論文等の文献データ約400件をデータベースに追加し、当該技術の基盤情報の充実を図った。

2-(3)-② 社会の安全・安心を支えるデータベースの整備

【第3期中期計画】

- 災害事例、医療応用技術等、国民の安全・安心に係る

技術上の情報を整備し、社会に提供する。災害事例データベースには約1,250件の新規事故事例、約25件の新規事故詳細分析事例、約100件の過去の重大事故詳細分析事例を登録する。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に引き続き、国民の安全や安心に係る技術上の情報として、災害事例データベースの一つであるリレーショナル化学災害データベースに、約250件の新規事故事例、約5件の新規事故詳細分析事例、約20件の過去の重大事故詳細分析事例を登録し、インターネット上で公開し、社会に提供する。

【平成25年度実績】

- 災害事例データベースの一つであるリレーショナル化学災害データベースに、新規事故事例266件、新規事故詳細分析事例6件、過去の重大事故詳細分析事例19件を登録し、インターネット上で公開した。また、リレーショナル化学災害データベースを物質・材料系データベースと連携させるためにクラウドサーバに移行した。

2-(3)-③ ものづくりを支えるデータベースの整備

【第3期中期計画】

- 材料特性、人体特性等、産業技術開発力を支える基盤的な情報を整備し、社会に提供する。
- 人体寸法、形状データベースには独自データを500以上拡充するとともに海外の企業、研究機関等からもデータを求め（欧米3ヶ国以上、新興産業国3ヶ国以上）、広範な地域の人体寸法にアクセスできる情報ハブを構築する。
- セラミックカラーデータベースには2,500件のデータを登録する。
- 固体 NMR データベースには450件（スペクトルデータ300件、パラメータデータ150件）のデータを登録する。

【平成25年度計画】

- 人体寸法／形状データベースに新たに100人以上の独自データを追加する。日本企業の国際競争力を高めるための新興国の体形データベース構成を目指して、H23年度のメキシコ、H24年度の中国に加えて台湾の研究機関から人体寸法データを取得し、データベースの充実を図る。これらのデータを電子的に記載した書類（PDF か Web）を整備する。

【平成25年度実績】

- 人体寸法／形状データベースに新たに110人の独自データを追加した。日本企業の国際競争力を高めるための新興国の体形データベースとして、新たに台湾国立清華大学から人体寸法データを取得し、日本語訳をして PDF 書類を整備し、希望する企業に公開した。

【平成25年度計画】

- セラミックカラーデータベースに500件の新規データを登録する。平成22～24年度において1700件以上のデータ登録を行っており、中期計画目標2500件に対し平成25年度末までに2200件以上のデータ登録を済ませる。

【平成25年度実績】

- セラミックカラーデータベースに530件の新規データを準備した。第3期に準備した登録可能な総データ件数は平成25年度末において2300件以上である。セラミックカラーデータベースが物質材料系データバンクに参加するための移行作業の計画を策定し、作業を開始した。また、重要性が高く、データ内容を精査した従来型登録データの他に、内容精査前の簡易型作業データを含めた蓄積全データを公開して膨大なデータの特長を發揮させるための、データ入力作業をおこなった。

3. 基準認証技術の開発と標準化

【第3期中期計画】

- 新たに生み出された素材、製品、サービス等の認証に必要な技術の開発を行い、普及させる。具体的には、性能、安全性を客観的に評価し、新市場の開拓や適正な商取引に必要な試験技術の開発、実証及び標準化と、それに伴う認定技術の民間移転を、産業界、認証機関等との密接な協力のもとに実施する。

3-(1) 適合性評価技術

【第3期中期計画】

- 試験技術の開発、実証、標準化において、特に安全性や性能にかかわる評価技術、及び製品規格への適合性を判定するための評価技術は、中立性及び公平性の面から民間のみで開発することが困難であることを考慮し、認証において必要となる適合性評価技術の開発を行う。同時に民間移転を推進する。

3-(1)-① 物質の分析・評価技術の開発と標準化

【第3期中期計画】

- 物質の分析及び特性評価を超高温環境下等、実際の測定環境に適用するため、必要となる光温度計による計測技術等を開発し、その標準化を行う。得られた技術の普及を図るために4件の JIS 化を目指す。

【平成25年度計画】

- ISO/IEC/JIS 工業標準において、以下の開発と標準化活動を実施する。
 - 接触および非接触法による同時計測を可能とする超高温熱膨張計測装置を用いて種々のカーボン材料の高温熱膨張率を計測し、熱膨張の支配因子を探る。
 - ジルコニア中イットリウム分析の JIS 原案提案を行うとともにマグネシウム中酸素分析の WD 承認を得

る。

- 3) 電気測定 AFM のためのテストサンプルを作製し、持ち回り試験を開始する。
- 4) 超伝導センサー標準化（通則）に関する NWIP を提出する。

【平成25年度実績】

- ・ ISO/IEC/JIS 工業標準において、以下の研究及び標準化を行った。

 - 1) 最高2400℃まで接触・非接触同時計測が可能な超高温熱膨張計測装置を開発した。カーボン材料の高温熱膨張と結晶配向性の関係を見出した。
 - 2) ジルコニア中イットリア分析の JIS 原案が修正を経て承認された。マグネシウム中酸素分析の WD 審議が開始された。
 - 3) 電気測定 AFM の国内持ち回り試験を完了後、VAMAS-TWA2において国際持ち回り試験を開始した。
 - 4) 超電導センサ通則に関する NWIP を提出した。

3-(1)-② 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化（I-1-(1)-①を再掲）

【第3期中期計画】

- ・ 太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。
- ・ 国内企業の国際競争力の向上に資するため、国際的な研究機関や企業と協調、連携し、IEC 等の国際規格や JIS 等の国内規格、工業標準の提案、策定、審議に参画する。

【平成25年度計画】

- ・ 太陽光発電システムの普及を目指し、基準セル校正技術の不確かさ低減、新型太陽電池実効性能評価技術の確立に向けた取り組みを推進すると共に米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定、人材交流、技術指導等の連携による国際整合性を推進する。太陽電池発電量、長期信頼性に関わる評価技術を加速推進する。

【平成25年度実績】

- ・ 超高温黒体輻射に基づく基準セル校正技術の不確かさ低減研究を推進した。屋外高精度評価技術や HIT 太陽電池や多接合太陽電池の JIS、IEC 標準化、新型太陽電池実効性能評価技術の確立に向けた取り組みを推進すると共に米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定、人材交流、アジア地域の研究機関等への技術指導等の連携による国際整合性を推進した。発電量評価技術についてつくば、鳥栖における発電量推定方式の検証とデータベース化準備を行った。長期信頼性については、高温高湿試験と屋外曝露の相関を

調査した。

3-(1)-③ 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化（II-2-(1)-②を再掲）

【第3期中期計画】

- ・ 日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。

【平成25年度計画】

- ・ 公共空間の音案内及び報知光の ISO 規格原案各1編を提案し、審議開始を目指す。高齢者の聴覚特性、音声アナウンス、色の組合せ、最小可読文字サイズ、及び触知図形の ISO 規格案各1編、並びにアクセシブルデザインに関する ISO/TR 改訂案1編の国際審議をそれぞれ継続する。新たに、消費生活用製品の音声案内の ISO 規格化提案に向けた作業を開始する。

【平成25年度実績】

- ・ 「公共空間の音案内」及び「報知光」の ISO 規格原案各1編を提案した。投票により前者は可決したため、国際審議を開始した。後者は可決しなかったため、再提案に向けた審議を行うこととした。「高齢者の聴覚特性」「音声アナウンス」及び「色の組合せ」の ISO 規格案各1編、並びにアクセシブルデザインに関する ISO/TR 改訂案1編について、それぞれ発行に向けた国際審議を進めた。「最小可読文字サイズ」「触知図形」及び「消費生活用製品の音声案内」について、国際提案に向けた国内での審議を継続した。

【平成25年度計画】

- ・ ISO/TC 159/SC 4/WG 12にて、光感受性発作の低減に関する国際規格案（DIS 9241-391）を成立させ、最終国際規格原案（FDIS）登録へと進める。また、立体映像の生体影響低減に関する委員会原案（CD 9241-392）を成立させて、国際規格案（DIS）登録へと進める。

【平成25年度実績】

- ・ ISO/TC 159/SC 4/WG 12にて、光感受性発作の低減に関する国際規格案（DIS 9241-391）の投票結果は成立要件を満たすものであったが、コメント対応にて一部技術的に重要な修正を必要としたため、国際規格案第2版（DIS 9241-391.2）として改めて投票実施となった。また、立体映像の生体影響低減に関する委員会原案（CD 9241-392）が成立し、内容を改訂して国際規格案（DIS 9241-392）の投票が実施された。

【平成25年度計画】

- ・自動車運転などの日常的タスクの遂行の安全性を維持するためにユーザの認知能力とタスクの負荷量の適切なマッチングを明らかにする必要がある。このためユーザの認知能力を簡易テストや行動計測など様々な方法で推定する。また、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化可能な手法を開発する。両者の関係を実験により検討し、ユーザの認知能力のレベルに応じて安全なタスク遂行を確保できるタスクの認知的負荷の範囲を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・日常生活におけるユーザの作業記憶や物事の手順立て能力などを簡易に計測可能な認知機能検査を実施し、ある認知機能のみ低下しているユーザ群を特定することにより、認知能力とタスクの負荷量の適切なマッチングを明らかにした。また、自動車運転中の環境要因によるディマンド等、タスクの負荷量をリアルタイムに定量化する手法を開発し、異なる環境による視覚的ディマンドの定量化に成功した。そして、安全なタスク遂行を実現するため、ユーザの低下している認知機能の種類に応じてタスク負荷を低減する方法を明らかにした。

3-(1)-④ ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発（Ⅱ-3-(2)-①を再掲）

【第3期中期計画】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・産総研で開発されたシミュレーターを用いたリスクアセスメント技術をロボットメーカーに提供して手法と技術の普及を促進する。試験方法の国際標準原案の発行に向けて ISO 国際会議を推進する。安全性の試験・認証の事業化に向けた研究を加速する。

【平成25年度実績】

- ・シミュレーターを用いたリスクアセスメントの結果を映像の形式で可視化し、ロボットメーカー等に広く提供した。新しい安全基準として試験方法の国際標準原案を策定し、ISO 国際会議を推進して、規格提案を行った。安全性の実証試験を行う拠点を構築し、試験・認証の事業化のため、公開可能な基準ロボットを作成して利用者に向けたガイドラインを作成した。

3-(1)-⑤ 高信頼ロボットソフトウェア開発技術（Ⅱ-3-(2)-②を再掲）

【第3期中期計画】

- ・機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

【平成25年度計画】

- ・生活支援ロボットと産業用ロボット、福祉機器などのオーバーラップする領域の安全性を評価する技術について、既存の規格・試験方法などの網羅的調査を行う。生活支援ロボットについては、これまで開発した安全性評価手法を基盤に、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームを構築する。

【平成25年度実績】

- ・生活支援、産業用、福祉分野のオーバーラップする領域の製品安全性評価技術について、JIS 等の福祉機器規格・試験の評価機関、および業界団体による調査を行い、ロボット機器に適用する際の拡張方針を確立した。生活支援ロボットについて、性能評価、倫理審査手法を含めた実証試験を行うためのスキームとして、ソフトウェア開発 V 字モデルに基づく安全性評価手法を人との関係に拡張し、有用性の観点を導入した評価スキームを構築した。

3-(1)-⑥ 情報システム製品のセキュリティ評価技術（Ⅲ-3-(5)-①を再掲）

【第3期中期計画】

- ・IC カードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

【平成25年度計画】

- ・攻撃技法の拡充や測定解析ソフトウェアの開発・改良を進める一方、デバイスの物理量測定を実施し、波形データベースの構築に着手する。
- ・動的再構成機能を、静的再構成回路のプロトタイプと比較し、動的な方法の優位性を検証するとともに、実利用の検討を進める。
- ・3種類以上の異なるテクノロジーのプロセス上で PUF の性能評価を行い、偽造防止技術の実用性検証を進める。また、機械学習を用いてデバイスのクローンを作成する攻撃実験を行い、PUF の安全性評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・評価できる攻撃数を5種類に、計測波形は最大100万

となるようツールを改良。波形データベースを構築し、計測器性能の解析への影響を調査。サイドチャンネル攻撃と PUF の評価ができる小型ボード MiMICC を開発。

- AES など6種類の暗号を動的再構成で実装し、静的実装に比べ、回路規模を最大74%、消費電力を最大3.4%低減できることを示した。
- 提案する PL-PUF の性能評価を FPGA で行い、ID 空間サイズが従来型 PUF の 2^{37} に対して 2^{116} に拡大し、高いユニーク性を持つことを確認。また機械学習で、従来は可能だったクローン作成が、提案方式では困難であることを確認。

【平成25年度計画】

- セキュリティシステムや情報セキュリティに必要な形式仕様・定理証明などに関係した研究を推進する。C 言語プログラムなどの実装の検証に必要な仕組みを引き続き整備するほか、形式仕様記述を実装検査や設計の検証等に生かす仕組みや、基幹システムの安全性向上のために形式化や論理検証などの技術を展開する研究その他を推進する。

【平成25年度実績】

- 昨年度に続き、C 言語プログラムの定理証明支援系による形式検証に向けて、TLS 標準プロトコルの検証ライブラリの充実、洗練を行い、TLS の実装が仕様を満たすことを効率的に証明する仕組みを完成させ、Web サイトから公開した。また、今年度から、通信の信頼性に重要なモダン符号理論のひとつである LDPC 符号の設計のための形式検証基盤も整備している。その他、形式手法技術の発展・展開に向けて、鉄道信号システムの要求分析や設計図、データベースのクエリ解析やテーブル設計に対して形式手法（モデル検査、定理証明）を適用し、その有効性を実証するとともに、学術誌や講演会等で解説を行った。

3-(1)-⑦ 情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術（Ⅲ-3-(5)-②を再掲）

【第3期中期計画】

- 情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

【平成25年度計画】

- テスト設計ツールを始めとするソフトウェア開発ツ

ルの商品化および事業化を目指して、外部研究資金を目指す。同時に、アシュアランス人材育成や高度テスト技術者人材育成のための企業向けセミナー素材を開発して、受講者等規模拡大を行う。高回復マイコンの高信頼化、高機能化の研究を進めて、8ビットマイコンから32ビットマイコンへも適用可能とする。保証技術の OMG 規格化の審議を進める。消費者機械規格の策定までのロードマップを作成する。

【平成25年度実績】

- テスト設計ツールの効率化・高度化をテーマにした JST A-STEP を受託し、技術移転を開始した。業界団体と共催で企業の技術者向けセミナーを実施し、組込み適塾での人材育成を行った。32ビット高回復マイコンについて、基本ソフトウェアに対応した一兆以上の状態のモデルを完成させたほか、ハードウェア異常の詳細な解析と確率モデルの構築を行った。消費者機械の安全性保証技術の OMG 規格化のため、ロードマップを策定し、規格案を11月に OMG に提出した。GSN 規格に関係するツールの共同開発を進めた。

【平成25年度計画】

- ソフトウェアエンジニアリングツールチェーンの研究開発では、システムのライフサイクルを支援するツールチェーンをオープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、PBL 演習に提供する。平成25年度は、平成24年度に公開したデプロイメントパッケージ DP for PBL の妥当性確認を行い、改訂版の開発を行い、ベータ版として Web で公開する。DP for PBL に基づいたソフトウェア開発を、筑波大学大学院 PBL 演習の学生チームに提案し、学生チームが受託した場合は、学生チームによる妥当性確認を行う。

【平成25年度実績】

- DP for PBL アルファ版の妥当性確認、改訂版の開発と Web 公開を行った。妥当性確認にあたっては、アルファ版を参考とする条件で筑波大学大学院 PBL 演習の学生チームにソフトウェア開発プロジェクトを提案し協力を得た。第三者による妥当性確認手段としてプロセスアセスメントの手法を使用することとし、アセスメント実施のためにアルファ版に準拠したアセスメントキットを開発し、ソフトウェア開発プロジェクトの終了後に開発プロセスの実態に関するヒアリングを実施した。ベータ版の開発はこの結果も参考に行った。

《別表2》地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

【第3期中期計画】

- 活動的島弧に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や生活を実現し、持続可能な社会の実現に

貢献するために、国土及び周辺地域の地質の調査とそれに基づいた地質情報の知的基盤整備を行う。地球をよく知り、地球と共生するという視点に立ち、地質の調査のナショナルセンターとして地質の調査研究を行い、その結果得られた地質情報を体系的に整備する。地質情報の整備と利便性向上により産業技術基盤、社会安全基盤の確保に貢献する。また、地質の調査に関する国際活動において我が国を代表し、国際協力に貢献する。

1. 国土及び周辺地域の地質基盤情報の整備と利用拡大

【第3期中期計画】

- ・国土の基本情報である地質基盤情報を、地球科学的手法により体系的に調査、整備するとともに、利用技術の開発と普及を行う。国土と周辺域における地質の調査を実施し、社会の要請に応えた地球科学基本図（地質図幅、重力図、空中磁気図、海洋地質図、地球化学図、地球物理図等）の作成、衛星画像情報との統合化等の地質情報の整備を行う。上記地質基盤情報を電子メディアやデータベースとして社会に普及させる体制を整備する。

1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

【第3期中期計画】

- ・長期的な計画に基づき、国土の地質基盤情報である5万分の1の地質図幅の作成、20万分の1の地質図幅の改訂並びに20万分の1の重力図及び空中磁気図の作成を行う。また、海域の環境変動の予測や資源評価の基礎データとして海洋地質図を整備する。さらに、これらの地球科学基本図の利用を促進するために必要なデータベースを整備し、公開する。調査結果の信頼性向上に必要な地質標本の標準試料化と保管及び地質情報の標準化等を行う。

1-(1)-① 陸域の地質調査と地質情報の整備

【第3期中期計画】

- ・国土の基本情報としての地質の実態を体系的に解明し社会に提供する。都市基盤整備や防災等の観点及び地質情報の標準化と体系化の観点から重要な地域を重点的に、5万分の1地質図幅20区画を作成する。全国完備を達成した20万分の1地質図幅については、更新の必要性の高いものについて3区画の改訂を行い、日本全域については最新の地質情報に基づき、地層及び岩体区分の構造化と階層化を行った次世代の20万分の1日本シームレス地質図を作成する。

【平成25年度計画】

- ・5万分の1地質図幅は3区画を完成させる。整備計画に従って、5万分の1及び20万分の1地質図幅の調査を

実施する。次世代の20万分の1日本シームレス地質図の凡例を用いて近畿、中部、関東地方の地質図編集を行う。

【平成25年度実績】

- ・整備計画に従って5万分の1及び20万分の1地質図幅の調査・研究を実施し、5万分の1地質図幅3区画を完成させた。次世代の20万分の1日本シームレス地質図では、新たに作成した凡例を用いて近畿、中部、関東、及び東北地方南部の地質図編集を行うとともに、現行のシームレス地質図ではデータの更新を行った。

1-(1)-② 海域の地質調査と海洋地質情報の整備

【第3期中期計画】

- ・沖縄周辺海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図の作成に必要な海底地質、地球物理、堆積物に関する基礎情報を取得するとともに、既に調査済みの海域も含めて、海洋地質図10図を整備する。取得した地質情報を、海域の環境変動の予測や資源開発評価、海域及び海底利用の基礎データとして社会に提供する。

【平成25年度計画】

- ・徳之島周辺海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図作成のための海底地質に関する基礎情報を取得する。海洋地質及び海底堆積物などの海洋地質データベースの拡充を行う。

【平成25年度実績】

- ・徳之島周辺海域の海洋地質調査を実施し、海底地形、反射法音波探査、全磁力及び重力測定、岩石や堆積物の採取を行い、海洋地質図作成のための海底地質情報を取得した。また、既存資試料の解析を進め、2区画の地質図を出版するとともに、海底堆積物データの整理を行い、データベースの改善に着手した。

