

AIST

平成23年度

産業技術総合研究所年報



独立行政法人
産業技術総合研究所
<http://www.aist.go.jp>

目 次

I. 総 説	1
1. 概 要	1
2. 動 向	3
3. 幹部名簿	14
4. 組 織 図	15
5. 組織編成	16
II. 業 務	19
1. 研 究	19
(1) 研究推進組織等	21
1) 環境・エネルギー分野	23
①研究統括・副研究統括・研究企画室	23
②バイオマス研究センター	23
③水素材料先端科学研究センター	28
④新燃料自動車技術研究センター	33
⑤メタンハイドレート研究センター	38
⑥コンパクト化学システム研究センター	42
⑦先進パワーエレクトロニクス研究センター	47
⑧太陽光発電工学研究センター	50
⑨ユビキタスエネルギー研究部門	56
⑩環境管理技術研究部門	62
⑪環境化学技術研究部門	75
⑫エネルギー技術研究部門	83
⑬安全科学研究部門	100
2) ライフサイエンス分野	109
①研究統括・副研究統括・研究企画室	109
②糖鎖医工学研究センター	109
③生命情報工学研究センター	117
④バイオメディシナル情報研究センター	129
⑤幹細胞工学研究センター	134
⑥健康工学研究部門	143
⑦生物プロセス研究部門	153
⑧バイオメディカル研究部門	161
⑨ヒューマンライフテクノロジー研究部門	182
⑩特許生物寄託センター	193
3) 情報通信・エレクトロニクス	194
①研究統括・副研究統括・研究企画室	194
②情報セキュリティ研究センター	194
③ネットワークフォトンクス研究センター	201
④デジタルヒューマン工学研究センター	204
⑤ナノスピントロニクス研究センター	210
⑥サービス工学研究センター	213
⑦フレキシブルエレクトロニクス研究センター	217
⑧知能システム研究部門	222
⑨情報技術研究部門	229
⑩ナノエレクトロニクス研究部門	237

⑪電子光技術研究部門	250
⑫社会知能技術研究ラボ	257
⑬強相関電子科学技術研究コア	259
⑭ナノデバイスセンター	260
4) ナノテクノロジー・材料・製造分野	265
①研究統括・副研究統括・研究企画室	265
②ナノチューブ応用研究センター	265
③集積マイクロシステム研究センター	271
④先進製造プロセス研究部門	280
⑤サステナブルマテリアル研究部門	295
⑥ナノシステム研究部門	303
⑦ダイヤモンド研究ラボ	315
5) 標準・計測分野	318
①研究統括・副研究統括・研究企画室	318
②生産計測技術研究センター	318
③計測標準研究部門	324
④計測フロンティア研究部門	346
⑤計量標準管理センター	354
⑥計量標準総合センター	355
6) 地質分野	374
①研究統括・副研究統括・研究企画室	374
②活断層・地震研究センター	374
③地圏資源環境研究部門	381
④地質情報研究部門	388
⑤地質調査情報センター	407
⑥地質標本館	412
⑦深部地質環境研究コア	416
⑧地質調査総合センター	417
7) フェロー	418
(2) 内部資金	419
(3) 外部資金	441
1) 国からの外部資金	444
①経済産業省	444
②文部科学省	472
③環境省	485
④その他省庁	491
2) 国以外からの外部資金	498
①新エネルギー・産業技術総合開発機構	498
②その他公益法人	531
3) その他の収入	650
2. 事業組織・本部組織業務	847
(1) 事業組織	847
1) 東京本部	848
2) 北海道センター	848
3) 東北センター	849
4) つくばセンター	851

5) 臨海副都心センター	852
6) 中部センター	853
7) 関西センター	854
8) 中国センター	855
9) 四国センター	856
10) 九州センター	857
(2) 本部組織	859
1) 企画本部	860
2) コンプライアンス推進本部	860
3) イノベーション推進本部	861
①イノベーション推進企画部	861
②知的財産部	862
③産学官連携推進部	864
④国際部	880
⑤ベンチャー開発部	894
⑥国際標準推進部	896
⑦つくばイノベーションアリーナ推進部	901
4) 研究環境安全本部	902
①研究環境安全企画部	902
②環境安全管理部	903
③研究環境整備部	904
④情報環境基盤部	907
⑤情報化統括責任者	907
5) 総務本部	908
①人事部	908
②財務部	909
③ダイバーシティ推進室	910
④業務推進企画室	910
6) 評価部	910
7) 広報部	911
III. 資料	935
1. 研究発表	936
2. 兼業	937
3. 中期目標	938
4. 中期計画・年度計画	948
5. 職員	1044