1-(1)-③ 地球科学基本図等の高精度化

【第3期中期計画】

- ・国土の地球科学基本図等に関する基盤情報のデータベースを整備、公開する。地質情報の高信頼性と高精度化を図るために、岩石・ボーリング試料等で得られた地質標本の標準化及び保管と管理を行う。また、地質凡例や地質年代等の標準化を行う。地質情報整備支援のために、地質標本の薄片・研磨片等を作成する。ISOに準拠した地球化学標準試料3個を作製する。
- ・大都市周辺の精密地球化学図として関東地方の精密地球化学図を完成する。地球物理図に関しては、20万分の1重力基本図3図、5万分の1空中磁気図2図を作成する。ボーリングコアは10件以上を新たに登録し、コアライブラリを整備し、20件以上の利用を目標とする。岩石試料は200サンプル以上を、化石試料は30試料以上をそれぞれ標本登録し、50件以上の利用件数を目標とする。

【平成25年度計画】

- 標準層序及び環境指標の確立、地質標本の標準化に資するため、関連各ユニットとも連携して国内外の地質標本の系統的な収集に努め網羅性を高めるとともに、その分類・記載を進め標本のもつ属性情報を付加していく。紀伊半島や四国地域等の火成岩類・変成岩類の岩石・鉱物の分類・記載、および中部地域等の新生代無脊椎動物の分類・記載などを行う。

【平成25年度実績】

- 標本の分類記載に関しては特に中部地域（長野県）の新生代貝類化石について検討してモノグラフ化を進めた。四国地域東部の新生代火成岩について岩石の年代学的なコンパイル作業を進めるとともに、Si と S に富む燐灰石についての鉱物学的研究を行った。外部機関と共同で鉱物の反射スペクトルに関する系統的な分析を行った。また、地質標本データベースのデータ修正等を行い標本属性情報の整備を進めた。

【平成25年度計画】

- 地層名検索データベースをクラウドに移行させて公開するとともに、学会等と協議をして、標準地層名の登録手順を整える。地質図 JIS を地球科学基本図等に反映させる。

【平成25年度実績】

- 地層名検索データベースをクラウド移行し、公開した。また、データベースの更新を行い、地層名登録手順の環境を整えた。学会とはデータベースの改修を待つて協議を再開することとなった。地質図 JIS の改訂版を反映させた地質図幅の原稿を作成し、査読を行った。

【平成25年度計画】

- 地球化学標準試料1個について、共同分析により標準値を定める。また ISO を維持するために必要な品質マニュアルの改善を行い、記録作成と内部監査を行う。大都市周辺の精密地球化学図を作成するため、関東地方北部地域から試料採取と化学分析を引き続き行う。

【平成25年度実績】

- 昨年度作製した安山岩標準試料 JA-2a について、共同分析により主要成分の標準値を定めた。また ISO を維持するために品質マニュアルの改善及び記録作成と内部監査を行い、NITE の認定維持審査を受けた。大都市周辺の精密地球化学図を作成するため、関東地方北部地域から河川堆積物試料388個を採取し53元素の化学分析を行った。

【平成25年度計画】

- 20万分の1の重力図（和歌山地域）を作成するとともに、中部地域での重力調査を実施する。重力データベースの更新を行う。地殻活動域の空中磁気図（養老山地地域）を作成する。

【平成25年度実績】

- 20万分の1の重力図（和歌山地域）を作成した。中部地域の両白山地域、岐阜県郡上市周辺、三重県亀山市周辺において、256点（8山）の新規重力調査を実施した。重力データベースについては既存データから地下構造可視化システム（活断層セグメント）に対応する67地域の各種重力図を作成した。地殻活動域の空中磁気図（養老山地地域）を作成した。

【平成25年度計画】

- 平成24年度に採取した試料を分析し、渦鞭毛藻層序を珪藻層序に直接対比し、統合年代スケールに組み入れる。また、平成24年度に採取した試料を分析して古地磁気層序を確立するとともに、地球磁場逆転時の磁場変動パターンおよびその年代推定値の詳細を明らかにする。

【平成25年度実績】

- 平成24年度に採取した新潟県津川地域及び胎内地域の新第三系の試料について珪藻分析を行い、詳細な珪藻化石層序を明らかにして渦鞭毛藻化石層序との直接対比を行った。この成果を基に、渦鞭毛藻化石層序を暫定的に統合年代スケールに組み入れた。また、バイカル湖の Iceland Basin 地磁気エクスカージョンの古地磁気年代推定値と天文年代校正による年代推定値の食い違いを明らかにした。さらに、ブルン松山地磁気逆転について全球磁場発展モデルの検討を進めた。

【平成25年度計画】

- 地質調査総合センターの各ユニットと連携して、地質調査で得られた地質試料の地質標本館への登録を促進すると共に、収蔵標本の保管と管理、データベース化を着実に推進し、標本の登録情報を公開し、利用を支援する。研究支援のために地質試料の薄片研磨片を作製するだけでなく、軟弱試料や不安定試料などに対しては、試料調製法の開発や改良などにも取り組むとともに、薄片技術者の人材育成をはかる。

【平成25年度実績】

- 岩石1702点、鉱物30点、化石74点、鉱石27点、その他167点を標本登録した。登録標本データベースを地質調査情報センターと協力して地質分野の他 DB と連携する仕様に改装した。地質分野各ユニットと協力し地質試料の取扱い等に関する所内覚書を策定した。標本利用は83件（2042点）である。薄片作製数は、一般及び研磨薄片、大型薄片等の特殊試料の合計1577件である。乾式法による脆弱試料薄片作製法の改良を進めるとともに民間企業とライセンス契約を締結した。人材育成として企業や大学の技術者を受け入れて研修を行った。

1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

【第3期中期計画】

- ・沿岸域に立地する多くの都市における地質災害の軽減に資するため、地質図の空白域となっている沿岸域において最新の総合的な地質調査を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。
- ・自然や人為による地質環境変化を解明するため、生態系を含む環境変遷及び物質循環、沿岸域環境評価の研究を実施する。

1-(2)-① 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

【第3期中期計画】

- ・沿岸域に立地する多くの都市における地質災害の軽減に資するため、地質図の空白域となっている沿岸域において最新の総合的な地質調査を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。
- ・自然や人為による地質環境変化を解明するため、生態系を含む環境変遷及び物質循環、沿岸域環境評価の研究を実施する。

【平成25年度計画】

- ・駿河湾沿岸部の丘陵地を構成する第四紀層の地質調査と低地でのボーリング調査を実施し、活構造の連続性の確認と活動度を明らかにするとともに、陸域のシームレス地質図の編集作業を行う。また、低地の主に沖積層に関するボーリング資料を収集・解析し、平野地下地質の実態を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・駿河湾沿岸部の富士川河口域での100m ボーリング調査と既存地下資料の解析から、入山断層層によって富士山の溶岩が変形ゾーンを伴いながら上下に80m以上変位していることを明らかにした。また、地表調査から、入山断層の通過位置や副断層に関する新知見を得て、これらをシームレス地質図作成に反映させた。静岡市三保の砂嘴上では70mのボーリング調査を行い、収集したボーリング資料をもとに中部の海成層を鍵とした周辺域の地下地質構造を推定した。

【平成25年度計画】

- ・静岡県駿河湾沿岸域の海洋地質調査を実施し、海底地質図及び表層堆積図用のデータを取得するとともに、海域の地質層序、構造、堆積物分布と堆積作用を明らかにする。

【平成25年度実績】

- ・静岡県駿河湾沿岸域の海洋地質調査（反射法音波探査、表層堆積物採取、堆積物柱状試料採取）を実施し、海域の地質層序、構造、堆積物分布と堆積作用の解明のための基礎試料を得るとともに、北海道胆振沖沿岸域

の海底地質図の作成と表層堆積物層序の確立を行った。

【平成25年度計画】

- ・石狩低地帯・駿河湾沿岸域・南関東域において、ボーリングデータベースの品質向上と高密度化を目的に、既存データの品質確認と修正、新規ボーリングデータの収集と電子化を実施する。三次元モデリング用システムの機能改良を実施するとともに、これまでに作成した福岡平野・石狩低地帯・関東平野南部域の既存浅部地下地質モデルについて、WEB公開を目的に、仕様の改良と精度の向上、そして、応用利用目的で、地下水・地震動評価用仕様の設定とそれに基づくモデルの改良を行う。

【平成25年度実績】

- ・石狩低地帯・駿河湾沿岸域・南関東域で、既存ボーリングデータ200本の品質確認（標高、位置）を行い、新規に1000本を収集・電子化を行った。三次元モデリングシステムについては、柱状図表示・解析機能を改良した。福岡平野・石狩低地帯・関東平野南部域の三次元浅部地下構造モデルについて、データの少ないエリアを地質学的知見で補填する技術を開発し、これらの地域に適用しモデルを作成するとともに、地下水・地震動評価用に有用なN値と岩相の三次元グリッドモデルの高精度化技術を開発しこれらの成果を論文で公表した。

【平成25年度計画】

- ・関東平野中央部の地下1km程度までの物理探査・地質・地下水・ボーリング資料などの情報を整理し、DVD-ROMで出版する。利根川下流域では、弾性波探査データやボーリングコアについてデータ解析や画像解析の継続、粒度分析等を行い、地盤構造やミクロな堆積構造の解釈を行う。さらに各種地盤パラメータと地盤沈下量等の被害との関係を比較分析し、液状化ポテンシャルマップに反映し、液状化予測に役立てる。また、新しい液状化調査手法の開発を行い、より高精度で安価な調査手法の提案を行う。

【平成25年度実績】

- ・関東平野中央部の地下地質について、物理探査結果やボーリング資料等を整理し、沖積層や更新統の地下層序・地質構造モデル等をDVD-ROMにとりまとめた。利根川下流域では、弾性波探査を行い、軟弱なシルト層の存在を確認した。またコアのファブリック解析から液状化による粒子の再配列痕跡を検出した。コーン貫入試験等の結果も含めて、被覆層の厚さ等を考慮した液状化ポテンシャルマップを作成し、2011年地震による被害状況と概ね一致していることを確認した。液状化の新評価探査手法としてパイプロコーンの開発を進めた。

【平成25年度計画】

- ・駿河湾の重力データ空白域で海底重力調査を実施し、既往の海上及び陸上データも取り込んで、陸海域を接合した重力図を作成する。

【平成25年度実績】

- ・駿河湾の重力データ空白域で海底重力計を用いて海底重力調査を実施し、50点で新たなデータを得た。これに加え、既往の海上及び陸上データ1500点も取り込んで、陸海域を接合した重力図を作成した。その結果、富士川河口断層系の海域延長部は蒲原沖に分布する低重力異常の東端部に位置することが判明した。

【平成25年度計画】

- ・海洋酸性化が温帯性サンゴに与える影響について飼育実験等を行い、pHの低下に伴う石灰化量の変化を検討する。内水域の地球温暖化に伴う環境変化を過去データによる検証を継続するとともに、霞ヶ浦など陸水の酸素炭素同位体比変動の解析を継続する。デルタや浜堤平野における海岸の堆積物と地形に加えて光ルミネッセンス(OSL)年代の解析から、完新世における気候や海水準の変動、地震津波による海岸への影響を評価する。

【平成25年度実績】

- ・海洋環境条件が温帯性サンゴに与える影響を飼育実験により検討し、低温が成長障害を引き起こすこと、pHの低下に石灰化が影響を受ける種があることが判明した。内水域の地球温暖化に伴う水温上昇傾向を過去データの解析により明らかにし、霞ヶ浦など陸水の酸素炭素同位体比および炭酸系のモニタリングを継続した。ベトナム南部のメコンデルタにおける浜堤堆積物の光ルミネッセンス(OSL)年代の解析から、完新世における環境変動を復元した。

【平成25年度計画】

- ・衛星画像データを利用した広域藻場分布の解析を行って環境モニタリング手法の高度化を図る。沿岸域環境評価、再生技術の開発のため、製鋼スラグの一種である脱リンスラグを用いた大型アマモ培養水槽実験を行って製鋼スラグの人工アマモ場土壌としての適用性を評価するとともに、都市型閉鎖性水域の環境再生に向けた環境修復技術を確立する。また、仙台湾数値モデルと松島湾水理実験により、仙台湾における津波堆積物の集積特性と津波を減勢する海岸堤防の評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・低潮位時の衛星画像を解析することで、浅海域のアマモ分布推定精度が向上した。脱リンスラグと浚渫土の混合土壌による長期アマモ育成実験により、スラグ100%土壌でも人工アマモ場土壌として適用できることが明らかとなった。また、大阪湾を対象とした水理実験結果を解析し、海水交換促進を目的とした流況制

御技術の効果を示すことができた。

- ・仙台湾数値モデル実験により、津波堆積物は等深線に沿って帯状に分布するという傾向が示された。松島湾水理実験により、津波を減勢する防潮堤や潜堤構造物の効果が明らかとなった。

【平成25年度計画】

- ・中国の黄河と長江、ベトナムのメコン河、タイのチャオプラヤデルタ、インドのゴダバリデルタとクリシュナデルタ、マレーシアのケランタンデルタにおいて、現地研究機関と共同で沖積層の基本層序、完新世の環境変遷、近年の沿岸侵食などに関する調査、またはこれまでに実施した研究のとりまとめを行う。

【平成25年度実績】

- ・ゴダバリデルタについては現地研究機関と調査を行い沖積層基本層序と完新世の環境変遷を取りまとめて国際誌に投稿した。長江デルタとメコン河デルタでは、これまでの解析結果をとりまとめて完新世前期の海水準変動を明らかにし国際誌から発表した。黄河デルタ、チャオプラヤデルタ、メコンデルタでは、昨年までの現地調査と古地理データや等から沿岸侵食による変化を解析し、報告書及び現地研究機関と共同で国際誌に投稿した。クリシュナデルタとケランタンデルタでは現地研究機関と試資料を共同解析し、完新統の層序を明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・駿河湾沿岸域の海域及び陸域での地質、活断層調査を着実に行う。陸域で取得したデータの解析、解釈を進める。さらに、平成24年度に実施した沿岸域調査研究の成果を報告書にまとめる。

【平成25年度実績】

- ・駿河湾沿岸域において地質、活断層調査を実施した。ボーリングと反射法探査データから富士川河口付近での活断層による変形構造を推定した。また、平成24年度に実施した沿岸域調査研究の成果を地質調査総合センター速報として出版した。さらに、平成23年度から平成24年度に実施した石狩低地沿岸域の調査結果を海陸シームレス地質情報集として取りまとめた。

1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

【第3期中期計画】

- ・自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する全地球的観測戦略の一環として、衛星画像情報のアーカイブ、地質情報との統合を図る。また、シームレス化、デジタル化された地質情報と衛星情報から、新たな視点の地質情報を得ることを可能にする技術の開発を行う。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の対応を行う。

1-(3)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備 (IV-2-(2)-①へ再掲)

【第3期中期計画】

- ・衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。

【平成25年度計画】

- ・利用しやすい形、かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。
- 1) ASTER に対する地上サイトを用いた校正と検証、および、その画像補正にかかる研究開発を継続する。
 - 2) ASTER のデータベースでは全量生データの蓄積の上に、さらに約15TB の生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは全量画像処理システムの研究開発を継続する。
 - 3) 次期センサに対しては、その特殊性を考慮した校正手法、アルゴリズムおよびそのデータベースの研究開発を継続する。

【平成25年度実績】

- ・1)については、代替および相互校正の研究結果から、運用中 ASTER センサに新たな問題が生じていたことを明確にし、その補正方法を提案した。2)については JERS および PALSAR のそれぞれの全量画像処理システムを開発し、既に全量画像処理システムを持つ ASTER については、さらに、約15TB の生データを蓄積した。3)に関して次期センサの校正結果を反映させるための幾何および放射量にかかる補正データベースや校正アーカイブシステムの構築に着手、また、輝度補正や地図投影を実現するデータ処理ソフトウェア開発にも着手した。

【平成25年度計画】

- ・整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベース作成のための研究開発を行う。
- 1) 天然色全球マップ作成のための研究開発を継続し、北米、その他の小区画未作成地域の高品質マップを作成する。
 - 2) 全球都市マップ作成のための研究開発を継続し、試作されたマップの精度向上を図る。
 - 3) 前年度に続き開発した地理情報管理システムの利用実証を行い、その結果をもとにさらなる改良を進める。

【平成25年度実績】

- ・天然色全球マップについては、これまで作成した地域

以外の北米、その他の小区画未作成地域の高品質マップを作成した。また、全球都市マップについては、精度検証のための都市域マッピング・クラウドソーシングシステムを開発し、その精度向上を図った。さらに開発した地理情報管理システムについて試験利用を行い、ユーザからのフィードバックをもとに改良を加えてシステム完成させた。

【平成25年度計画】

- ・衛星画像情報やさまざまな地質情報の統合解析により、火山観測、平野部の地下地質構造解析をすすめる。また3次元地質モデル作成を目的としたシステム開発、国際標準に対応した地質情報作成技術の開発、X 線 CT 技術の開発と岩石学への応用を行う。

【平成25年度実績】

- ・衛星画像情報と地質情報の統合解析として、福岡ノ場海底火山の変色海域と火山活動に関する論文を国際誌に発表した。千葉県内において露頭柱状図を基礎データとした3次元地質モデルを試作するとともに、基礎データ整備として基準ボーリング調査を実施した。国際標準である WMTS に対応した地質情報公開とその応用について論文発表を行った。大型放射光利用施設 SPring-8において X 線 CT 装置の改良を行ない、それを用いて小惑星探査船「はやぶさ」の回収試料の分析や変形を加えたマグマ物質の X 線 CT 解析を実施した。

【平成25年度計画】

- ・地質情報のデータベース化の一環として ASTER 時系列 DEM 及びオルソ画像の作成範囲を拡大し、火山衛星画像データベースの維持、更新を行う。

【平成25年度実績】

- ・地質情報のデータベース化の一環として ASTER 時系列 DEM 及びオルソ画像の作成範囲を北米に拡大し、全球をカバーした。火山衛星画像データベースの維持、更新を実施するとともに、新バージョンのための画像オルソ化、フレームの排除等を実施し、新バージョンのテスト版を作成した。

【平成25年度計画】

- ・露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、クリノメーターソフトと他のソフトウェアとの連携試験を行いながら、効率的で利便性が高い野外観察情報の収集手法の開発を行う。またデータの管理について汎用的なフォーマットを使った試験を行う。

【平成25年度実績】

- ・露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、クリノメーターソフトに、線構造の測定機能などの機能追加を行った。これにより測定の操作が従来よりも容易となった。同ソフトのデータの保管についての試験から、

XML及びKML形式が適していることが判明した。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

【第3期中期計画】

- 地球の基本構成要素である地圏は、天然資源を育むとともに地球の物質循環システムの一部として地球環境に大きな影響を与える。地球の環境保全と天然資源の開発との両立は近年ますます大きな問題になっている。地圏の環境保全と安全な利用、環境に負荷を与えない資源開発及び放射性廃棄物地層処分の安全規制のため、地圏システムの評価、解明に必要な技術の開発を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発

【第3期中期計画】

- 土壌汚染、地下水汚染問題に対し、環境リスク管理に必要な評価技術の開発を行う。また、地球環境における低負荷のエネルギーサイクル実現のため、二酸化炭素地中貯留及び地層処分等の深部地層の利用に関する調査及び評価技術の開発を行う。

2-(1)-① 土壌汚染評価技術の開発

【第3期中期計画】

- 土壌汚染等の地圏環境におけるマルチプルリスクの評価手法を構築し、産業のリスクガバナンスを可能にするため、統合化評価システム及び地圏環境情報データベースを開発する。また、物理探査技術による土壌汚染調査の有効性を検証し、原位置計測や試料物性計測技術との併用による土壌汚染調査法を構築する。さらに、地圏環境の統合化評価手法を発展させ、水圏及び地表の生活環境における様々なリスクを適切に評価するための技術体系を確立する。
- 土壌汚染対策については、鉱物、植物、微生物及び再生可能エネルギーを活用した環境共生型の原位置浄化、修復技術を開発し、産業用地や操業中の事業場に適用可能な低コスト化を図る。

【平成25年度計画】

- 土壌汚染評価技術の開発のため以下の研究を行う。
- 1) 土壌汚染等に起因する生活環境リスクおよび生態リスクの評価モデルを作成し、統合化モデルに反映させる。茨城県域の表層土壌基本図を出版する。重金属等の原位置迅速測定法と物理探査法を併用し、新規の土壌汚染調査法を開発する。
 - 2) 土壌及び地下水汚染現場の調査を継続し、動電学的手法、微生物及び鉱物を活用した原位置調査・浄化技術の体系化をはかる。放射性物質の土壌汚染について新規素材や粘土鉱物などの活用を促進し、環境中の動態把握およびリスク管理施策を確立する。

【平成25年度実績】

- 土壌汚染評価を目的に以下の研究を実施した。
- 1) 環境及び生態リスクの評価モデルを作成・統合した。茨城県の表層土壌基本図の整備を完了、出版準備を行った。原位置計測と物理探査の併用により、重金属類や油等の汚染物質の浸透経路の調査法を見出した。
 - 2) 動電学的手法や微生物を利活用した原位置浄化技術の体系的な研究開発を行い、現場実証試験に至った。放射性物質汚染については、高い遮蔽能力を持つ高鉛含有率の新素材を試作し、また粘土鉱物の吸着特性を考慮した汚染物質の動態把握に基づくリスク予測システムを構築した。

2-(1)-② 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発（I-6-(6)-③へ再掲）

【第3期中期計画】

- 早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援する技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。
- 圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たって考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

【平成25年度計画】

- CO₂地中貯留の安全性評価に係る要素研究を行う。
- 1) 米国サイトにてCO₂圧入時データを取得し、重力・自然電位等データ解析法の改良を目指す。既存の電気・電磁気データへの適用により、物理量変換プログラムを地質モデル改良に資するための整備を行う。
 - 2) 砂泥互層遮蔽性能を室内実験等で検証する。ナチュラル・アナログ現象のヒストリーマッチングにより軟岩・断層の力学的変形を地質モデルに取込む手法の高度化を図る。
 - 3) CCSリスク評価ツール構築で、リスクシナリオに基づく地中、海底・海中での物質拡散を評価する。

【平成25年度実績】

- 米国サイトでCO₂圧入時モニタリングを開始し、解析法改良を検討した。物理量変換プログラムを多様な地域特性に対応させるため、電気・電磁気ポストプロセスを改良した。また、室内実験等により砂泥互層

のシール圧と浸透率の関係を明らかにした。軟岩・断層の力学・水理学的特性等ならびに地化学プロセスのデータ蓄積を継続し、高精度化モデルを用いたナチュラル・アナログ・モデル地域シミュレーションを実施した。さらに、CCS リスク評価ツールを用いて漏えい等のリスクシナリオに基づく地中、海底等での物質拡散を評価した。

2-(1)-③ 地層処分にかかわる評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・処分計画における地下水シナリオの精度を向上させるため、原位置実証試験による水理学的研究や環境同位体を用いた地球化学的研究を実施し、沿岸部深部地下水の流動環境と組成を把握する。また、沿岸域の地質構造評価のため、浅海域電磁探査法の適用実験及び改良による実用的な探査手法を構築するとともに、海陸にわたる物理探査データ解析・解釈法を開発する。さらに、処分空洞周辺の超長期間の緩み域の広がり把握するために必要な技術基盤を開発する。

【平成25年度計画】

- ・海域地質環境調査のために、特定の沿岸海域を対象として、既存資料の収集と分析、海域微地形調査、断層位置調査や反射法地震探査等により海域掘削地点や掘削工法を決定し、試料採取法の検討を行う。また、海水準や気候変動に対応した地下水流動研究を継続し、堆積平野沖合に存在する淡水地下水領域の高精度な同定を行い、数十万年規模の超長期な地下水安定領域を判定する。さらに、これまで構築してきたデータベースや沿岸域地質調査研究の成果の取りまとめを継続し、マニュアル等の形で JAEA や NUMO への配信を準備する。

【平成25年度実績】

- ・駿河湾沿岸海域に関する既存資料の収集と分析を行った。そのうえで、海域微地形や断層位置調査等を実施して地質構造等を把握し、地下水流動を捉えるため掘削地点の適地選定、海上での海水分離型の掘削工法を決定した。また、調査で得られたデータ等を用いて、海水準や気候変動に対応した地下水流動解析を実施し、数十万年規模の超長期な地下水安定領域を判定した。さらに、構築してきた全国堆積層データベースや深層地下水データベース、沿岸域地質調査研究の成果を取りまとめ、情報配信の準備を行った。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

【第3期中期計画】

- ・地圏から得られる天然資源である鉱物、燃料、水、地熱等を安定的に確保するため、効率的な探査手法の開発を行う。また、新鉱床等の発見に貢献することを目的として、資源の成因及び特性解明の研究を行う。さらに、各種資源のポテンシャル評価を行い、資源の基

盤情報として社会に提供する。このような資源に関する調査、技術開発の知見を我が国の資源政策、産業界に提供する。

2-(2)-① 鉱物及び燃料資源のポテンシャル評価 (I-3-(3)-③へ一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。
- ・海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。
- ・工業用原料鉱物及び砕石、骨材資源に関し、探査法開発、鉱床形成モデル構築、資源ポテンシャル評価を行う。国内及びアジア地域の鉱物資源情報のデータベースを拡充する。
- ・メタンハイドレート等未利用燃料資源利用のため、代表的な資源賦存域において資源地質特性解明及び資源ポテンシャル評価を行い、燃料資源地質図を整備する。国内資源として重要な南関東水溶性天然ガス資源の賦存状況を解明し、燃料資源地質図として整備する。大水深域等の海域及び陸域における地質調査と解析により、天然ガス鉱床形成システム解明及び資源ポテンシャル評価を行う。効率良い資源開発や環境保全に向け、メタンの生成、消費等の地下微生物活動を評価する。

【平成25年度計画】

- ・モンゴル、南アにおける重希土類鉱床の分布・鉱量を精査すると共に、鉱石の選鉱方法など具体的開発に向けた技術開発を実施する。南米、東南アジアなどにおいて、希土類を中心とするレアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施する。工業用原料鉱物に関する主に国内の賦存状況調査を実施すると共に、各種性能評価法の改良と標準化を実施する。アジア全域鉱物資源図の作成、国内鉱物資源図の電子化、アジア鉱物資源データベースの拡充と電子化を進める。20万分の1、5万分の1地質図のための鉱物資源情報を収集する。

【平成25年度実績】

- ・モンゴルで民間企業と重希土類鉱床の評価を、南ア地調と共同で重希土類鉱床の探鉱試験、選鉱試験を実施し、開発可能性評価を行った。ブラジル鉱産局と共同で希土類鉱床評価のための現地調査・鉱石分析を実施した。ベントナイトの標準試験法開発のために、国内資料を収集し、MB 吸着量測定法の改良を進めた。韓国および国内の珪石資源の調査を実施した。また、ア

アジア鉱物資源図の編纂を進めると共に、アジア鉱物資源DBの拡充を行った。5万分1地質図幅「播州赤穂」、20万分1地質図幅「大分」における地下資源の執筆を分担した。

【平成25年度計画】

- ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のため、南アの金、白金族鉱床の地質と微小領域貴金属存在形態の関係を比較し、両者の成因的關係について検討する。また、熱水性鉱床におけるIn、Sb及びBiの濃集環境の類似点及び相違点を明らかにする。更に、雲仙火山熱水系の鉱化熱水系との比較研究により、浅熱水性鉱床形成の場および過程を明らかにする。一方、鉄マンガンクラストの生成年代決定・形成史解明に有効なOs同位体比分析のルーティン化を目的に、拓洋第五海山および流星海山より採取された試料を用いた分析作業を行う。

【平成25年度実績】

- ・南アの隣接する金、白金族鉱床地域の地質と微小領域貴金属存在形態を検討したところ、両者の地質は異なるが成因上熱水作用が共通している事が判明。豊羽鉱床鉱石のIn、Sb及びBiのうち、SbとBiの増減の相関から、両元素の濃集が成因的に密接な関係にある事が分った。雲仙火山では掘削コア深部における熱水変質から、浅熱水性金鉱床と同様の温度構造を明らかにした。鉄マンガンクラストでは、拓洋第五海山及び流星海山の試料の密なOs同位体比分析から、いずれも百万年に2-3mm程度の成長速度の可能性が高い事が分った。

【平成25年度計画】

- ・上越沖、東部南海トラフ等でコア試料、物探データ等の解析を進め、メタンハイドレート鉱床の成因解明に向けた研究を行う。また、関東平野水溶性天然ガスの諸データを総合化を完了し、新規の燃料資源地質図として出版する。このほか、海底堆積物及び水溶性ガス田かん水に関し、培養、遺伝子解析等により特徴を明らかにする。油層水についてメタン生成活性の測定、微生物組成解明を行う。さらに非在来型、在来型燃料資源鉱床に関し地質、地化学等の手法で解析を進め、鉱床の成因やポテンシャル評価等の基盤的情報等の整備を進める。

【平成25年度実績】

- ・上越沖等で表層型メタンハイドレートに関する調査、解析を行い、成因の解明を進めた。東部南海トラフ堆積物中で酢酸酸化活性の存在を明らかにした。関東平野の燃料資源地質図は出版に至らなかったが、水溶性天然ガス等の同位体等データを統合化し、編集作業を進めた。メタン生成活性とガス田かん水の有機物分解能力との相関性を明らかにした。原油分解メタン生成

活性が有する油層水で未培養細菌が優占していることを明らかにした。三陸沖で天然ガス関連地滑り堆積物の解析を、秋田等で非在来型資源評価のための地化学分析を行った。

【平成25年度計画】

- ・非金属鉱物資源・材料、地圏流体等の地質学的、地化学的、鉱物化学的解析を通して、非金属鉱物、地殻流体、炭化水素ガス等の物理化学性状・地球化学的特性を解明するとともに、非金属鉱物材料の製品化に資する研究及び現場実験等を進める。

【平成25年度実績】

- ・非金属鉱物材料の研究開発として、ハスクレイ、ゼオライト等の吸着能に関する研究を進め、施設園芸用設備、除湿装置等の新たな製品化・工業的用途への利活用、重金属汚染に関わるFe、Mn等の金属元素の吸着機構の解明等の点について検討した。地殻流体にかかわる研究として、ガスハイドレート(キセノン等)の相平衡条件の測定実験、非メタン炭化水素の測定法の改良等を行った。また、多機関連携による共同研究の下、福島県内を実地調査し、採取した粘土鉱物等に対する放射性物質の吸着状況と季節変動等の関係を系統的に分析した。

2-(2)-② 地下水及び地熱資源のポテンシャル評価 (I-1-(2)-③へ一部再掲)

【第3期中期計画】

- ・我が国の地下水及び水文環境の把握のため、全国の平野部を中心に整備を進めている水文環境図を2図作成する。また、工業用水の安定的な確保のため、全国の地下水資源ポテンシャル図を整備する。
- ・再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。

【平成25年度計画】

- ・地下水汚染リスク研究では、東北地方での調査結果を取りまとめ、人為的に除染しなければならない地域の特定や工業用水源やインフラのための水源など地下水の利活用をまとめる。石狩平野・熊本平野に関して成果をまとめ、両地域の水文環境図を出版する。また、既存出版物における誤分析に関する対応を継続して行う。CCOP 東南アジア地下水研究においては、グローバルな視点で地球規模の環境問題も考慮しつつ加盟国の地下水環境を調査し、工業用地下水データベースと併せて成果を水文環境図等にまとめ、情報を発信す

る。

【平成25年度実績】

- ・地下水汚染リスク研究では、東北地方で地下水中放射性物質等の濃度、移動に関するデータならびに工業用地下水等の使用状況を把握し、人為的除染地域の特定を行った。また、現地報告会を実施した。水文環境図では、新たに石狩平野・熊本平野に関して成果をまとめ出版準備が完了した。また、H24年度に発覚した水の安定同位体に関する誤分析問題を解消するため、分析管理マニュアルを独自に作成した。CCOP 東南アジア地下水研究では、ベトナムとタイにおいて集中的に地下水環境を調査し、水文環境図を作成し、報告書にとりまとめた。

【平成25年度計画】

- ・地熱資源ポテンシャル評価の研究においては、EGS等未利用地熱資源の評価を含めた評価手法改良を継続する。地熱開発促進にむけた地熱利用と温泉保全の両立の研究では、温泉発電システムについて国内外の動向調査、資料整備を行い、資源量の再評価を開始する。また、温泉共生型地熱貯留層管理システム開発で得た成果の他地域への展開を図る。さらに、産総研福島拠点での地熱研究の体制を構築し、平成26年度開所の準備を進める。

【平成25年度実績】

- ・地熱資源ポテンシャル評価の研究では、改良した容積法により未利用地熱資源を含む全国の熱水系資源を再評価した。地熱利用と温泉保全の両立の研究では、国内外動向調査、新潟県での温泉発電試験に伴う温泉モニタリング等により資源量を再評価した。また、温泉共生型地熱貯留層管理システム開発で得た成果の他地域への展開用ツールとして、温泉モニタリングデータを評価する地熱-温泉共生アドバンスソフトを作成した。さらに福島研究所での地熱研究の体制を構築し、再生可能エネルギー研究センター地熱チームを10月に立ち上げた。

【平成25年度計画】

- ・山形盆地及び秋田平野で、オープン型地中熱システムの一つの帯水層蓄熱冷暖房システムの適地指標定量化を継続し、成果を取りまとめる。津軽平野で、クローズド型地中熱システムのポテンシャル評価及び地中熱システムの地下環境への影響評価を実施する。調査研究の西日本への展開を図る。産総研福島拠点での地中熱研究体制を構築し、平成26年度開所の準備を進める。熱帯-亜熱帯地域での地中熱利用研究として、タイ国カセサート大学に加えてチュラロンコン大学とも研究を開始し、CCOP 地下水プロジェクトのサブプロジェクトとして位置づける。

【平成25年度実績】

- ・山形盆地及び秋田平野で、帯水層蓄熱冷暖房システムの適地指標定量化を継続し、地下水流速等を指標とした適地マップを取りまとめた。津軽平野でクローズド型地中熱システムのポテンシャル評価、環境影響評価を地下水温等の情報を基に実施した。福島研究所での地中熱研究の体制を構築し、地中熱チームを立ち上げた。地圏資源環境 RI との協力の下、大阪平野における地中熱研究体制を整備した。熱帯-亜熱帯地域での地中熱利用に関し、タイ国チュラロンコン大学とも新たに研究を開始し、CCOP のサブプロジェクトとして位置づけた。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に対し、国が行う安全規制への技術的支援として、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を整備し、技術情報としてとりまとめる。また、放射性核種移行評価に向けての技術開発を行う。

2-(3)-① 地質現象の長期変動に関する影響評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における概要調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、隆起侵食活動、地震・断層活動、火山・火成活動等の“著しい地質変動”の活動履歴及び将来予測において必要となる各変動の発生位置、時代等の不確実性を低減するための調査及び評価手法の適用性評価と長期的な予測手法の開発に向けた検討を行う。また、処分深度の深層地下水の性状、その起源及び流動プロセスの把握手法を開発する。これらの手法の適用結果を、データベースとして取りまとめて国に提供する。さらに、各種の地質変動が深層地下水流動に及ぼす水文地質学的変動モデルの開発に向けた検討を行う。以上の成果を技術情報として取りまとめ、公表する。

【平成25年度計画】

- ・火山ならびに断層 DB の内容を引続き拡充・更新する。超長期的な気候地質変動事象（気候変動・隆起・沈降・断層・侵食・マグマ活動）の時間空間的不均質性に関して、個々の事象の理解を深化させるとともに、連関作用に着目したうえで、解析手法ならびに推定手法を検討する。各種地下水 DB 内容を拡充・更新する。地下水の混合関係や混合年代等の評価手法、海面変化による地下水流動系の変化の予測技術の一般化、地質・気候関連事象による深部流体・熱水活動の周辺地

下水系への影響に関する検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・火山 DB を更新し、断層 DB に主要地質断層情報を追加・拡充した。長期的な気候・地質変動事象のうち隆起・沈降・侵食・堆積・断層・マグマ活動の時間空間的不均質性に関して、野外調査・室内分析等を行い、地質変動事象の連動性を考慮した解析・推定手法について検討した。日本全国にわたる2071件の深層地下水データを分析・収集し地下水 DB を更新した。4He-36Cl 法による地下水の混合年代の解析に基づいて、海面変化による地下水変化の解明、及び、地質関連事象による深部流体・熱水活動の持続時間と周辺地下水系への影響範囲の検討を行った。

2-(3)-② 地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における精密調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、岩盤の強度、地下水の化学的性質、地下水流動に関する不確実性を低減するための水理・化学環境調査、評価手法の開発、整備と、調査手法及びデータの品質管理に関する評価手法を整備する。また、自然事象等の外的要因が地下水流動、化学的環境に及ぼす影響を評価するための室内実験手法、解析手法を整備した上、シナリオに基づく長期的な変動が地下水流動、核種移行に及ぼす影響予測手法を開発、整備する。以上の成果を技術情報として取りまとめ、公表する。

【平成25年度計画】

- ・立地調査結果の妥当性評価、安全評価の基本的な考え方の整備のために、下記の技術開発を行い、技術情報の提示を行う。
 - 1) 異常間隙水圧の形成過程と地下水流動への影響、地下水中の溶存有機物等の核種移行への影響に関する原位置調査手法の検討、提示と影響評価手法の適用性を検討する。
 - 2) 地下の水理環境及び地下水水質の変動要因の将来予測を行うためのモデル化及び調査手法の検討を行う。
 - 3) 各種自然事象の影響を考慮した水理-熱-応力変形-化学反応連成モデルの実際の自然事象スケールを模擬したモデルでの適用性検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・技術開発の1)に関しては、化学成分が異なる地下水を対象とした実験手法を確立するとともに、既往の多成分地下流体流動解析ソフトウェアへの化学浸透圧の組み込みと異常間隙水圧持続時間の比較による重要度の抽出を行った。2)に関しては、地下実験施設の硝酸塩

イオンの経時的な分析から、硝酸還元菌の原位置での還元速度の評価手法を確立し、微生物の影響を含む将来予測モデルに組み込んだ。3)に関しては、水理-力学-熱-化学反応の連成効果によるき裂の水理-力学特性変化の実験手法と数学モデルを提示した。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

【第3期中期計画】

- ・地震、火山活動等による自然災害の軽減に必要な、科学的根拠に基づく地震と火山活動の予測が期待されている。その実現のために、調査及び観測情報に基づいて地震及び火山活動履歴を明らかにし、また地震及び火山活動のメカニズム解明を目指した調査、研究を実施する。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

【第3期中期計画】

- ・陸域及び沿岸海域の活断層や過去の巨大津波発生状況について古地震調査を行い、将来の地震発生危険度や発生しうる津波の規模を明らかにする。内陸地震の発生と地盤変形の予測に必要な物理モデルの構築とシミュレーション手法を提案する。また、東海・東南海・南海地震を対象とした海溝型地震の短期予測システムを構築する。さらに、これら調査研究結果の情報公開を行う。

3-(1)-① 活断層評価及び災害予測手法の高度化

【第3期中期計画】

- ・陸域及び沿岸海域の25以上の活断層について古地震調査を行い、過去数千年間の断層挙動を解明することにより将来の地震発生危険度を明らかにする。また、調査結果のデータベース化と情報公開を進める。
- ・地震の規模と発生時期の予測技術確立のために、糸魚川-静岡構造線を例に、過去の断層挙動、最近の地震活動、地殻変動や実験データに基づいた活断層の物理モデルの原型を提示する。
- ・地震発生時の災害予測のため、大都市圏近傍等の活断層運動による地盤変形を予測するための調査手法とシミュレーション手法を提案するとともに、地盤変形評価図を作成する。

【平成25年度計画】

- ・今後公募される外部予算を用いて、将来の活動確率や地震規模が十分に明らかにされていない陸域及び沿岸海域の活断層について、断層の位置形状、活動性及び活動履歴を明らかにするための調査を5断層帯程度において実施する。

【平成25年度実績】

- ・陸域の主要活断層として、奈良盆地東縁断層帯、警固

断層帯、地域評価対象断層帯として、小倉東断層、福智山断層帯、西山断層帯、佐賀平野北縁断層帯、沿岸海域の活断層として、三方・花折断層帯、野坂・集福寺断層帯、高田平野断層帯の計9断層帯について、分布形状や活動履歴に関する詳細な調査を実施し、将来の活動確率や地震規模評価のためのデータを得た。