I . 総 説

I. 総 説

1. 概 要

任 務：

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

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

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

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

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

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

組 織：

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

研究推進組織としては、「研究ユニット」、「研究企画室」、「特許生物寄託センター」、「地質調査情報センター」、「地質標本館」、「計量標準管理センター」、「ナノデバイスセンター」を設置した。このうち、「研究ユニット」には、限定的・集中的に重要テーマに取り組む「研究センター」、中長期戦略に基づき継続的テーマに取り組む「研究部門」、研究センター化を目指して分野融合性の高いテーマ等に機動的・限定的に取り組む「研究ラボ」の3つの形態がある。また、事業組織として、「東京本部」、「北海道センター」、「東北センター」、「つくばセンター」、「臨海副都心センター」、「中部センター」、「関西センター」、「中国センター」、「四国センター」、「九州センター」を、本部組織として、「企画本部」、「コンプライアンス推進本部」、「イノベーション推進本部」、「研究環境安全本部」、「総務本部」、「評価部」、「広報部」を設置した。

総説

平成24年3月31日現在、常勤役員13名、研究職員2,319名、事務職員668名の合計3,000名である。

沿革：

① 平成13年1月

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

② 平成13年4月

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

③ 平成17年4月

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

産業技術総合研究所の業務の根拠法：

- ① 独立行政法人通則法 (平成11年7月16日法律第103号)
(最終改正：平成23年6月24日 (平成23年法律第74号))
- ② 独立行政法人産業技術総合研究所法 (平成11年12月22日法律第203号)
(最終改正：平成19年5月11日 (平成19年法律第36号))
- ③ 独立行政法人通則法等の施行に伴う関係政令の整備及び経過措置に関する政令
(平成12年6月7日政令第326号)
- ④ 独立行政法人産業技術総合研究所の業務運営並びに財務及び会計に関する省令
(平成13年3月29日経済産業省令第108号)
(最終改正：平成22年11月26日経済産業省令第59号)

主務大臣：

経済産業大臣

主管課：

経済産業省産業技術環境局技術振興課

産業技術総合研究所の事業所の所在地（平成24年3月31日現在）：

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

2. 動 向

産総研の分野別年間研究動向の要約

I. 環境・エネルギー分野

1. 分野の目標

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

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

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

(2) 省エネルギーのための技術開発

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

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

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

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

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

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

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

2. 分野の組織構成

環境・エネルギー分野では、7つの研究センター（太陽光発電工学研究センター、バイオマス研究センター、水素材料先端科学研究センター、新燃料自動車技術研究センター、メタンハイドレート研究センター、コンパクト化学システム研究センター、先進パワーエレクトロニクス研究センター）、5つの研究部門（ユビキタスエネルギー研究部門、環境管理技術研究部門、環境化学技術研究部門、エネルギー技術研究部門、安全科学研究部門）を中心に研究開発を行っている。

なお、環エネ分野以外の5研究分野とも強く連携を取りつつ、上記重点戦略達成に向け、研究開発を進めている。

3. 主な研究動向

平成23年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 再生可能エネルギーの導入を拡大する技術の開発

- 太陽光発電技術において、産総研で開発した技術と企業の得意とする技術を組み合わせることで、高効率な集積型フレキシブル CIGS サブモジュールを実現し、ガラス基板上の太陽電池と性能が同等のサブモジュールの作製に成功した。小面積セルでは、CIGS 光吸収層の製膜時のセレン／金属比を最適化することで、変換効率を向上することに成功した。有機薄膜太陽電池では、新材料の導入によりセル変換効率において7%、モジュール変換効率において3%を達成した。
- 電力変換エレクトロニクス技術の開発において、超低損失化が期待できる独自の IEMOS 構造を用いた1.2kV-

10A 級 SiC-MOSFET の量産試作に成功し、インバータ動作を確認した。

(2) 省エネルギーのための技術開発

- ・次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発において、コバルトフリーとなる Li-Fe-Mn 系および Li-Fe-Mn-Ti 系の酸化物正極材料について、250mA/g の高容量化を達成した。またリチウム-空気電池において空気極と並列してキャパシタ電極を設け、正極の瞬間パワー密度を一桁アップさせることに成功した。
- ・燃料電池自動車用酸素貯蔵技術の開発において、放射光 X 線を活用した酸素吸蔵、放出過程の構造変化の観測を進め、これまで捉えられていなかった反応中間相を発見した。
- ・低温水蒸気ガス化プロセスの基盤技術開発において、2塔循環式連続石炭ガス化装置により、熱分解反応の分離のみの場合に比べ生成ガス量が10%増加し、熱分解反応を分離しない場合に比べ、30%のガス収率増加、大型コールドモデルによる実験では、546kg/m²s の循環量を達成した。
- ・燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発において、スタックメーカー4社で耐久試験されたセルスタック試料中に含まれる不純物濃度を ppm レベルで測定し、電極劣化機構を解明した。

(3) 資源の確保と有効利用技術の開発

- ・バイオエタノール製造プロセスにおいては、非硫酸処理である水熱・メカノケミカル処理による酵素糖化性向上機構を解明するとともに、糖化酵素生産菌の遺伝子組み換え技術を開発し、糖化酵素の増強に成功した。その結果、要素技術ごとの実験結果に基づく計算では、エネルギー収支が2.0を超えることを確認した。さらに民間企業と共同で非硫酸処理によるバイオエタノール製造実用化プロセスを開発し、原料処理量日量1トンのパイロットプラントの運転が始まった。
- ・製品等のセンシング選別において、製造年代が異なる約100種の携帯電話について、タンタルコンデンサの使用量の違いに応じた選別（識別精度90%以上）を達成した。一方、基板から剥離した素子群からタンタルコンデンサを分離効率90%以上の精度で高濃縮する複管型気流選別機のパイロット機を完成させ、選別機メーカーとライセンス契約を締結した。

(4) 産業の環境負荷低減技術の開発

- ・エネルギーマネジメントシステムのための技術開発において、一般住宅のエネルギー消費（電気、給湯）を模擬する実験施設の建設と試運転（センサ、監視制御ソフトウェアの調整）を完了した。また、住宅エネルギー需要データベースに蓄積された需要データをもとに、気温など天候との相関および世帯別の特性に着目した解析を実行した。
- ・コンパクトな化学プロセスを実現する技術において、アセトフェノンの水素化触媒反応プロセスを開発し、香料原料として利用される 1-フェニルエタノールの生成を従来法に比較して200%の反応速度で達成した。

(5) グリーン・イノベーションの評価・管理技術の開発

- ・様々な分野での応用が期待されるナノ材料のイノベーションを支えるためのリスク評価及び管理手法を開発中。これは、今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築のためのひな形として位置付けられる。また、事業者による自主管理及び行政的な管理での利用を想定した評価の枠組も開発中。
- ・環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発において、水中のヒ素化合物の連続分析装置に関して、開発当初のバッチ処理と比べて約 1/10の体積で測定可能になるまで測定部を小型化し、エネルギー、測定時間等のトータルコストを半減した。

II. ライフサイエンス分野

1. 分野の目標

ライフサイエンス分野では、健康で安心して暮らすことができる健康長寿社会の実現および環境負荷を抑えた持続可能な社会の実現を目指し、新たな健康評価技術や創薬支援技術の開発あるいは個人の状態に合わせて健康維持・増進・回復を支援する技術の開発により、ライフ・イノベーションに貢献する。また、バイオプロセスを用いた環境負荷低減技術の開発によりグリーン・イノベーションに貢献する。