【平成25年度計画】

- 地震時変位量を指標とした連動性評価手法について、北アナトリア断層系で古地震調査を実施するとともに、国内断層系の適用事例として、糸魚川-静岡構造線活断層系において追加の古地震調査を実施し、過去の地震時変位量を復元する。活断層の長さが短く見積もられている割合と断層の活動性との関係を求めるとともに、発生する地震の規模やその発生確率の算出を試みる。断層破砕物質を用いた断層活動性評価手法について、引き続き断層岩の鉱物化学分析と試料採取のための調査を実施し、一般化に向けた研究事例を蓄積する。

【平成25年度実績】

- 北アナトリア断層系の1地点にて、最近4回分と5回分の累積地震時変位量を復元し、地震時変位量を指標とした連動性評価手法を構築した。糸魚川-静岡構造線活断層系の諏訪湖断層群にて、最近1~2回分の地震時変位量を復元した。作並-屋敷平断層等の短い活断層では、空中写真判読のクロスチェックにて活断層の長さを精査し、地震規模等の算出のためのデータを整備した。断層破砕物質を用いた断層活動性評価手法の一般化に向け、湯ノ岳断層、警固断層帯等の断層岩の鉱物化学分析を実施した。塩ノ平断層の断層岩試料を採取した。

【平成25年度計画】

- 主に都市周辺地域の活断層の断層位置を見直し更新するとともに、海域活断層の情報等を追加する。表示機能をより見やすく充実したものとするための機能強化を行う。

【平成25年度実績】

- 都市地域の活断層の位置については、詳細検討の結果、参考にした文献のプライオリティーを尊重することが重要と判断したため、見直し更新は行わず、代わりに活断層ごとに文献名を明記した。海域活断層については、海域地質構造DBをリンク表示できるようにした。画面レイアウトを見直し、地図がより大きく表示できるようにした。最新の地震の震源位置をリアルタイムで表示できる機能を追加した。より安定的な公開のため、サーバーを外部クラウドに移行した。

【平成25年度計画】

- 糸魚川-静岡構造線断層帯の変動・応力場再現のためのシミュレ

ションモデル作成において、これまで構築したモデルにさらに各断層で地震が発生した場合の地殻の粘弾性応答を計算し、地震サイクルシミュレーションが可能なプロトタイプモデルを提示する。糸魚川-静岡構造線断層帯の連動性評価のための動的破壊の数値計算手法開発として、これまでよりもさらに低角傾斜（およそ30度）の断層で計算が可能となるようことを目標として、プログラムの改良を行う。

【平成25年度実績】

- 糸魚川-静岡構造線（糸魚川-静岡構造線）断層帯の変動・応力場再現のためのシミュレーションモデルについて、中部地域に分布する57断層でそれぞれ地震が発生した場合の3次元不均質地殻モデルの粘弾性応答が計算可能となるようにプログラムを改良し、断層間の相互作用を考慮した地震サイクルシミュレーションが可能なプロトタイプモデルとして提示した。糸魚川-静岡構造線断層帯の連動性評価のために、動的破壊の数値計算用のプログラムの改良を行い、およそ30度までの低角傾斜の断層における数値計算を可能とした。

【平成25年度計画】

- 脆性-塑性遷移領域直下の岩石変形過程を実験室で再現するため、岩石の焼結技術等の技術的課題の解決に取り組み、湿度の精密管理が焼結生成物の性質に与える効果を明らかにする。沈み込み帯での歪みの蓄積及び開放の収支や地震サイクル推定の評価につなげるために、深部付加体を構成するメランジュの変形機構を解明する。延岡衝上断層メランジュを用いて高压高温下（50-200MPa、250-400℃）での摩擦変形実験を行い、メランジュの変形機構・力学特性を明らかにする。

【平成25年度実績】

- 長石質岩石の焼結技術について、粒度分級工程を見直した。長石では、焼結前の粒度を1 μ m未満に揃えて実験したものの、1150℃では融解し、1050℃では殆ど焼結しないことを確認した。湿度の精密管理による乾燥条件下においても、融点が低くかつ拡散係数が小さい長石質の岩石を焼結させる技術開発が必要と分かった。延岡衝上断層が活動したとされる圧力温度条件下にて、延岡衝上断層メランジュを用いた三軸変形実験を行い、間隙水圧が静水圧条件下では延性変形、間隙水圧が静岩圧に近い条件では脆性変形することを明らかにした。

【平成25年度計画】

- 三軸圧縮クリープ試験を行い、微小破壊活動に及ぼす周期的封圧変動の影響を引き続き調べる。地下深部の深さ約8kmまでに相当する高温高压下における弾性波速度測定を可能にするための計測システム構築を実施する。まず、高压下での弾性波速度測定を実施し、高温下での実用化についても技術開発を進める。

【平成25年度実績】

- ・花崗岩の三軸圧縮クリープ試験を行った。微小破壊活動に及ぼす周期的封圧変動の影響を調べ、軸圧増加速度一定の条件では、軸圧の増加とともに封圧変動と微小破壊活動の相関が強くなるのに対し、軸圧一定の条件では、相関が急激に失われる結果を得た。高温高压下における弾性波速度測定を可能にするための計測システム構築では、速度測定に必須であるスペーサーの常温・大気圧下における反射波の検出は成功したが、高温高压容器内の測定では、スペーサーの端面精度や信号線の絶縁性等に関して更なる技術開発が必要なことが分かった。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度に取得した探査データに既存の探査データも加えて総合的に解析し、断層セグメント、綾瀬川断層南東延長部における伏在断層の存否等を検討する。また、これまでに開発してきた拡張有限要素法コードについては、三次元、粘弾性、弾塑性を扱えるように改良し、シミュレーションをさらに高度化する。以上の研究成果を踏まえて、深谷断層帯の地盤変形予測図を作成する。

【平成25年度実績】

- ・新たに反射法地震探査を実施し、綾瀬川断層延長部に伏在断層による撓曲構造を確認した。既存反射法データの再解析により関東平野深部にリフティングに伴う断層活動によって形成されたハーフグラベン構造を確認した。地盤変形シミュレーションについては、有限要素法コードを三次元、粘弾性、弾塑性を扱えるように改良するとともに、地表変形の情報から地下の断層形状を自動的に推定可能な解析手法へ高度化した。以上を踏まえて、深谷～綾瀬川断層鴻巣付近における地盤変形予測図を作成した。

3-(1)-② 海溝型地震及び巨大津波の予測手法の高度化

【第3期中期計画】

- ・東南海・南海地震を対象とした地下水等総合観測施設を整備し、既存の観測データと統合して解析を進め、駿河トラフ・南海トラフで発生する東海・東南海・南海地震の短期予測システムを構築する。
- ・巨大津波による災害を軽減するため、日本海溝及び南海トラフに面した沿岸域の地形・地質調査に基づいて、過去数千年間の巨大津波の発生履歴を精度良く明らかにし、津波の規模を解明する。宮城県については、津波浸水履歴図を公表する。

【平成25年度計画】

- ・国の東海地震予知事業の一環として、引き続き前兆的地下水位変化検出システムを運用する。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析により南海・駿河トラ

フの短期的 SSE のモニタリングを継続し、SSE と深部低周波微動の解析結果を公開する。歪データによる短期的 SSE の自動検出手法を開発する。紀伊半島での微動臨時観測を継続し、微動を用いた短期的 SSE のモニタリング手法を提案する。紀伊半島・四国での1946年南海地震前の目撃証言の収集を継続し、地震前後の上下変動の推定精度を向上させる。

【平成25年度実績】

- ・前兆的地下水位変化検出システムを運用した。産総研・防災科研・気象庁データの統合解析を継続し、短期的 SSE と微動の解析結果を各種委員会や地震に関する地下水観測データベースで公開した。地下水位・水圧変化にて、短期的 SSE が検出できることを世界で初めて示した。短期的 SSE の自動検出手法を開発し、システム実装の仕様を決定した。紀伊半島での微動臨時観測により、短期的 SSE のモニタリングに資する微動の移動パターン推定を行った。1946年南海地震前の目撃証言の収集を継続し、上下変動推定の成果をまとめた。

【平成25年度計画】

- ・台湾成功大学との共同研究「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」を引き続き推進し、台湾の成功大学にて第12回ワークショップを開催する。台湾の地下水位観測データと地震動・地殻変動との関係についての解析結果を公表する。

【平成25年度実績】

- ・8月13日に成功大学においてワークショップを開催した。13件（日本から4件、台湾から9件）の発表があり、参加者は約30名であった。1999年集集地震時の台湾での地下水位変化について、過去の研究から地殻変動よりも地震動の寄与が大きいと判断した上で、琉球大学と協力して地震動の寄与を詳細に解析した。地下水位変化に対する地震動（加速度・速度）の寄与の周波数依存性を見積もり、日本地球惑星科学連合大会や日本地震学会秋季大会で発表した。

【平成25年度計画】

- ・おもに地形、地質学的手法を用いて、過去の津波や隆起、沈降の痕跡から過去の巨大海溝型地震の履歴及び規模を明らかにするための調査研究を進める。特に平成24年度に仙台周辺、房総半島、静岡県沿岸等における調査で採取した地層のコアについて、年代測定や微化石分析等を行う。このほか日本海溝沿いの下北半島、房総半島、南海トラフ沿いの静岡県沿岸や紀伊半島沿岸、四国沿岸などで津波堆積物や地殻変動の調査を継続する。また震源断層モデルの検討および改良を行うため、房総半島や紀伊半島沿岸等で津波シミュレーションなどの計算を行う。

【平成25年度実績】

- ・下北半島、仙台周辺、房総半島、静岡県、紀伊半島、四国の沿岸にて、地形、地質学的手法による調査研究を行い、各地で新たに津波堆積物を検出するとともに地殻変動の履歴解明に資する試料を得た。採取した地層のコアの年代測定や微化石分析等を行った結果、下北半島では過去約6千年間の地層中に5層のイベント砂層を検出し、最新のものは17世紀頃の巨大津波の痕跡である可能性が高いことを示した。津波シミュレーションのために、房総半島、紀伊半島を含む太平洋沿岸の地形情報を整備し、紀伊半島では津波石に基づく計算を行った。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

【第3期中期計画】

- ・活動的火山の噴火活動履歴調査を実施し、噴火活動の年代、噴出量、マグマ組成や噴火様式等の変遷を明らかにするとともに、噴火の規則性や噴火様式の時間的変化を支配するマグマの発達過程のモデルを提示する。また、火山噴出物、噴煙、熱・電磁気学的変動、地殻変動等の観測研究により火山活動推移を把握するとともに、室内実験や数値実験との総合解析により、噴火準備、脱ガス及び噴火発生過程のモデルを提示する。さらに、これらの研究成果をもとに、データベースの整備及び火山地質図3図の作成を行うとともに、噴火活動の推移予測の基礎となる噴火シナリオを作成する。

3-(2)-① 火山噴火推移予測の高精度化

【第3期中期計画】

- ・活動的火山の噴火活動履歴調査を実施し、噴火活動の年代、噴出量、マグマ組成や噴火様式等の変遷を明らかにするとともに、噴火の規則性や噴火様式の時間的変化を支配するマグマの発達過程のモデルを提示する。また、火山噴出物、噴煙、熱・電磁気学的変動、地殻変動等の観測研究により火山活動推移を把握するとともに、室内実験や数値実験との総合解析により、噴火準備、脱ガス及び噴火発生過程のモデルを提示する。さらに、これらの研究成果をもとに、データベースの整備及び火山地質図3図の作成を行うとともに、噴火活動の推移予測の基礎となる噴火シナリオを作成する。

【平成25年度計画】

- ・九重、蔵王及び八丈島火山の火山地質図作成調査を引き続き行う。火山活動時空分布把握のため、同位体希釈法に加えて若い火山岩に特化した感度法を用い K-Ar 年代測定を引き続き行う。火山データベースについてはデータ追加作業を行い、データベース全体の統合作業を進める。三宅島や桜島火山など活動度の高い火山において、過去数万年間の噴出物調査を行い、噴火特性や物質科学的特徴の時間的変化を把握する。

【平成25年度実績】

- ・九重、蔵王及び八丈島火山の火山地質図のための噴火履歴調査を実施した。日本列島の火山活動時空分布把握のため、中部九州などの火山岩の K-Ar 年代測定を行った。「第四紀火山」と「活火山」データベースを「日本の火山」データベースとして統合し、焼岳、西之島など活火山の詳細データを公開した。三宅島火山では噴出物分布と編年を進め、過去約千年間の噴火史の全体像を明らかにし、また噴火継続中の桜島火山では、気象庁と連携して火山灰を迅速に解析し噴火特性の把握を行った。富士山火山地質図（第2版）を Web 公開した。

【平成25年度計画】

- ・霧島火山等の噴出物のメルト包有物の化学分析を行い、各噴火マグマの揮発性成分の特徴を明らかにする。富士山山頂の岩脈の内部構造や山腹火口の噴出物の層序の解析から、爆発的噴火と非爆発的噴火に関する噴火経緯を明らかにする。GPS および自然電位の連続観測と PS-InSAR の比較解析により口永良部島などの地殻変動の時空間パターンを説明しうる熱水系モデルを試作する。浮力と発泡の効果を加えたアナログ実験で噴火経緯のモデルを試作する。

【平成25年度実績】

- ・機器故障のため霧島等の噴出物の揮発性成分分析は未実施だが、予定の4倍（80試料）の前処理を行い次年度の効率化を図った。富士山において、ストロンボリ式噴火を起こした岩脈と、溶岩湖のドレーンバックを起こした岩脈の内部構造の違いを明らかにした。浮力と発泡の効果を加えたアナログ実験で噴火経緯のモデルを試作した。InSAR 解析等により口永良部島等の地殻変動の時空間変化とその変動源を明らかにした。また、GPS および自然電位の連続観測を継続して実施し、地殻変動を説明しうる熱水系モデルの試作をした。

4. 地質情報の提供、普及

【第3期中期計画】

- ・社会のニーズに的確に応じるために、知的基盤として整備された地質情報を活用しやすい方式、媒体で提供、普及させる。また、地震、火山噴火等の自然災害発生時やその予兆発生時には、緊急調査を実施するとともに、必要な地質情報を速やかに発信する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

【第3期中期計画】

- ・地質の調査に係る研究成果を社会に普及させるため、地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及び頒布を継続するとともに、電子媒体及びウェブによる頒布普及体制を整備する。地質標本館の展示の充実及び標本利用の促進に努め、地質情報普及活動、産学官連携、

地質相談等により情報発信を行う。また、インターネット、データベース等の情報技術の新たな動向を注視し、情報共有、流通の高度な展開に対応する。

4-(1)-① 地質情報の提供

【第3期中期計画】

- ・社会のニーズに的確に応じた地質情報提供のための地質情報共有、流通システムを構築する。地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及びベクトル数値化等による地質情報の高度利用環境の整備を進める。20以上の地質図類等の出版を行うとともに、6つ以上の既存地質図幅のベクトル化を実施する。
- ・地質図等の研究成果を印刷物、電子媒体及びウェブによって頒布する。国内外の地球科学文献を収集、整備し、閲覧室や公開文献検索システムを通じて社会に提供する。100カ国1,000機関との文献交換と、毎年10,000件以上の文献情報入力を行う。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度出版計画に基づき研究ユニットから提出される地質図類、研究報告書等の原稿検査と JIS 基準を適用し、紙印刷のための仕様書作成と発注を行う。またオンラインジャーナルによる研究成果の出版も行う。

【平成25年度実績】

- ・5万分の1地質図幅「京都東南部」「新居浜」「今庄及び竹波」「早池峰山」「八王子」、火山地質図「桜島火山第2版」「諏訪之瀬島火山」、200万分の1地質編集図「日本の火山第3版」、重力図「姫路地域」「徳島地域」、海洋地質図「日高舟状海盆表層堆積図」「奥尻海盆表層堆積図」、その他「関東平野中央部の地下地質」、水文環境図「熊本地域」、活断層・古地震研究報告などを JIS 基準に従い印刷・発行した。地質調査研究報告 Vol. 64をオンラインジャーナルとして出版した。

【平成25年度計画】

- ・出版物在庫管理システムを運用し、出版物の管理、在庫と頒布・普及のため業務効率化を行う。また、また在庫切れ地質図類についてはオンデマンド印刷により十分な供給を維持する。

【平成25年度実績】

- ・出版物保管庫の移転に伴い在庫棚卸しを実行した。出版物在庫数を管理することにより新規出版物及び既刊出版物の頒布・普及・抽出の適切な供給を行った。また、操作性の向上と業務効率化のため、出版物在庫管理システムの改修を行った。また在庫切れ地質図類についてはオンデマンド印刷によって供給した。

【平成25年度計画】

- ・平成25年度中に出版される地質図類のラスターデータ作成と既存ラスターデータの品質を見直しし、低品質なものについては順次データの再作成を行う。

【平成25年度実績】

- ・新規出版地質図類のラスターデータ作成と、品質の見直しにともなう既存ラスターデータの再作成について、35枚のデータ作成を行った。

【平成25年度計画】

- ・既存地質図幅の数値化を実施し、社会における地質情報二次利用促進に向け、ベクトルデータの公開準備を行う。

【平成25年度実績】

- ・火山地質図2面の数値化を実施し、社会における地質情報二次利用促進に向け、5万分の1地質図幅40面分のベクトルデータを作成するとともに、「地質図ベクトルデータダウンロードサイト」を構築し、昨年度作成20面分とあわせて合計60面分を公開した。

【平成25年度計画】

- ・地質図情報を閲覧する統合ポータルの中核機能などを強化し、これを引き続き運用するとともに、ユーザーからの意見の反映を通じてその改良を行う。

【平成25年度実績】

- ・地質情報データベース全体の入り口となる台帳系ポータルを制作し、キーワードおよびカテゴリからデータベースにアクセスできる環境を整備した。地質図情報を閲覧する統合ポータルである地質図 Navi を正式公開し、利用者からの意見収集を継続した。これとは別に利用団体へのアンケート、定常的なソーシャルメディア分析を行い、ユーザ意見を収集した。利用ガイドラインの見直しに際して、ユーザ意見の一部を利用ガイドラインの改訂に反映させた。

【平成25年度計画】

- ・地質・図書の整理・管理として以下を実施する。
 - 1) 統合 GEOLIS のクラウド移行および検索の高度化を完了し、利用者の利便向上のための改修、不具合修正等を行う。貴重資料データベースの統合の是非及び方法について再検討を行う。
 - 2) GEOLIS データを使用した「なかよし論文データベース（仮称）を GEOLIS の一部とすることを検討する。
 - 3) 標本データベースの再構築を完了し、データ入力の加速化のための計画を作成・実行を図る。

【平成25年度実績】

- 1) 統合版 GEOLIS のクラウド移行及び外部検索エンジン対応等の高度化を完了した。さらに検索結果の並び替え等の利便性向上の改修を行った。貴重資料デー

データベースとの統合は、上記高度化の後に行うこととした。GEOLIS には16,984件、貴重資料データベースには21件登録した。

- 2) 「なかよし論文データベース」を GEOLIS に統合するための環境作り等を行った。
- 3) 地質標本データベースの再構築は完了した。構築作業の遅れのためデータ入力の加速化には至らなかったが、その準備を整えた。

【平成25年度計画】

- ・地質図類の閲覧・管理の為、以下を実施する。
- 1) 新規発行の地質図類について、標準フォーマット JMP2.0仕様のメタデータを作成し、政府クリアリングハウスに登録及び公開する。
- 2) 国際標準に基づいたメタデータを作成、登録及び検索するシステムプロトタイプ版の改良等を行い、所内公開する。
- 3) アーカイブシステムに H25年度原稿提出の5万分の1地質図幅の調査時基礎データを蓄積しながら、アーカイブ業務の本格的運用のための試行および所内公開を行う。
- 4) プロトタイプ版アーカイブシステムの改良を行い、正式なアーカイブシステムを目指す。

【平成25年度実績】

- 1) 新規発行の地質図類の JMP2.0仕様のメタデータを作成した。政府クリアリングハウスは停止中だが、再開を見込んで16件を蓄積した。
- 2) 国際標準に基づいたメタデータの作成・登録・検索ができるサイトを所内公開した。
- 3) 「5万分の1地質図幅調査に係わる調査時基礎データのアーカイブ作成」の業務を開始し、試験的に所内公開した。
- 4) 機関アーカイブデータの開示ガイドラインを作成した。イントラ経由で申請・メタデータ登録・決済等を回す、ワークフロー等の機能を追加し、本格的システムに向けて改良した。

【平成25年度計画】

- ・地質文献の収納・登録・管理の為、以下を実施する。
- 1) 100ヶ国以上、1,000を超える機関との文献交換を行い、地球科学文献の収集、整備、保存及び提供を継続して行い、所蔵地質情報の充実に努める。
- 2) GEOLIS の入力システムと連動したオンライン収集システムの拡大を検討する。

【平成25年度実績】

- 1) 153ヶ国、1,085機関との文献交換を行い、4~3月で資料類 4,295冊、地図類 447枚を収集・整備・保存及び提供した。
- 2) オンライン資料の新たな収集・受入れとして、外国出版社のオンラインジャーナルを対象として、統合版

GEOLIS 入力システムと連動した RSS データ取得システムを構築した。

【平成25年度計画】

- ・地質調査総合センターのウェブサイトを活用し、安定・効率的な情報発信を行う。新規情報の迅速な公開とウェブサイトの再構築におけるコンテンツ・配信ファイルについて欠落内容等の補完作業も引き続き行う。新コンテンツ管理システムに対応したコンテンツ管理方法については引き続き検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・地質調査総合センターのウェブサイトを活用し、常時 SSL 化等によってより安全な情報提供の体制を整えた。また、コンテンツ・ファイルの欠落内容等の補完作業も行った。既存ページの整合性チェックと統制の取れた記事蓄積を目指し、地質調査総合センター内にホームページを見直すワーキンググループを立ち上げて関連ルールを提案した。地質情報の二次利用に関して、クリエイティブ・コモンズ体系を取り入れた新ガイドラインの導入に対応して、公開情報の表記を順次変更した。より安定で効率的なコンテンツ管理システム環境に移行した。

【平成25年度計画】

- ・地質情報の共有および流通を促進するため、配信する地質情報を整理し利便性を高める。また、地図系データベースの基盤となるよう地質関連データベースを国際標準化し、統合ポータルを引き続き発展させる。

【平成25年度実績】

- ・地質情報の共有および流通を促進するため、配信する地質情報をクラウドサーバに統合・整理した。国際標準である WMS/WMTS 形式での情報配信を開始し、重ね合わせ等の利便性を向上させた。配信情報の2次利用を促進するため、クリエイティブ・コモンズ体系を取り入れた新ガイドラインを策定し、運用を開始した。地質情報の初心者用に、キーワードを基にデータベース類を選択できるポータルを新規に開発した。RIO-DB が廃止された事を受けて、旧 RIO-DB から地図系データベースへコンテンツを移行し、運用を開始した。

4-(1)-② 地質情報の普及

【第3期中期計画】

- ・地質情報普及のため、地質標本館の展示の充実及び利用促進に努め、地質情報展、地質の日、ジオパーク等の活動を行う。また、産学官連携、地質相談業務、地質の調査に関する人材育成を実施し、展示会、野外見学会、講演会等を主催する。さらに、関係省庁、マスコミ等からの要請に応え正確な情報を普及させる。具体的には、地質標本館では、年3回以上の特別展や、

化石レプリカ作りのイベント等を実施し、年30,000人以上の入場者に対応する。また、つくば科学フェスティバル出展対応を毎年実施する。ジオネットワークつくばにおいて、10回以上のサイエンスカフェと6回以上の野外観察会を実施する。地質情報展を毎年開催し、1,000名以上の入場者に対応する。地質の日については、イベントを毎年実施する。ジオパーク活動については、日本ジオパーク委員会（JGC）を年2回以上開催し、世界ジオパークを2地域以上、日本ジオパークを5地域以上認定するための支援活動を行い、地域振興に貢献する。

【平成25年度計画】

- ・地質標本館において3回以上の特別展や2回以上の講演会を開催するとともに化石レプリカ作り等のイベントも開催する。展示物解説の補強により多様な見学者の関心に応え、展示標本の入れ替えなどにより、展示内容の質的向上を図る。団体見学者の要望に応じて地域地質の解説を行う。また、標本館の展示をテーマ別に解説するチラシを作成し、一般見学者の理解を助ける。地中熱利用空調システムに関する展示を設置し、関連の特別展を開催する。地質相談所を窓口として、外部機関や市民からの問い合わせに積極的に対応する。

【平成25年度実績】

- ・特別展を3回（霧島火山、地熱・地中熱関連、地質情報展再展示）開催し、特別展関連テーマの講演会を2回開催した。化石レプリカ作りや石磨き等の体験学習イベントを開催した。地中熱利用空調システムに関する展示、活断層・津波堆積物・地盤液化化のはぎ取り標本を新たに設置した。展示をテーマ別に解説するチラシとして、活断層、地盤液化化についての解説パンフを作成した。団体見学者のうち希望があれば解説を行い、特に小中高生には要請に応じて校外授業として実験と講義を行った。地質相談所では736件の問い合わせに答えた。

【平成25年度計画】

- ・地質調査総合センターの研究成果を発信するため、仙台市において地質情報展を実施し、成果普及活動を展開する。また、日本地球惑星科学連合2013年大会などにブース出展し、併せて研究成果品の紹介、普及を進める。

【平成25年度実績】

- ・仙台市科学館において地質情報展を開催し、産総研の研究成果を紹介するとともに、子供向けのわかりやすい実験などを行い、2118名が来場した。また、日本地球惑星科学連合大会、国際火山学地球内部化学協会総会にブース出展し、産総研の研究成果についてパネル等で紹介するとともに地質図等の出版物や成果物を展

示した。また、地質図の立体地形表示システムについては特許（特開2014-032304）を取得した。ほか、国交省 G 空間 Expo2013にて Geo アクティビティフェスタ優秀賞を受賞した。

【平成25年度計画】

- ・地域センターの一般公開や科学館、科学系博物館等の展示・体験プログラムに協力し、移動地質標本館を出展する。一般市民を対象として野外地質見学会を実施する。学校教育関係者と連携し、若年層の自然観育成、科学理解度増進に引き続き注力する。

【平成25年度実績】

- ・自治体等主催のイベント、産総研地域センター一般公開、産総研キャラバン郡山など7件の外部出展を行い、地球科学の普及活動に務めた。一般市民を対象とする地質見学会については、茨城県北部で野外観察会を行った。埼玉県教育委員会や青梅市中学校教育研究会理科部等の教員研修に協力するとともに、地学オリンピック本選に協力し、若年層の自然観育成、科学理解度増進に注力した。

【平成25年度計画】

- ・筑波研究学園都市を中心とした研究機関、教育機関、自治体等を結ぶ地域連携として、ジオネットワークつくばで構築したネットワークを維持し、各機関のサイエンスカフェや野外観察会等のイベント情報を市民に提供する。また、ジオネットワークつくばで人材育成するジオマイスターについて、その活用をはかる。

【平成25年度実績】

- ・ジオネットワークつくばで構築したネットワークを活かし、養成したジオマイスターと筑波山地域ジオパーク推進協議会の協力のもと、サイエンスカフェやジオネットの日等のジオネットワークつくば主催・共催イベントを8回実施した。また、ジオマイスターのフォローアップ研修として、野外・室内研修を22回行った。ジオネットワークつくばのホームページやメーリングリストにより各種機関のイベント情報を市民に提供した。

【平成25年度計画】

- ・「地質の日」推進事業推進委員会事務局として全国の地質の日関連の活動を支援し、啓発普及に貢献する。日本ジオパーク委員会事務局として、世界ジオパークネットワーク加盟申請候補地域及び日本ジオパークの候補地域と再審査地域に対し、ヒアリング、現地審査、最終認定等の一連の委員会活動を支援するとともに、ジオパークの普及に貢献する。また、世界各地のジオパークにおける地球科学の普及にも協力する。GSJシンポジウム事務局として、ユニットやプロジェクトから提案されるシンポジウムを2回程度開催する。

【平成25年度実績】

- ・地質の日事務局として全国各地の関係機関等に関連イベント企画を呼びかけた結果、95件の地質の日イベントが開催され、約8万7千人が参加した。日本ジオパーク委員会事務局として、10件の新規日本ジオパークの審査（内8件を認定）、3件の世界ジオパーク申請候補の審査（内1件を推薦）、3件の日本ジオパーク再認定審査（2件再認定、1件条件付き再認定）等の支援を行った。また、講演等を通じて、世界・日本各地のジオパークの普及に協力した。GSJ シンポジウム事務局として、2回のシンポジウムを開催した。

【平成25年度計画】

- ・産総研地質分野の広報誌として、GSJ 地質ニュースの編集を行い、月刊で発行し、あわせて PDF を WEB 公開する。このほかに活断層・地震研究センターニュース（月刊）や GREEN NEWS（季刊）を編集・発行する。

【平成25年度実績】

- ・東日本大震災における地盤液化や近い将来発生が予想される南海トラフの巨大地震に関する研究等、関心の高い話題を盛り込んで広報誌「GSJ 地質ニュース」を編集・刊行した。出版物は毎月中旬に WEB 公開し、あわせて印刷物としても発行を行った。このほかに活断層・地震研究センターニュース（月刊）や GREEN NEWS（季刊）を編集・発行した。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

【第3期中期計画】

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求められることから、災害発生時やその予兆発生時には、社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施する。具体的には、想定東海地震の観測情報等発令時、国内の震度6強以上を記録した地震、又は M6.8以上の内陸地震及び人的被害の想定される火山噴火のすべてに対応する。すべての緊急調査について、ホームページ上で情報公開する。

4-(2)-① 緊急地質調査、研究の実施

【第3期中期計画】

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求められることから、災害発生時やその予兆発生時には、社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施する。具体的には、想定東海地震の観測情報等発令時、国内の震度6強以上を記録した地震、又は M6.8以上の内陸地震及び人的被害の想定される火山噴火のすべてに対応する。すべての緊急調査について、ホームページ上で情報公開する。

【平成25年度計画】

- ・地震や火山噴火等の地質災害に際して、社会的要請に応じて緊急調査のための実施体制を組織し、既存の調査および研究情報を収集し、必要な地質調査及び研究を速やかに実施する。そして調査報告や関連情報をホームページ等で正確に一般向けに情報発信する。また、メディア等からの取材要請に対して、研究活動の支障の無い範囲で協力する。

【平成25年度実績】

- ・本年度は大規模な地震・火山噴火災害は発生せず、緊急調査体制は組まなかった。しかしながら、西之島における噴火活動に関しては、既存の地質情報整備を取りまとめ地質調査総合センターHP からの情報発信を指導した。H23年度補正予算「複合地質リスク調査」に関する中間報告書を出版・公表した。福島原発汚染水問題等へのメディアからの取材要請については、研究ユニットの適切な研究者を推薦した。

【平成25年度計画】

- ・地質調査総合センターにおいて自然災害等の緊急調査が実施された場合は、地質標本館や地質図ライブラリにおいてもその緊急研究の成果等を速報する。また、日頃より緊急調査等に備え、関係部署との情報共有の促進に努める。

【平成25年度実績】

- ・今年度は自然災害における緊急調査等は行われなかったが、平成23年3月から実施してきた東北地方太平洋沖地震の調査研究の成果の一部を常設展示として設置した。あわせて、平成23年1月に噴火した霧島火山新燃岳に関する調査研究の成果の特別展も行った。また、有事に備えて日頃から関係部署との情報共有を図った。その一環として、GSJ ホームページに地質災害（平成25年10月16日台風26号の豪雨による伊豆大島西部で発生した斜面崩壊）の地質学的背景についての速報を掲載した。

5. 国際研究協力の強化、推進

【第3期中期計画】

- ・産総研がこれまでに蓄積した知見及び経験を活かし、アジア太平洋地域及びアフリカを中心とした地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画における研究協力を積極的に推進する。地質災害の軽減、資源探査、環境保全等に関する国際的な動向及び社会的、政策的な要請を踏まえ、プロジェクトの立案、主導を行う。

5-(1) 国際研究協力の強化、推進

【第3期中期計画】

- ・産総研がこれまでに蓄積してきた知見及び経験を活かし、アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。地質

情報の整備、地質災害の軽減、資源探査や環境保全等に関する研究プロジェクトを国際組織及び国際研究計画を通して推進する。東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の総会・管理理事会に毎年参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。統合国際深海掘削計画（IODP）や OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。

- ・産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会でジオパーク審査標準を構築し、アジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。アジア太平洋ジオパークネットワーク（APGGN）・世界ジオパークネットワーク（GGN）の活動に貢献する。

5-(1)-① 国際研究協力の強化、推進

【第3期中期計画】

- ・産総研がこれまでに蓄積してきた知見及び経験を活かし、アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。地質情報の整備、地質災害の軽減、資源探査や環境保全等に関する研究プロジェクトを国際組織及び国際研究計画を通して推進する。東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の総会・管理理事会に毎年参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。統合国際深海掘削計画（IODP）や OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。
- ・産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会でジオパーク審査標準を構築し、アジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。アジア太平洋ジオパークネットワーク（APGGN）・世界ジオパークネットワーク（GGN）の活動に貢献する。

【平成25年度計画】

- ・CCOP プロジェクトの DelSEA-II の年会を東アジアから東南アジアの CCOP メンバー国で開催するとともに、開催国とデルタに関する共同研究を推進する。CCOP メンバー国から研究者を招聘し、共同研究の推進と人材育成に貢献する。

【平成25年度実績】

- ・CCOP プロジェクトの DelSEA-II の年会をインドネシアのバンドンにおいて2014年3月に実施した。また関連会合として2014年2月にタイのラヨーンで沿岸地質と海洋地質に関するワークショップを開催した。ベトナムから2名の研究者を2014年2月に招聘し、ベトナム沿岸域の共同研究を推進すると共に人材育成に貢献した。

【平成25年度計画】

- ・IODP の推進のために、乗船研究、国際パネル委員、日本地球掘削科学コンソーシアムにおける活動等を通じて貢献する。

【平成25年度実績】

- ・4名が乗船研究を行い、国際パネル委員を2名がつとめた。また日本地球掘削科学コンソーシアム IODP 部会において、執行部員及び専門部会委員として活動した。これらにより IODP の推進に貢献した。

【平成25年度計画】

- ・東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第49回総会と第61回管理理事会をホスト国として仙台で開催し、第62回管理理事会にも出席する。デルタの地質、地下水資源に関する CCOP プロジェクトでは、それぞれ会合を行う。新たにコンソーシアムとして運営される予定の OneGeology（全地球地質図ポータル）でアジア地域のコーディネータを担う他、世界地質図委員会等の国際プロジェクトに参加し、アジアの地質図や地質データの整備に貢献する。地質災害の低減とリスク評価のための国際コンソーシアムを運営し、シンポジウムを開催する。

【平成25年度実績】

- ・東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第49回総会を仙台市で開催した。また、これに合わせ、地質災害の低減とリスク評価のための国際コンソーシアム（G-EVER）の第2回国際ワークショップを開催した。OneGeology, CGMW（国際地質図委員会）、GEM 等に職員を派遣し、GSJ としての役割を果たした。デルタの地質、地下水資源に関する CCOP プロジェクトでは、国際会合を開催し、技術指導を行った。

《別表3》計量の標準（計量標準の設定・供給による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

【第3期中期計画】

- ・我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献するため、計量の標準の設定、計量器の検定、検査、研究、開発、維持、供給及びこれらに関連する業務、並びに計量に関する教習を行う。その際、メートル条約及び国際法定計量機関を設立する条約の下、計量標準と法定計量に関する国際活動において我が国を代表する職務を果たす。
- ・具体的には、産業構造審議会産業技術分科会、日本工業標準調査会合同会議知的基盤整備特別委員会の方針、見直し等を踏まえて、計量標準に関する整備計画を年度毎に改訂し、同計画に基づき計量標準の開発、維持、供給を行う。計量標準、法定計量に関して国際基準に

適合した供給体制を構築して運営し、国家計量標準と発行する校正証明書及び法定計量の試験結果の国際相互承認を進めるとともに、我が国の供給体系の合理化を進める。特に、新規の整備及び高度化対象となる計量標準に関しては、先端技術の研究開発や試験評価方法の規格化と連携して一体的に開発を進める等、迅速に整備し、供給を開始する。また、我が国の法定計量の施策と、計量標準の戦略的活用に関して、経済産業省の政策の企画、立案に対して技術的支援を行う。

1. 新たな国家計量標準の整備

【第3期中期計画】

- ・新たに必要となる国家計量標準を迅速に開発、整備し、供給を開始する。具体的にはグリーン・イノベーションの実現に必要な省エネルギー技術や新燃料等の開発、評価を支える計量標準の開発を行う。また、ライフ・イノベーションの実現に必要な医療診断、食品安全性、環境評価等を支える計量標準の開発を行う。さらにナノデバイスやロボット利用技術等、我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支える計量標準の開発を行う。新たな開発を行う標準の選定にあたっては、整備計画の改訂に従い、技術ニーズや社会ニーズを迅速に反映させる。また、国際規格や法規制に対応した計量標準を整備し、我が国の円滑な国際通商を支援する。

1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【第3期中期計画】

- ・グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、水素エネルギー、燃料電池等の貯蔵技術、利用技術の推進、省エネルギー・エネルギー効率化技術の開発を支援する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、バイオマス系資源の品質管理や安定性評価に必要な標準物質、資源再利用システムの信頼性評価に必要な標準物質をニーズに即応した開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(1)-① 新エネルギー源の利用に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・水素エネルギー、燃料電池及び電力貯蔵キャパシタの利用に必要な気体流量標準、気体圧力標準、電気標準、燃料分析用標準液等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・校正範囲の拡大に向けて、70MPa までの気体圧力標準の開発を進める。気体・液体両方の圧力媒体で利用できる液体潤滑型ピストン・シリンダを用いて圧力計

を校正するときの不確かさを評価する。高压気体を用いて圧力計を校正するために安全対策を施し、効率的な校正を行うために測定完全自動化を図る。

【平成25年度実績】

- ・液体潤滑型ピストン・シリンダを用いて70MPa までの気体圧力標準の開発を進め、有効断面積などの主要な要因による不確かさが4.0kPa 以下であることを確認した。安全対策として金属製の防護壁を設置し、重錘の機械的な加除と圧力制御を自動化し気体圧力計測の完全自動化を行った。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度の水素ガスに引き続き、都市ガスの標準供給開始へ向けて、実用標準器の値付けを実施する。第1四半期には、都市ガスについて仲介器による JCSS 認定事業者との比較校正を実施する。

【平成25年度実績】

- ・実用標準器である臨界ノズル12本について、水素ガスにおける流出係数適合曲線の値付けと不確かさ評価を実施した。都市ガスについては値付けを開始し、不確かさ評価に必要なデータの蓄積を開始した。JCSS 認定事業者と比較校正を実施するための仲介器の準備を整えた。

【平成25年度計画】

- ・蓄電デバイスの内部インピーダンス評価装置と充放電特性評価装置を開発し、内部インピーダンスが100Ω 以下の蓄電デバイスを対象とした評価システムを構築する。

【平成25年度実績】

- ・蓄電デバイスの内部インピーダンス評価装置と充放電特性評価装置を開発した。広帯域周波数測定器とポテンショガルバノスタットおよび4端子定義に基づく評価器具による測定システムを設計・試作し、内部インピーダンスが10mΩ 程度まで測定可能な蓄電池インピーダンス評価装置を開発した。直流電圧・電流源と高精度電圧計および電流検出計による測定システムを設計・試作し、充放電特性評価装置を開発した。これにより、電気二重層キャパシタ等の低インピーダンス蓄電デバイスの電気特性評価が可能となった。

【平成25年度計画】

- ・既存の3種の硫黄標準液について、安定性試験及び必要な場合期限延長等を行う。

【平成25年度実績】

- ・燃料電池用や輸送用などの燃料の品質管理を目的とした硫黄分析測定機器の校正・精度管理に必要な硫黄標準液3種について、供給開始後のモニタリングを行った。これにより十分な安定性を確認し、開発目標を達成した。

1-(1)-② 省エネルギー技術の開発と利用に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・運輸システム、オフィス、住宅、ビル、工場等における省エネルギー技術開発に必要な高周波電気標準、光放射標準、熱流密度標準等について、新たに7種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・マルチ測位衛星システムの本格到来に向け、また提供中の周波数遠隔校正サービスの継続実施のために必要な NMIJ の時系である UTC (NMIJ) の信頼性と安定性の強化を図る。具体的には震災で故障した1台の水素メーザを復旧させ、合計4台の水素メーザからなる高信頼な原子時計群を実現する。また水素メーザ及び複数のセシウム原子時計の出力信号間の時間差測定の高精度化を行う。

【平成25年度実績】

- ・故障した水素メーザを復旧させ、合計4台の水素メーザを用いた高信頼な国家標準 UTC (NMIJ) を実現した。この高信頼標準を用いて16社のユーザに周波数遠隔校正サービスを提供した。また水素メーザ及びセシウム原子時計の出力信号間の時間差測定の高精度化を行った。その結果、デュアルミキサ時間差測定法 (DMTD 法) による装置を完成させ運用を開始し目標を達成した。

【平成25年度計画】

- ・高温槽を導入して、150℃までの温度範囲拡張を実施することにより、計画より1年前倒しで150℃までの温度範囲における品質システムを確立する。新たな候補物質に関する PVT 性質・音速の測定を継続して実施する。

【平成25年度実績】

- ・シングルシンカー式の磁気浮上密度計に対し、真空断熱式の恒温槽を導入し、150℃までの温度制御を可能にした。同温度範囲までの PVT 性質の品質システムを作成し、範囲拡張を達成した。また、混合物を含む代替冷媒候補物質に関する測定を実施した。

【平成25年度計画】

- ・任意周波数ホーンアンテナ利得及びパターン標準について5.8GHz～18GHz 帯3バンドの任意周波数に対応した校正システムの開発を進める。50GHz～110GHz 帯の散乱断面積 (RCS) 標準では、75GHz～110GHz 帯の標準ターゲット評価技術の開発を進める。

【平成25年度実績】

- ・任意周波数ホーンアンテナ利得及びパターン標準について、18GHz～26.5GHz 帯の任意周波数に対応したホーンアンテナ利得標準の早期供給に対する校正事業

者からの要望があり、5.8GHz～18GHz 帯の計画を先送りし、優先して校正システムを整備し標準供給を開始した。50GHz～110GHz 帯の散乱断面積 (RCS) 標準では、75GHz～110GHz 帯の標準ターゲット評価のためのミリ波帯高感度受信システムを構築した。

【平成25年度計画】

- ・分光全放射束標準の校正技術、不確かさ評価技術の開発を完了させる。紫外域での高強度 LED 全放射束標準確立に向けた光源及び光学系の整備・最適化を進める。

【平成25年度実績】

- ・分光全放射束標準に関しては、具現時に用いる配光測定装置用マルチチャンネル型分光器の応答直線性・スリット関数評価、供給時に用いる分光式球形光束計の内面応答度分布の評価、エージング・安定性・再現性評価等による仲介用電球選別と十分な本数確保 (30本以上) を行い、校正技術の開発・不確かさ評価を完了させた。紫外域での高強度 LED 全放射束標準に関しては、絶対測定に必要なアパーチャ面積についての検討と不確かさ評価、UV-LED の放射照度および放射束の測定、点灯安定性評価等を行い、光源及び光学系の整備・最適化を進めた。

1-(1)-③ バイオマス資源の利用技術に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・バイオガソリン、バイオディーゼル等、バイオマス資源の品質管理、成分分析、安定性評価等利用技術に必要な標準物質について、新たに5種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・平成26年度における、流量の下限の0.00005m³/h への引き下げに向けて、石油微小流量の標準設備を開発し、性能確認および不確かさ解析を進める。

【平成25年度実績】

- ・石油微小流量の標準設備を製作し、H25年度計画で目標とする流量の下限の0.00005m³/h において、流量並びに液温が安定な状態で動作することを確認し、不確かさ解析に必要なデータの取得に着手した。平成26年度における、流量の下限の0.00005m³/h への引き下げに向けて準備が整った。

【平成25年度計画】

- ・数種類のバイオディーゼル試料について密閉環境下の密度測定と精度評価を行う。バイオディーゼルは酸化・吸湿等の影響を受けやすいため、密度測定の再現性を確認することで、グローブボックス内の雰囲気安定な密度測定に十分なレベルかどうかを検証する。

粘度についてはバイオディーゼル試料に対して現行校正装置を用いた測定と精度評価を実施し校正システムを構築する。以上により、バイオ燃料認証標準物質の開発予定に沿った密度・粘度校正値付与のための校正システム整備完了を目指す。

【平成25年度実績】

- ・バイオディーゼル（FAME）の密度測定では、露点温度-20℃以下、酸素濃度0.1%以下に制御したグローブボックス内において1 ppm 以下の再現性が得られた。SI トレーサブルな密度標準液で校正した振動式密度計により、不確かさ100ppm 以下で密度の値付けを実現した。粘度については FAME 試料に対して現行校正装置を用いた試験測定と不確かさ評価を行い校正システムを構築した。以上により、バイオ燃料のための密度・粘度校正システム整備を完了し、その品質システムを確立した。

【平成25年度計画】

- ・水分分析用標準物質およびバイオディーゼル燃料標準物質について、認証のための分析方法の確立を行う。また、燃料の品質管理などを目的とした分析において測定機器の校正・精度管理に必要となる標準物質を1種類1物質開発し、関連する品質システムの技術部分を構築する。

【平成25年度実績】

- ・燃料の品質管理などを目的とした分析において測定機器の校正・精度管理に必要となる、水分分析用標準物質1種類1物質の認証を行い、関連する品質システムの技術部分を構築した。また、既存認証標準物質の安定性を評価し、維持、管理を行うとともに、ピアレビューを受けた。バイオディーゼル燃料標準物質については原料を入手し、認証のための分析方法の確立を行うとともに、IAWG において関連する国際比較1件を提案した。

1-(1)-④ 資源再利用システムの信頼性評価に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・電気・電子機器の廃棄及び製品のリサイクル並びにこれらに係る規制・指令（REACH 規制、WEEE 指令等）に対応するため、資源再利用システムの信頼性を評価、分析する上で必要となる標準物質について、新たに2種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・RoHS 指令等の規制に対応する標準物質の特性値決定のための技術開発を進め、平成25年度には2種類3物質について標準物質を開発する。

【平成25年度実績】

- ・RoHS 指令等の規制に対応する標準物質の特性値決定

のための技術開発を進め、2種類3物質（有機ふっ素化合物分析用 ABS 樹脂標準物質、有機ふっ素化合物分析用生物組織標準物質、臭素分析用 PP 樹脂ペレット標準物質）について標準物質を開発した。また、臭素系難燃剤含有ポリスチレン標準物質（NMIJ CRM 8108-b）の有効期限延長を行った。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【第3期中期計画】

- ・ライフ・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、先進医療機器の開発、標準化に資する計量標準及び予防を重視する健康づくりに不可欠な臨床検査にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、生活に直結する食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析にかかわる計量標準、有害化学物質の分析にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(2)-① 医療の信頼性確保に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・医療の信頼性確保のため、超音波診断装置、放射線治療機器等の先進医療機器の開発、利用に必要な超音波標準、放射線標準等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。また、医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・小口径平面振動子を音源とする光干渉法による40MHz までのハイドロホン感度校正装置については、測定の妥当性及び不確かさを評価して、校正システムを完成させる。カロリメトリ法については、水槽の熱損失を更に低減し、不確かさを評価した上で、100W までの超音波パワー校正装置を完成させる。

【平成25年度実績】

- ・光干渉法による40MHz までのハイドロホン感度校正装置は、感度校正値を他国 NMI および20MHz までの現有校正装置と比較して測定の妥当性を確認した。さらに不確かさを評価し、校正システムを完成させた。カロリメトリ法による100W までの超音波パワー校正については、水槽の外側を断熱材で覆い、熱損失を低減させた結果、良好な再現性が得られた。また、超音波パワー校正の不確かさ評価を終え、校正装置を完成させた。

【平成25年度計画】

- ・医療用リニアックからの高エネルギーX線について、不確かさの評価を行い、水吸収線量標準を確立する。

さらに、国際比較を実施する。マンモグラフィ X 線標準は、W/Rh、W/Ag の線質について標準を確立する。治療用密封小線源標準については、Ru-106小線源からのβ線水吸収線量を評価する標準器を完成させ、線量の不確かさの評価を行う。また、Ir-192小線源については、線量測定を行い、線量の不確かさ評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・医療用リニアックからの高エネルギーX線について、不確かさの評価を行い、水吸収線量標準を確立し、国際比較を実施した。マンモグラフィ X 線標準は、W/Rh、W/Ag、W/Al の線質について標準を確立した。治療用密封小線源標準については、Ru-106小線源からのβ線水吸収線量を評価する標準器を完成させ、線量の不確かさの評価を行った。また、Ir-192小線源については、線量測定を行い、線量の不確かさ評価を行った。

【平成25年度計画】

- ・医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、引き続き4種類の開発に取り組む。平成25年度はこのうち1種類について1物質以上の標準物質を開発する。また、これまでに開発した標準物質の適切な維持管理を行う。

【平成25年度実績】

- ・医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、引き続き4種類の開発に取り組み、1種類について2物質（アミノ酸標準物質：メチオニン、シスチン）を開発した。これまでに開発した標準物質の維持管理を適切に行った。

1-(2)-② 食品の安全性確保に資する標準物質

【第3期中期計画】

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格（食品衛生法、薬事法、米国 FDA 規制、国際食品規格（コーデックス規格）等）に対応するため、基準検査項目の分析に必要となる標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格に対応した、基準検査項目の分析に必要となる標準物質について、平成25年度には1種類1物質を開発し、品質システムの技術部分を構築する。また、既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行うとともに、開発済みの標準物質に関し、ピアレビューを受ける。さらに、玄米中の微量元素分析に関する技能試験（3年計画の2年目）および玄米中の残留農薬分析に関する技能試験を企画・実施する。

【平成25年度実績】

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格に対応した、基準検査項目の分析に必要となる標準物質について、1種類1物質（ひ素化合物・微量元素分析用玄米粉末標準物質）を開発し、品質システムの技術部分を構築した。また、既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行うとともに、開発済みの標準物質に関し、ピアレビューを受けた。玄米中の微量元素分析に関する技能試験（国内およびタイ）および玄米中の残留農薬分析に関する技能試験を各々企画・実施した。

1-(2)-③ 生活環境の健全性確保に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・国民の生活環境の健全性を確保するため、大気汚染ガス、地球温暖化ガス、有害ガス等の分析、評価、測定等に必要となる標準物質について、新たに9種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・環境分析や品質管理においてトレーサビリティ源として用いられる標準物質を、平成25年度には2種類2物質開発する。

【平成25年度実績】

- ・環境分析や品質管理においてトレーサビリティ源として用いられる、新規標準物質を2種類2物質以上（高純度化合物トリス（ヒドロキシメチル）アミノメタン及び複数の元素標準液）を開発した。

【平成25年度計画】

- ・既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行う。安定性試験の結果に基づき1種以上の物質の期限延長を行う。VOC 及び定量 NMR 用の新規の認証標準物質、2種類以上を開発する。関連する国際比較に積極的に参加し、CMC（国際度量衡局が行っている各計量研の分析能力の登録）の登録を目指す。新規の標準ガスの校正に関する準備を引き続き行う。

【平成25年度実績】

- ・既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行った。安定性試験に基づき1物質（cis-1,2-ジクロロエチレン）の有効期限を延長した。VOC（1,4-ジオキサン及びMTBE）、定量 NMR 用（3,5-ビストリフルオロメチル安息香酸）、低濃度酸素標準ガスの3種類4物質の認証標準物質を開発した。定量 NMR に関する国際比較（CCQM-P150）を主催し、2件の CMC（高純度エタノール及びトルエン）を登録した。新規校正サービス（1種類1物質：NF3標準ガス（校正））を開始した。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

【第3期中期計画】

- ・我が国産業の国際通商を円滑に実施するために必要な国際規格、法規制に対応する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。特に、移動体通信機器の電磁波規制にかかわる計量標準を重点的に整備する。また、ナノデバイス、ナノ材料やロボット分野において、我が国産業の国際競争力を支援し、国際的な市場展開を支える基盤的計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(3)-① 国際通商を支援する計量標準

【第3期中期計画】

- ・我が国産業の国際通商を支援するため、電磁波不干涉性及び耐性（EMC）規制等の国際規格、法規制に対応する計量標準について、新たに10種類開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・高周波電力標準に関し、75GHz～110GHz 帯（WR10型導波管）を整備し、標準供給を開始する。高周波インピーダンス標準に関し、ミリ波同軸および導波管線路の周波数範囲を拡張する。導波管減衰量標準では、75GHz～110GHz 帯への拡張開発を継続して進める。電磁界強度標準（ホーン、GTEM セル）について新電波暗室の整備と設備の移設を進め校正システムの基本性能評価を行う。

【平成25年度実績】

- ・高周波電力標準に関し、関係機関より110GHz～170GHz 帯の法規制に対応した標準の要望があり、75GHz～110GHz 帯の計画を先送りし、優先して供給を開始した。高周波インピーダンス標準では、ミリ波同軸の整備が完了し、導波管線路については周波数拡張のための参照標準器を新たに開発し不確かさ評価を開始した。導波管減衰量標準では、75GHz～110GHz 帯の校正システムを新たに構築した。電磁界強度標準では新電波暗室の整備と設備の移設を行い、標準電界発生と電波遮蔽の基本性能評価を完了した。

1-(3)-② ナノデバイス、ナノ材料の開発と利用に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・ナノデバイス、ナノ材料の技術開発と利用に資する計量標準として、ナノスケールの半導体デバイス製造に不可欠な線幅標準、ナノ粒子の機能及び特性評価やナノ粒子生産現場の環境モニタリングのための粒径標準、ナノ機能材料の分析、評価に必要な標準物質等について、新たに10種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・パターン線幅の校正の不確かさを評価するとともに国際比較への参加などを通して技術の妥当性の検証を行う。ナノメートル粗さの各種測定法に対応できる校正技術の開発を進める。X線CTを用いた寸法計測の精度低下要因を整理し、補正可能かどうかを検討する。角度測定を利用した表面形状計測技術の最適化を進め、標準供給を視野に入れた不確かさ評価を進める。

【平成25年度実績】

- ・パターン線幅についてはAFM探針先端形状の評価作業を進めると共に校正手順の最適化を行い、国際比較の準備を完了した。AFMを用いた表面粗さ測定のJIS R1683に整合した手順の検討を行い、測長AFMを適用した場合の不確かさ見積り作業を進めた。X線CTによる寸法計測技術の開発では経産省委託事業の受託およびJIS B7442制定を達成し、倍率誤差の解析および補正技術の検討を行ない10 μ m以下の測定誤差となる効果を実験的に検証した。角度測定を利用した表面形状計測技術の開発では、最適化及び不確かさの評価を行い、10nm以下の測定不確かさを達成した。

【平成25年度計画】

- ・拡散管方式低濃度水分発生装置で用いる磁気吊下天秤の質量減少速度測定能力の評価を行う。希釈・流量測定制御装置の整備と流量制御の安定性評価を行う。簡易型拡散管方式微量水分発生装置の性能評価をすすめる。プロトタイプレーザー分光システムの整備をすすめる。

【平成25年度実績】

- ・磁気吊下天秤の調整及び制御法を改善したことで、質量減少速度の安定的な測定が短期的には可能となった。希釈・流量測定制御装置の制御法を改善したことで、流量測定制御の短期的な安定性確保が可能となった。簡易型拡散管方式微量水分発生装置の評価を行い10ppb～10ppmの範囲の微量水分発生が可能であることを確認した。プロトタイプレーザー分光システムを用いて10ppbレベルの窒素中微量水分の測定が可能であることを確認した。

【平成25年度計画】

- ・粒径分布幅標準の開発のため、実際の電気移動度分析器によって得られる実験スペクトルから、応答関数の非理想性を考慮して、粒径均一性が高い粒子の粒径分布標準偏差を計算する方法を開発する。この方法を30nmから200nmのポリスチレンラテックス粒子に適用し、応答関数形状の違いを原因とする、粒径分布幅決定値の不確かさの大きさを評価する。

【平成25年度実績】

- ・応答関数の非理想性を考慮した粒径分布標準偏差決定法を開発した。粒径30nm～300nmにおいては、粒径

分布標準偏差の相対標準不確かさが1%以下であることを確認した。

【平成25年度計画】

- ・ナノ機能材料の分析、評価に必要な4種類の標準物質等のうち、残り3種類の標準物質等の開発を継続する。平成25年度は3種類3物質の開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・ナノ機能材料の分析、評価に必要な3種類3物質の開発を行い、デルタ層標準物質、陽電子寿命による空孔欠陥測定用シリコン、ポリエチレングリコール単一重合体の開発に成功した。更にナノ材料の安全性試験に用いることができる、ISOのガイドに準拠した酸化チタン標準物質を開発した。

1-(3)-③ ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・ロボットシステム利用における安全性確保に資するため、機能安全設計の信頼性向上に必要な力学標準、振動標準等について、新たに3種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

【平成25年度計画】

- ・ロボットに使用される各種モータの出力トルクを試験、検査する計測評価装置と評価方法の開発に向け、平成24年度に行ったトルク範囲の調査に加えて既存のモータ試験装置の応答性などの性能や用途について現状調査を行う。

【平成25年度実績】

- ・既存のモータ試験装置の応答性などについて現状調査を行い、ロボット用モータの出力トルク試験に用いるモータ試験装置では10Hz程度までの応答を評価する必要があることを明らかにした。

【平成25年度計画】

- ・衝撃加速度標準については、電荷感度の不確かさ評価を行い、品質システムの技術的部分の構築を完了する。角振動標準については、試作した校正装置の改良と不確かさ評価を行う。また具体的な産業界への標準供給方法について検討する。

【平成25年度実績】

- ・衝撃加速度標準については、ピーク加速度を $50\text{m/s}^2 \sim 10000\text{m/s}^2$ に拡張して、加速度計の電圧感度校正、及び加速度ピックアップの電荷感度校正に関する不確かさ評価を行い、品質システムの技術的部分の構築を完了した。角振動標準については、試作した校正装置の回転テーブル部分の改良を行い、0.01%以下程度までの回転速度変動率を達成すると共に、不確かさ評価を行った。さらに、産業界への具体的な標準供給方法と

なる新規の仲介標準器の開発を行った。

2. 国家計量標準の高度化

【第3期中期計画】

- ・国家計量標準を確実に維持、供給するために必要な国際比較への参加、品質システムの構築を行う。同時に、ニーズに即した範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を、計量標準に関する整備計画に即して行う。また、産総研の校正技術の校正事業者への技術移転を進め、校正事業者が供給する校正範囲の拡張を進めると同時に、校正事業者の校正能力を確保するための認定審査を技術面から支援する。さらに、産業現場まで計量トレーサビリティを普及する校正技術の開発や、トレーサビリティ体系の合理化を行うことで、校正コストの低減や利便性の向上を実現する。国家計量標準の供給体制について選択と集中や合理化の視点から見直しを行い、計量標準政策への提言としてまとめる。計量標準に関する整備計画の改訂に必要な調査と分析を行い、策定した整備計画についての情報発信を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

【第3期中期計画】

- ・国家計量標準を維持管理し、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）や依頼試験に基づく校正サービス、標準物質等の供給を行う。また、ISO/IEC17025等校正業務の管理に関する国際規格に適合する品質システムを構築、運用し、品質システムに則した標準供給を行う。国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録の維持、追加申請（国際基準への適合性確保）に必要となるピアレビューを実施し、国際比較（基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較等）へ参加する。

2-(1)-① 国家計量標準の維持、供給

【第3期中期計画】

- ・国家計量標準を維持管理し、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）や依頼試験に基づく校正サービス、標準物質等の供給を行う。また、ISO/IEC17025等校正業務の管理に関する国際規格に適合する品質システムを構築、運用し、品質システムに則した標準供給を行う。国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録の維持、追加申請（国際基準への適合性確保）に必要となるピアレビューを実施し、国際比較（基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較等）へ参加する。

【平成25年度計画】

- ・ISO/IEC 17025に適合するマネジメントシステムのも

と、国家計量標準を維持し、校正サービスを実施する。また、ISO/IEC 17025および ISO Guide 34に適合した標準物質の供給を行う。また、校正サービス、標準物質のうち、主要な品目に関して、国際相互承認に係る CMC（校正測定能力）登録を維持するとともに、必要な追加申請を行う。国際相互承認登録のため、ピアレビューおよび品質管理システムに関する認定審査を受けるとともに、必要な国際比較に参加する。

【平成25年度実績】

- ・ISO/IEC 17025に適合する品質管理システムのもと、国家計量標準を維持し、校正サービスを実施するとともに、ISO/IEC 17025および ISO Guide 34に適合した標準物質の供給を行った。既存の国際相互承認に係る CMC（校正測定能力）登録に加え、追加申請を行うため、化学分野、質量及び関連量分野、放射線分野、長さ分野においてピアレビューおよび品質管理システムに関する認定審査を受けた。また、新たに19件の必要な国際比較に参加した。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

【第3期中期計画】

- ・より高度な技術ニーズや社会ニーズに対応するため、供給を開始した計量標準の高度化、合理化を進める。特に、省エネルギー技術の推進、産業現場計測器の信頼性確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、供給範囲の拡張、不確かさの低減等の高度化を行うとともに技術移転等による供給体系の合理化を行う。

2-(2)-① 省エネルギー技術の利用を支援する計量標準

【第3期中期計画】

- ・省エネルギー機器の開発と利用の推進に不可欠な計量標準として、12種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

【平成25年度計画】

- ・高性能小型モータの開発と省エネに必要なさらに小容量のトルクメータ（0.01N・m～10N・m）を校正するための試験装置の開発に着手する。標準ガス流量導入装置の実用化、及び、有機 EL 用水蒸気バリア膜の性能評価に標準コンダクタンスエレメントを用いることの有効性を実証する。また、標準リーク校正システムを用いた大気中への標準リークの経時変化や圧力依存性などの諸特性を評価する。

【平成25年度実績】

- ・小容量のトルクメータについては、校正装置のトルク負荷機構部を試作しその感度を評価して、0.01N・mまでの基準となる小トルクを発生できることを確認した。標準ガス流量導入装置については、表面からのガ

ス放出量を校正できる装置を製品化し実用化した。標準コンダクタンスエレメントを使った新たな方法で有機 EL 用水蒸気バリア膜を評価し、従来法よりも小さなガス透過度を測定できることからその有効性を実証した。標準リーク校正システムについては、大気中での標準リークの安定性が0.15%であり、その圧力依存性が10%以下であることを評価した。

【平成25年度計画】

- ・商用電源周波数の50次高調波に対応するため、交流シャント標準の周波数範囲を5A/3kHz まで拡張する。また、電流範囲も標準供給の要望のある1A/1kHz へ拡張を行い、不確かさ評価方法を確立する。高調波電力については、50次高調波から100次高調波への拡張に向け継続して開発を進める。

【平成25年度実績】

- ・交流シャント標準について、評価装置を5A/3kHz に拡張した。シャント抵抗の周波数特性評価および電流特性評価を行い、校正範囲を1A（45Hz-1kHz）へ拡張し、標準供給を開始した。高調波電力については、50次高調波から100次高調波への拡張に向け、構成要素である誘導分圧器の周波数特性について100次高調波の周波数帯域まで評価し、高調波電圧測定の誤差補正に利用した。

【平成25年度計画】

- ・1064nm における二次元光検出器の感度校正設備の評価を完了させ、標準供給体制を確立する。800nm 帯高出力 LD コリメート光に対する光パワーメータの感度校正技術を確立する。1310nm 帯および1550nm 帯（広帯域）における光ファイバパワーメータ校正、ならびに同波長帯域内の校正係数波長特性試験方法を確立する。分光拡散反射率標準（赤外域）の校正技術、不確かさ評価技術の開発を完了させる。併せて、照度応答度の不確かさ低減に関する技術開発を完了させる。

【平成25年度実績】

- ・1064nm での二次元検出器応答度評価方法を構築し標準供給体制を確立した。800nm 帯高出力 LD に対する標準器評価方法等を構築し光パワーメータ感度校正技術を確立した。カロリメータ吸収体反射率の入射波長一様性を評価し1310nm・1550nm 帯パワーメータ校正・校正係数波長依存性試験方法を確立した。分光拡散反射率標準（赤外域）用の装置開発や校正器物評価を行い、校正技術を確立し不確かさ評価を完了した。照度応答度関連開発については校正不確かさ向上に不可欠なオーバーチャ作製を完了させた。

【平成25年度計画】

- ・供給範囲拡張として、20K～300K での新たな熱膨張率測定用の認証標準物質を開発する。供給範囲拡張と

して、熱拡散率依頼試験における被校正対象の材質の拡張を行う。

【平成25年度実績】

- ・供給範囲拡張として、20K～300K での新たな熱膨張率測定用の標準物質（高純度銅）を開発した。供給範囲拡張として、熱拡散率依頼試験における被校正対象の材質として黒色セラミックスを追加した。

2-(2)-② 産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準

【第3期中期計画】

- ・産業現場計測器の信頼性を確保するため、品質管理、認証、認定等に必要となる計量標準として、50種類の標準について供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

【平成25年度計画】

- ・固体屈折率標準では、前年度に開始した標準供給体制を維持する。二次元グリッド校正では、校正技術の開発を推進するとともに、不確かさ要因の検討、解析を行う。

【平成25年度実績】

- ・固体屈折率では、前年度に開始した標準供給体制を維持した。二次元グリッド校正及びパターン真円度校正では、関係企業のニーズ情報の更新に基づいた校正仕様の更新を行ないつつ校正技術の開発を進め、主要な不確かさ要因の低減に関する検討を行なった。

【平成25年度計画】

- ・平成24年度末に開始した APMP 域内における GPS 受信機のキャリブレーション・トリップを実施するとともに、時間周波数分野の基本である「秒」の定義がマイクロ波から光の領域へと研究される状況に呼応し、周波数比較システムの高精度化を行う。比較手段としては GPS 衛星、通信衛星、光ファイバ、宇宙時計（ACES）等があり、それぞれにおいて17桁オーダの比較精度を目指して基本検討とシステム実験を行う。

【平成25年度実績】

- ・「秒」の再定義の有力候補である光格子時計の周波数比較システムの検討とシステム実験を行った。GPS 衛星を用いた比較システムに関しては、APMP 域内の韓国（KRISS）との間で15桁オーダで周波数比較ができることを示した。通信衛星、宇宙時計（ACES）に関しては、他機関（NICT 等）と共同研究契約を締結して国際間比較に向けて技術検討を開始した。光ファイバに関しては、位相補償システム（光キャリア法）の検討を行い室内実験（光ファイバ長：90km）の結果17桁オーダの比較精度を得た。

【平成25年度計画】

- ・校正対象となる高精度な参照用トルクレンチ（0.1N・

m～10N・m）を試作し、その性能評価を行う。気体絶対圧力標準（10Pa～10kPa）の不確かさを低減させるために、周囲圧力制御型の圧力天びんを新たに開発する。高真空標準については、引き続き、共同研究等を通して、計測技術の普及に努める。

【平成25年度実績】

- ・校正対象とする高精度参照用トルクレンチを試作して性能評価を行い、0.1N・m～10N・m のトルク範囲で参照用トルクレンチの校正が可能であることを確認した。気体絶対圧力標準（10Pa～10kPa）の不確かさを低減させるために、分銅を真空中で加除できる機構を組み込んだ圧力天びんを開発し、1Pa よりもよい圧力安定性が得られることを確認した。高真空標準については共同研究を実施し、開発した真空計測技術がクライオ真空ポンプの性能試験に利用できることを実証し、学会発表を通じてその計測技術を普及させた。

【平成25年度計画】

- ・20Hz～20kHz の WS3形マイクロホンの自由音場感度校正については、品質システムを構築する。基準音源の音響パワーレベル校正については、校正システムの開発を継続する。ロックウェル硬さ B スケール標準に対して不確かさ評価のための基礎的データ収集を継続的に進める。ロックウェル硬さ C スケールのダイヤモンド圧子形状の直接検証について、分解能向上の検討を進める。カロリメトリ法による100W までの超音波パワー標準を完成させる。相互校正法による100kHz～1MHz のハイドロホン感度の不確かさを評価し、校正システムを完成させる。

【平成25年度実績】

- ・WS3形マイクロホン校正は、プリアンプ製作に時間を要し品質システム構築には至らなかったが、高精度化を達成した。基準音源の校正は、不確かさ評価を開始した。ロックウェル硬さ B スケール標準は、鋼球圧子と超硬球圧子使用時の硬さデータを収集し、不確かさ評価を行った。ロックウェル硬さ C スケールの圧子形状測定について1nm の分解能を達成した。カロリメトリ法による超音波パワー校正は水温計測等、相互校正法によるハイドロホン感度校正は振動子の相反性等の不確かさ評価を終え、校正システムを完成させた。

【平成25年度計画】

- ・高周波インピーダンス標準について、同軸3.5mm の周波数範囲を拡張する。アンテナ係数（超広帯域アンテナ標準）について、30 MHz～1 GHz 帯、および1 GHz～18 GHz 帯の周波数の拡張開発を行う。

【平成25年度実績】

- ・高周波インピーダンス標準は、PC3.5同軸の30kHz～1GHz への周波数範囲の拡張のため、新たな参照標準

器を開発し精度評価を完了して、標準供給を開始した。アンテナ係数では、30MHz～1GHz 帯の広帯域アンテナ送受信システムを構築し、アンテナ係数の不確かさ評価を開始した。1GHz～18GHz 帯については、EMC 規格準拠に必要な6GHz までが既に整備済みであるが、6GHz～18GHz 帯は国内 EMC 規格が策定中であり規格の整備を待つて供給開始とするため計画を先送りした。

【平成25年度計画】

- 光パワーメータの応答直線性校正の波長範囲拡張に向けた校正技術開発を行う。高速・高感度検出が可能な広波長帯域常温動作熱型光パワー標準器の開発を行う。分光放射照度（紫外）の短波長域への校正範囲拡張に向けた光学系整備・スループット最適化、分光応答度（紫外、可視、近赤外）の校正範囲拡張（オーバーフィル条件）に向けた光学系整備・ビーム均整度改善を進める。

【平成25年度実績】

- 光パワーメータ応答直線性校正の波長範囲拡張に関して、データ収集と理論との比較、不確かさ評価法の検討等を進めた。高速・高感度検出が可能な広波長帯域常温動作熱型光パワー標準器に関して、センサ部評価・設計最適化、ノイズ検討等を進め、標準器試作と特性評価を行った。分光放射照度（紫外）の短波長域への校正範囲拡張に向けた校正装置前置光学系のスループット最適化、分光応答度（紫外、可視、近赤外）の校正範囲拡張（オーバーフィル条件）に向けた光ホモジナイザ評価と改良による光学系整備・ビーム均整度改善を進めた。

【平成25年度計画】

- 線量当量標準の開発に向け、中硬 X 線領域の線量当量標準の不確かさの評価を行う。低線量率 γ 線の線量標準を構築するための装置開発を行う。低レベル放射能測定の実験に用いることが出来る、放射性セシウムを含む魚の認証標準物質を開発する。カリホルニウム線源を用いた連続スペクトル中性子フルエンス標準（重水減速）の供給を開始するとともに、高エネルギー中性子フルエンス標準の開発を行う。

【平成25年度実績】

- 線量当量標準の開発に向け、中硬 X 線領域の線量当量標準の不確かさの評価を行った。低線量率 γ 線の線量標準を構築するための装置開発を行い、標準供給を開始した。低レベル放射能測定の実験に用いることが出来る、放射性セシウムを含む魚試料の標準物質開発を行った。カリホルニウム線源を用いた連続スペクトル中性子フルエンス標準（重水減速）の供給を開始するとともに、高エネルギー中性子フルエンス標準の絶対測定手法を開発した。

【平成25年度計画】

- 校正対象を白金コバルト抵抗温度計に拡大するとともに、極低温抵抗温度計標準供給の立ち上げに必要なヘリウム3融解圧の測定を行う。1492℃の共晶点セルを用いて高温用熱電対を校正する依頼試験を開始する。高温領域の放射温度では、SI トレサブルな光検出器を上位標準とした、放射温度計の絶対感度校正システムの不確かさの低減を図る。

【平成25年度実績】

- 校正対象を白金コバルト抵抗温度計に拡大し、極低温抵抗温度計標準供給の立ち上げに必要なヘリウム3融解圧の測定を行った。1492℃の共晶点セルを用いて白金パラジウム熱電対を校正する依頼試験の開始を予定していたが、第2期計量標準整備計画に1600℃までの R 熱電対校正が盛り込まれたことを受けて計画を見直し、必要となる1324℃CR 熱電対校正を開始した。放射温度計の絶対感度校正システムにおける不確かさを低減した。

【平成25年度計画】

- 気中粒子数濃度の校正において、これまで校正可能範囲外であった0.5から10マイクロメートルの範囲において、インクジェット技術を利用した粒子発生器型標準を利用する校正の不確かさ評価を行う。これにもとづき、光散乱式粒子計数器を校正対象として、この粒径範囲における校正可能性を実証する。

【平成25年度実績】

- インクジェット技術を利用した発生器型気中粒子数濃度標準について粒径範囲0.5 μm ～10 μm での不確かさ評価を行った。その結果、粒径範囲0.5 μm ～5 μm では、発生器出口の粒子数濃度の相対標準不確かさが5%以下であり、光散乱式凝縮粒子計数器に対し十分な精度の校正が可能であることを確認した。

2-(2)-③ 中小企業の技術開発力向上に資する計量標準

【第3期中期計画】

- 中小企業の技術開発力の向上に不可欠な計量標準として、9種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

【平成25年度計画】

- 7.2V パッケージを完成させる。分圧器の設計を終了し、プロトタイプ製作・基本特性評価を行う。抵抗の二次標準機に関しては10 Ω を商品化する。1k Ω の評価を引き続き行う。交流電圧計の標準では、不確かさの評価を行い電圧実効値1Vの交流電圧計標準を完成させる。

【平成25年度実績】

- 7.2V の基本部分が完成し、温度係数等の評価を行っ

た。電圧が極めて安定なため、小型にもかかわらず既存市販品と同等の性能を示した。得られた温度係数等のデータから、必要な断熱性能への指針が得られ、パッケージ作製の目処が立った。共同研究先の方針で、パッケージをより安定化させる開発を優先させ、分圧器の設計・開発は来年度以降とした。10Ω抵抗器の商品化が完了し、共同研究先から販売が開始された。交流電圧計の標準では、既存校正システムの電圧範囲を拡大し実効値1Vの交流電圧計標準を完成させた。

【平成25年度計画】

- ・同軸高周波減衰量標準について、40GHz～50GHz帯の拡張開発を進める。テラヘルツ帯標準に関して時間領域分光測定方式の精度評価技術の開発を進める。微小アンテナ係数（ループアンテナ標準）に関し、9kHz～30MHzの周波数範囲における校正周波数点数を拡張することにより標準を供給する。

【平成25年度実績】

- ・同軸高周波減衰量標準に関し、高周波受信システムの改良を行い、40GHz～50GHz帯拡張を完了した。テラヘルツ帯標準に関し、時間領域分光測定方式の精度評価のため、線形性評価デバイスの新規開発、テラヘルツ帯電力センサのプロトタイプ開発を行った。微小アンテナ係数に関し、9kHz～30MHz帯の校正周波数点数拡張のため、LF伝送測定システムの改良と拡張に伴う不確かさの再評価を行ったが、並行して国際比較を進めており、その結果に基づいて標準供給を開始するため計画をH26年度に先送りした。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

【第3期中期計画】

- ・我が国の計量関係団体、機関への参画や、計量標準総合センター（NMIJ）計測クラブの運営を通じて、計量トレーサビリティ体系に関するニーズ調査や分析を行う。その成果に基づき、政府の計量トレーサビリティ施策に対する技術的支援を、知的基盤整備特別委員会や計量行政審議会等を通じて行う。

2-(3)-① 計量標準政策に関する調査と技術支援

【第3期中期計画】

- ・我が国の計量関係団体、機関への参画や、計量標準総合センター（NMIJ）計測クラブの運営を通じて、計量トレーサビリティ体系に関するニーズ調査や分析を行う。その成果に基づき、政府の計量トレーサビリティ施策に対する技術的支援を、知的基盤整備特別委員会や計量行政審議会等を通じて行う。

【平成25年度計画】

- ・計測標準フォーラムやNMIJ計測クラブにおいて、技術的な情報交換と計量標準や計量トレーサビリティ

体系に関するニーズの把握を継続するとともに、より効果的な開催方法を検討する。

【平成25年度実績】

- ・計測標準フォーラム講演会をH25年11月に開催した。産業の安全・安心を支える標準物質と題して、従来物理標準が中心であった同講演会において化学標準、標準物質関係にテーマを拡げ最新情報の提供と意見交換を行った。従来個別に開催していた計測クラブにおいて、2件の合同クラブを開催した。またH26年1月に全計測クラブの概要を紹介する計測クラブ総会を開催し、クラブ相互の連携を深めた。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

【第3期中期計画】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、事業者認定のための技術審査、技能試験の実施、技術的な指針やガイド等の審査基準文書作成を通して計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行い、JCSS等の普及及び拡大に貢献する。

2-(4)-① 計量標準供給制度への技術支援

【第3期中期計画】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、事業者認定のための技術審査、技能試験の実施、技術的な指針やガイド等の審査基準文書作成を通して計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行い、JCSS等の普及及び拡大に貢献する。

【平成25年度計画】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、認定機関が実施する事業者認定において、技術審査、技能試験参照値等の提供、審査に係る技術的な指針やガイド等の文書作成等において、協力を行い、JCSS等を通じ計量トレーサビリティのさらなる普及、拡大を図る。

【平成25年度実績】

- ・計量トレーサビリティの普及、拡大のために、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、認定機関が実施する事業者認定に関し、100件の技術審査への協力、15件の技能試験参照値の提供、39件の技術指針等の作成に協力した。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

【第3期中期計画】

- ・産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、校正のコスト低減や効率性向上に必要な技術を自ら開発又は業界との連携の下で開発を行うとともに、開発した技術を適用した校正等を実施する。新たな供給方法として、産業現場で直接校正可能な技術等の開発を行い、トレーサビリティ体系の合理

化を図る。

2-(5)-① 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

【第3期中期計画】

- ・産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、校正のコスト低減や効率性向上に必要な技術を自ら開発又は業界との連携の下で開発を行うとともに、開発した技術を適用した校正等を実施する。新たな供給方法として、産業現場で直接校正可能な技術等の開発を行い、トレーサビリティ体系の合理化を図る。

【平成25年度計画】

- ・NMIJ にトレーサブルな標準物質の供給に関しては、24年度に引き続き産総研依頼試験による純度校正サービスの範囲を拡大し、これまでと合わせて200物質以上の校正サービスを行う。また、核磁気共鳴法による有機化合物の校正技術に関しては、リンに関して、基準物質の開発と測定法の標準化を進め、世界に先駆けて校正技術を実用化する。

【平成25年度実績】

- ・NMIJ にトレーサブルな標準物質の供給に関しては、これまで整備を行ってきた農薬類標準物質のロット更新への対応として73件の校正証明書を発行した。一方、範囲の拡大として、アミノ酸類やビタミンなど健康関連分野への対応を図り、当該分野を中心に新たに18物質の純度校正を可能にし、依頼試験による純度校正サービスの対象物質をこれまでと合わせて169物質に拡充した。また、核磁気共鳴法による有機化合物の校正技術に関しては、需要の観点からフッ素を優先して基準物質の開発を行った。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

【第3期中期計画】

- ・法定計量業務について、品質管理の下に適正な試験検査、承認業務を実施する。特定計量器の利用状況の調査等を通して計量行政を支援するとともに、計量器の信頼性を検証するための適合性評価システムの整備・普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

【第3期中期計画】

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験、型式承認審査等の技術的な試験検査業務を国際標準に基づく品質管理の下に適正に実施する。さらに特定計量器の技術規格整備や法定計量体系の高度化、合理化、国際化等の政策課題に関して、利用者、製造事業者及び民間認証機関への調査を通して、計量行政への支援を行う。

3-(1)-① 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援 【第3期中期計画】

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験、型式承認審査等の技術的な試験検査業務を国際標準に基づく品質管理の下に適正に実施する。さらに特定計量器の技術規格整備や法定計量体系の高度化、合理化、国際化等の政策課題に関して、利用者、製造事業者及び民間認証機関への調査を通して、計量行政への支援を行う。

【平成25年度計画】

- ・法定計量業務を適正かつ着実に実施する。関連する品質マニュアル等を継続して整備し、法定計量業務の実施に必要な法体系の運用を行う。基準器検査については、JCSS の活用を念頭にした合理的な検査方法の検討を推進する。計量器の JIS 化については、昨年度の検討会の結果を受け、非自動はかり、ガスメーターの改訂、振動レベル計、騒音計及び濃度計の草案作成を目指す。法定計量クラブを初めとして、積極的に現在の法定計量の問題点等について、情報の発信を進め、適切な法定計量の実施に反映させるための検討を行う。

【平成25年度実績】

- 1) 品質マニュアルを適切に管理するとともに同マニュアルに基づく法定計量業務を着実に実施した。
- 2) 各種の計量行政会議等に委員として出席し、計量法上の技術的解釈への調査及び支援業務を行った。
- 3) タクシーメーター (JIS D5609) を含む5機種に関する規格調整委員会に出席し JIS の発行と検則引用への作業に協力した。
- 4) 非自動はかり (JIS B7611) を含む6機種の JIS 原案作成委員会に委員長 (又は委員) として原案を作成した。
- 5) 西日本地域の県行政機関を全て訪問し、基準器利用の実態を調査した。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

【第3期中期計画】

- ・特定計量器について、技術基準の国際整合化を図り、その技術基準に基づき製造される特定計量器の新たな適合性評価技術の開発、整備を行う。また、一般計測、分析器及びそれが生み出す測定結果の信頼性を評価する技術の開発を行い、評価基準の作成、普及を図る。さらに、一般計測器、分析器の内蔵ソフトウェア、計測器モジュールの評価技術基準を作成し、普及を図る。

3-(2)-① 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

【第3期中期計画】

- ・特定計量器について、技術基準の国際整合化を図り、その技術基準に基づき製造される特定計量器の新たな適合性評価技術の開発、整備を行う。また、一般計測、

分析器及びそれが生み出す測定結果の信頼性を評価する技術の開発を行い、評価基準の作成、普及を図る。さらに、一般計測器、分析器の内蔵ソフトウェア、計測器モジュールの評価技術基準を作成し、普及を図る。

【平成25年度計画】

- ・自動はかりの JIS 化事業を開始するとともに、将来の計量証明書発行へ向けた、評価方法の検討を行う。また、水道メーターの計量証明書発行についても、業界ニーズの要望を受け、発行へ向けての検討を行う。国際化への対応については、OIML 又は IEO 会議等に積極的に参加し我が国の意見を反映させるとともに関連業界に対する情報提供を行う。また、改訂された国際基準については、速やかに国内基準への整合化を進める。

【平成25年度実績】

- 1) 自動はかりの一種であるホッパースケール (JIS B7603) に関する原案を作成した。
- 2) 新たな OIML 適合証明書の対象機種として OIML R49 (水道メーター) の発行に関する手続き及び業界との調整が完了した。
- 3) OIML TC6、TC8、TC9及び TC17に参加した。特に、OIML TC6における OIML R87 (包装商品の正味量) では、我が国の提案に基づき議論が行われた。
- 4) 国際法定計量調査研究委員会における各種の作業委員会及び分科会に専門家を派遣し約20の国際文書の審議に協力した。

4. 国際計量標準への貢献

【第3期中期計画】

- ・計量にかかわる国内の技術動向の調査に基づいて、計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画する。特に我が国の技術を反映した計量システムや先進的な計量標準を諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約の下、メンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、二国間 MOU (技術協力覚書) の締結、維持により、製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器の適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力を行う。

4-(1) 次世代計量標準の開発

【第3期中期計画】

- ・国際計量標準の構築において我が国の優位性を発揮するため、秒の定義やキログラムの定義等を改定する革新的な計量標準の開発を世界に先駆けて行う。その成果を国際度量衡委員会 (CIPM)、同諮問委員会、作業部会等を通して国際計量標準に反映させる。また、環境、医療、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、エネルギー関連等の先端産業技術を支援する戦略的な

計量標準に関しては、先進国の計量標準研究所との競争と協調の下に効率的に開発を進める。

4-(1)-① 次世代計量標準の開発

【第3期中期計画】

- ・新たな光学部品および高精度測温ブリッジなどを用い、レーザー干渉計による球体体積測定精度を $2e-8$ にまで高める。分光エリプソメーターによる球体全面にわたる表面酸化膜厚さ測定および放射光を利用した結晶の格子面間隔の分布測定の準備を整える。これらの測定装置により、アボガドロ国際プロジェクトで製作したシリコン28同位体濃縮結晶球体の体積および球体表面酸化膜厚さを測定する。さらにシリコン28同位体濃縮結晶の格子面間隔の分布測定を行う。これらの結果を基に、 $2e-8$ の相対不確かさでのアボガドロ定数決定を目指す。

【平成25年度計画】

- ・新たな光学部品および高精度測温ブリッジなどを用い、レーザー干渉計による球体体積測定精度を $2e-8$ にまで高める。分光エリプソメーターによる球体全面にわたる表面酸化膜厚さ測定および放射光を利用した結晶の格子面間隔の分布測定の準備を整える。これらの測定装置により、アボガドロ国際プロジェクトで製作したシリコン28同位体濃縮結晶球体の体積および球体表面酸化膜厚さを測定する。さらにシリコン28同位体濃縮結晶の格子面間隔の分布測定を行う。これらの結果を基に、 $2e-8$ の相対不確かさでのアボガドロ定数決定を目指す。

【平成25年度実績】

- ・球体体積評価用レーザー干渉計の精度を $2e-8$ に高めた。分光エリプソメーターによる表面酸化膜厚さ測定および放射光による結晶の格子面間隔分布測定の準備を整えた。アボガドロ定数を $2e-8$ の精度で決定するために必須であったシリコン28同位体濃縮結晶球体をより真球に近づけるための特殊な研磨が完了したが、極めて難易度の高い研磨のため予想以上に時間がかかった。ヨーロッパのアボガドロ国際プロジェクト参加研究機関でのシリコン28同位体濃縮結晶球体を用いた測定が開始されているが、産総研での測定には至らなかった。

【平成25年度計画】

- ・Yb 及び Sr 光格子時計の周波数比の計測を行い、マイクロ波周波数標準の限界を超えた評価を行う。また、時計レーザ雑音の時計周波数への影響を低減させるために、2つの光格子時計の同時測定を行う。さらに、光格子時計の時計レーザ性能向上のために、波長 1.5mm のレーザを高フィネス光共振器に周波数安定化し、線幅狭窄を行う。

【平成25年度実績】

- ・ Yb 及び Sr 光格子時計の周波数の同時測定を行い、両時計の周波数比をマイクロ波周波数標準の不確かさを超える精度で測定した。その結果、Yb 及び Sr の時計遷移周波数比を 1.5×10^{-15} の不確かさで決定した。さらに、光格子時計の時計レーザ性能向上のために、波長 $1.5 \mu\text{m}$ のレーザを高フィネス光共振器に周波数安定化し、線幅狭窄及び周波数安定化を行った。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

【第3期中期計画】

- ・ 国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制 (MRA) 及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め (MAA) を発展させる活動に率先して取り組む。具体的にはメートル条約に係る国際機関、地域機関において技術委員会の主査を務める等、主導的な活動を行う。また、国際貢献の観点から通商の基盤となる計量標準確立への途上国支援を行う。

4-(2)-① 計量標準におけるグローバルな競争と協調

【第3期中期計画】

- ・ 国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制 (MRA) 及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め (MAA) を発展させる活動に率先して取り組む。具体的にはメートル条約に係る国際機関、地域機関において技術委員会の主査を務める等、主導的な活動を行う。また、国際貢献の観点から通商の基盤となる計量標準確立への途上国支援を行う。

【平成25年度計画】

- ・ 国際計量研究連絡委員会を開催し、計量標準、法定計量に関する我が国の意見を取りまとめ、メートル条約の国際度量衡委員会、諮問委員会や国際法定計量委員会へ適切な専門家を派遣する。また、メートル条約の国際機関、地域機関において技術委員長等のポストを継続して獲得する。さらに、途上国の国家計量機関からの産総研への研修生の受け入れにおいて、関係機関との調整を行う。特にアジア太平洋計量計画 (APMP) 加盟の途上国に対しては、実情にあった支援プログラムの検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・ 国際度量衡委員ポストを継続して獲得し、メートル条約の国際度量衡委員会、諮問委員会、作業部に専門家を派遣した。我が国の対処方針を議論する国際計量研究連絡委員会を2回開催した。国際法定計量委員会に専門家を派遣し、国際法定計量委員会第二副委員長のポストを新規に獲得した。アジア太平洋計量計画では、技術委員長のポスト3件を継続し、新規に1件を獲得した。海外計量機関から3名の産総研技術研修生受け入れを調整した。また東南アジアの計量ネットワークの構築を推進するための支援プログラムを立ち上げ

た。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

【第3期中期計画】

- ・ 製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための調査、技術開発を行う。また、受入れに必要となる二国間 MOU (技術協力覚書) の締結、維持等の国際協力を行う。

4-(3)-① 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

【第3期中期計画】

- ・ 製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための調査、技術開発を行う。また、受入れに必要となる二国間 MOU (技術協力覚書) の締結、維持等の国際協力を行う。

【平成25年度計画】

- ・ 計量に関する二国間の MoU に基づいて、引き続き計量標準の同等性に関する技術協力について相手国の機関との調整を行う。具体的には、外国の国家計量標準機関に対してピアレビューアの派遣、招聘や計量標準の国際比較について調整を行う。日中計量標準会議及び日韓計量計測標準協力委員会への参加団の派遣に協力する。

【平成25年度実績】

- ・ 計量に関する二国間の MoU に基づいて、相手国の機関と技術専門家やピアレビューアの派遣、招聘の調整を行った。第11回 NMIJ-KRISS 所長会談 (韓国) に参加団を派遣し、第36回日韓計量計測標準協力委員会 (日本) を開催した。また第10回日中計量標準会議 (中国) に参加団を派遣した。

5. 計量の教習と人材の育成

【第3期中期計画】

- ・ 法定計量業務に対応できるよう、国内の法定計量技術者の技術力向上を図るための教習を企画、実施する。公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者に対し、計量標準技術と品質システムの研修を行い、人材育成を行う。

5-(1) 計量の教習

【第3期中期計画】

- ・ 計量法に基づき、計量研修センターと計測標準研究部門を中核として法定計量の教習を企画、実施して、国内の法定計量技術者の技術力向上を図る。

5-(1)-① 計量の教習

【第3期中期計画】

- ・計量法に基づき、計量研修センターと計測標準研究部門を中核として法定計量の教習を企画、実施して、国内の法定計量技術者の技術力向上を図る。

【平成25年度計画】

- ・行政機関等の計量職員及び計量士を目指す技術者のため、一般計量、環境計量及び指定製造事業者制度教習等を含む各種の計量教習並びに計量士国家試験合格者を対象とした環境計量及び特定計量証明事業管理者講習の計量講習を行う。また、つくばセンター（さくら館）以外の地域で定常的な教習の実施又は可能性を検討するとともに、効率的かつ効果的な運営を行うための検討を行う。さらに、国際化へのプレゼンスを向上するための実施プログラム、人材及び予算等の検討を行う。

【平成25年度実績】

- ・一般計量（2回）、環境計、短期計量（2回）、指定製造事業者制度、計量行政新人、新任所長、及び幹部職員教習の計量教習、並びに環境計量及び特定計量証明事業管理者講習の計量講習を計画通り実施した。その他、基準タンクの検査についての特定教習を実施した。また、関西センター移転に関連し、法定計量技術科と連携しつくば以外の地域での研修計画を策定した。さらに、国際部門と連携し、APMP・CMM 計測技術研修（Training course of CMM）をタイ国にて実施し研修修了者に認定書を発行した。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

【第3期中期計画】

- ・計量にかかわる公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、啓発、教育、技術トレーニング等の人材育成プログラムの開発を行い、人材育成を行う。また、計量技術者の自発的な成長を促進するため、計量技術に関する情報について体系的に整理を行い、公開する。

5-(2)-① 計量の研修と計量技術者の育成

【第3期中期計画】

- ・計量にかかわる公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、啓発、教育、技術トレーニング等の人材育成プログラムの開発を行い、人材育成を行う。また、計量技術者の自発的な成長を促進するため、計量技術に関する情報について体系的に整理を行い、公開する。

【平成25年度計画】

- ・計量関係技術者を対象とした技術研修事業として、計測の不確かさ研修又は分析技術者研修を行う。また、

環境計量においては、主として、騒音・振動に関する環境計量講習修了者を対象とした新たな環境計量士スキルアップ研修を行い、濃度分野においてはスキルアップ研修の検討及びアンケート調査を行う。

【平成25年度実績】

- ・当初の計画通り、計測の不確かさ研修を実施した。騒音・振動のスキルアップ研修については、適切な実習場所等の選定・準備が予想以上に難航したため、実施を見送った。濃度分野のスキルアップ研修については検討の端緒として、各教習・講習後に行ったアンケートの回答に基づく見直しを行った。

【平成25年度計画】

- ・計量技術者の技術向上に資する技術文書をホームページに掲載するとともに、計量技術者を対象とした計量標準に関するセミナー、講演会を実施する。

【平成25年度実績】

- ・計量標準報告などを通じて、調査資料や技術文書を9件ホームページに掲載した。また、計量技術者を対象とする、NMIJ 成果報告会、NMIJ 標準物質セミナーを開催するとともに、NITE 主催の JCSS20周年シンポジウムにおける後援、日本品質保証機構主催のマネジメントシステムのための計量計測トレーサビリティ講演会の後援と講師派遣を通じて、計量標準の啓発を図った。

5. 職員

平成25年度形態別・機能別職員数

所属名称	役員	職員	研究職						事務職等	総計
			(内)パーマ ネット	(内)招へい 任期付	(内)博士型 任期付	(内)研究テ ーマ型	(内)産業技 術人材 育成型			
理事	11									11
監事	2									2
参事		1							1	1
フェロー										
環境・エネルギー分野		1	1	1						1
ライフサイエンス分野		1	1	1						1
情報通信・エレクトロニクス分野		1	1	1						1
ナノテクノロジー・材料・製造分野		1	1	1						1
計測・計量標準分野		1	1	1						1
地質分野		1	1	1						1
糖鎖医工学研究センター		7	7	6	1					7
新燃料自動車技術研究センター		13	13	10		2		1		13
生命情報工学研究センター		12	12	10	1	1				12
生産計測技術研究センター		27	27	22		4		1		27
ナノチューブ応用研究センター		21	21	13		4		4		21
ネットワークフォトンクス研究センター		14	14	8		2		4		14
サービス工学研究センター		18	18	17		1				18
メタンハイドレート研究センター		11	11	5		2	4			11
活断層・地震研究センター		29	29	21	1	3		4		29
幹細胞工学研究センター		18	18	14		2		2		18
集積マイクロシステム研究センター		23	23	16		5		2		23
コンパクト化学システム研究センター		27	27	24		1		2		27
先進パワーエレクトロニクス研究センター		25	25	19		3	1	2		25
デジタルヒューマン工学研究センター		15	15	12		1		2		15
ナノスピントロニクス研究センター		14	14	9	1	3		1		14
太陽光発電工学研究センター		28	28	21		1	4	2		28
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		21	21	16		3	1	1		21
バイオマスリファイナリー研究センター		16	16	12		2		2		16
創薬分子プロファイリング研究センター		11	11	9		1		1		11
触媒化学融合研究センター		19	19	17		1		1		19
再生可能エネルギー研究センター		17	17	12		5				17
計測標準研究部門		242	242	234		5		3		242
地圏資源環境研究部門		60	60	50		4		6		60
知能システム研究部門		71	71	65		3		3		71
計測フロンティア研究部門		54	54	45		4		5		54
ユビキタスエネルギー研究部門		75	75	68		3		4		75
先進製造プロセス研究部門		105	105	93		6		6		105
サステナブルマテリアル研究部門		54	54	48		4		2		54
地質情報研究部門		108	108	95		5	1	7		108
環境管理技術研究部門		62	62	49		6		7		62
環境化学技術研究部門		40	40	33		4	1	2		40
エネルギー技術研究部門		112	112	99		5		8		112
情報技術研究部門		34	34	28		2		4		34
安全科学研究部門		45	45	39		2	2	2		45
健康工学研究部門		63	63	58		3		2		63
生物プロセス研究部門		67	67	56		5		6		67
バイオメディカル研究部門		83	83	76	1	2		4		83
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		82	82	75		3		4		82
ナノシステム研究部門		94	94	86	1	3		4		94
ナノエレクトロニクス研究部門		50	50	44	1	3		2		50
電子光技術研究部門		59	59	57		2				59
セキュアシステム研究部門		32	32	27	1	3		1		32
環境・エネルギー分野研究企画室		9	8	8					1	9
ライフサイエンス分野研究企画室		8	6	6					2	8
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室		9	7	6				1	2	9

資料

所属名称	役員	職員	研究職					事務職等	総計	
			(内)パーマ ネット	(内)招へい 任期付	(内)博士型 任期付	(内)研究テ ーマ型	(内)産業技 術人材 育成型			
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室		7	6	6				1	7	
計測・計量標準分野研究企画室		5	4	4				1	5	
地質分野研究企画室		7	6	6				1	7	
地質調査情報センター		19	6	6				13	19	
地質標本館		16	9	9				7	16	
計量標準管理センター		26	19	19				7	26	
企画本部		64	42	42				22	64	
コンプライアンス推進本部		11	3	3				8	11	
イノベーション推進本部		14	14	14					14	
イノベーション推進企画部		20	12	12				8	20	
知的財産部		25	6	5	1			19	25	
産学官連携推進部		45	7	7				38	45	
国際部		18	8	8				10	18	
ベンチャー開発部		8	2	2				6	8	
国際標準推進部		9	5	5				4	9	
イノベーションスクール		1	1	1					1	
つくばイノベーションアリーナ推進本部		27	13	11	1	1		14	27	
研究環境安全本部										
研究環境安全企画部		24	3	3				21	24	
環境安全管理部		26	11	10	1			15	26	
研究環境整備部		21						21	21	
情報環境基盤部		16	3	3				13	16	
総務本部										
人事部		63	6	6				57	63	
財務部		41						41	41	
ダイバーシティ推進室		4	3	3				1	4	
業務推進支援部		11						11	11	
評価部		20	17	17				3	20	
広報部		23	4	4				19	23	
監査室		4						4	4	
東京本部		1						1	1	
北海道センター		21	6	6				15	21	
東北センター		16	5	5				11	16	
つくばセンター		2	2	2					2	
つくばセンターつくば中央第一事業所		12						12	12	
つくばセンターつくば中央第二事業所		37						37	37	
つくばセンターつくば中央第三事業所		12						12	12	
つくばセンターつくば中央第四事業所		12						12	12	
つくばセンターつくば中央第五事業所		19	1	1				18	19	
つくばセンターつくば中央第六事業所		15						15	15	
つくばセンターつくば中央第七事業所		15						15	15	
つくばセンターつくば西事業所		21						21	21	
つくばセンターつくば東事業所		15						15	15	
臨海副都心センター		22	4	4				18	22	
中部センター		32	8	8				24	32	
関西センター		39	10	10				29	39	
中国センター		13	3	3				10	13	
四国センター		13	3	3				10	13	
九州センター		13	2	2				11	13	
福島再生可能エネルギー研究所		10	3	3				7	10	
職員合計	13	2926	2262	1997	11	125	14	115	664	2939