2. 分野の組織構成

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

3. 主な研究動向

以下に平成23年度の主な研究動向を示す。

(1) 健康を守るための先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

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

- 高密度レクチンアレイを用いてヒト ES・iPS 細胞を網羅的に糖鎖プロファイリングした結果、未分化細胞に特異的に反応するレクチンの発見に至った。このレクチンを用いてヒト ES・iPS 細胞を染色する技術を開発した。
- レーザによる未分化細胞除去技術を確立した。また、骨代謝疾患患者細胞から病態解析に適した疾患 iPS 細胞樹立および、iPS 細胞から移植後の安全性が確認されている間葉系幹細胞 (MSC) の誘導に成功した。さらに、移植用他家 MSC の増殖をセルプロセッシングセンター (CPC) にて継続的に行った。再生医療製品製造用除染接続装置の開発においては、産学連携の下、装置プロトタイプの評価を行うとともに、国際標準化活動を展開した。
- iPS 細胞より腎臓細胞へ分化誘導する物質のスクリーニングにおいて、ヒット化合物を得、これらについて詳細な生物活性の検討を開始した。新規因子 Glis1による安全で効率的な初期化法を開発し、既知の山中4因子との結合と Nanog プロモーターへの影響を解析した。
- 液性と接着性の両方の因子を同時にアッセイできる灌流培養チップ(細胞ニッチスクリーニングチップ)を開発、最適な分化誘導条件のスクリーニングを可能にした。ヒト ES 細胞、SeV ベクターで独自に樹立した iPS 細胞の分化指向性を、自由分化系を用いて明らかにした。ヒト iPS 細胞1株に関して自動培養装置を用いた20継代以上の連続培養に成功した。SeVdp-iPS ベクターを用いてヒト末梢血細胞から完全なゲノムを持つ iPS 細胞を複製、これが単球由来であることを確定した。
- ヒト由来幹細胞の細胞表面マーカーを利用した高心筋分化能幹細胞選別・評価技術については基本的な実証実験を終了した。また、消化管前駆細胞表面マーカーについても新規マーカーを発見した。鼻嗅球から取り出した神経幹細胞を利用してインスリン陽性の細胞を作成し、その血糖値低下作用から糖尿病治療に応用できる可能性を見出した。
- 骨髄増殖性腫瘍における変異型 JAK2遺伝子量 (tumor burden) の簡便、低コスト、正確な JAK2点突然変異率の定量技術を確立し、大学病院等と連携して臨床サンプルの定量に適用した。また、米国国立標準技術研究所 (NIST) との共同研究を実施し、次世代 DNA シークエンサを利用した核酸標準物質の評価技術を開発した。また、企業と連携し、昨年度開発に成功した簡便、低コスト遺伝子定量技術 (Universal Qprobe 法) の事業化を進めた。
- 実時間型の1分子 DNA シークエンシング技術の開発では、試作した装置を用いて、ポリメラーゼが連続して取り込む蛍光標識した塩基の数を評価した。その結果、50個以上へ拡張は未達成であったものの、蛍光標識塩基の改良により取込み効率が改善され、取込み数を増やすことが可能なことを示唆するデータが得られた。また、DNA ポリメラーゼの探索では、室温で使用できる酵素を発見した。
- 卵巣がんマーカーの迅速測定系を構築した。肝臓の線維化、肝細胞がん、胆管がんのマーカーについて実用化開発を進め、技術移転を進めた。肝臓の線維化については、薬事法に基づく製造販売承認の申請を行なうための、データ取得を進める事ができた。
- 抗体医薬品の精製工程で利用されているアフィニティリガンドタンパク質を高機能化するため、野生型タンパク質を分子デザイン法で改良設計し、さらに構築したファージディスプレイライブラリから選別することにより、穏和な弱酸性条件で溶出可能な新規人工タンパク質の開発に成功した。
- 世界で初めて宿主翻訳因子と複合体を形成して機能するウイルス RNA 合成酵素が、RNA 合成を開始し、RNA を伸長していく様子を動画として提示し、翻訳因子の RNA 合成補因子としての役割を発見した。また、tRNA へ修飾塩基 (アグマチンシチジン) を導入する酵素の RNA 認識、反応分子機構を明らかにした。
- 毛包の休止期幹細胞領域で高レベル発現する FGF18について、その皮膚特異的ノックアウトマウスを確立し、毛成長周期に関する表現型を長期間にわたって詳細に解析した。胆汁酸の合成などを調節するホルモン FGF19 が生理的濃度で細胞応答を引き起こすには、硫酸化グリコサミノグリカン糖鎖が不可欠であることを発見した。
- 立体構造に基づくタンパク質間相互作用の分類と化合物ライブラリー空間を対応づける技術を開発した。また、分子動力学計算を用いた創薬研究について、タンパク質間相互作用物性評価や擬陽性化合物を予測する技術開発

を通じて有用なヒット化合物を同定した。

- ・次世代シーケンサ解析支援技術開発について、これまでの技術の改良と、新しく大量配列の機能解析向けに、世界トップ性能の予測法を開発した。
- ・核内構造体の構築機構、機能の解明について、ヒストンローカス体、パラスペックル、スペックルに含まれる機能性 RNA、U7-snRNA、MENe/b、MENa の機能解析を実施し、それぞれが特異的な転写／転写後段階のエピゲノム制御に関連する新しい制御機能を担うことを見出した。さらにその制御に RNA と共に関与する RNA 結合性タンパク質（疾患関連因子を含む）を同定した。また RNA 化学修飾の生合成因子の一つが翻訳後修飾因子として働き、別の生合成因子を修飾していることを明らかにした。
- ・多様な GPCR に対する薬物ドッキング法を開発した。化合物の選択性を、薬らしさの新指標として見出した。仮想化合物を合成しリード展開すべき部位を予測する手法を開発した。界面における原子間 NMR 距離情報を高精度化し、化合物側タンパク質結合面の同定や複合体構造の予測を行う新規手法を開発した。高分子量タンパク質を NMR 観測するため、ピルビン酸の重水素化によるタンパク質の安定同位体標識法を確立した。
- ・生体ネットワーク推定のための基盤技術開発に関し、ネットワークスクリーニングをソフトウェアとして実装し、それを利用して幹細胞に特異的な遺伝子制御ネットワークを絞りこんだ。また高精度パラメータ推定ソフトウェアを開発し、そのアルゴリズムと適用法の論文を発表した。
- ・ES 細胞を用いた毒性試験プロトコルを構築し、様々なネットワーク推定法と機械学習の手法を組み合わせる高性能な環境毒性の予測法を開発した。
- ・マウス組織のグライコプロテオーム分析を拡充して得た約2500種の糖タンパク質データを、開発を進めている糖タンパク質データベース（GlycoProtDB）に格納し、公開、誌上発表の準備を進めた。また糖転移酵素ノックアウトマウスの解析もほぼ完了し、発表準備を進めた。
- ・これまで所内で開発された独自の解析ツール及びソフトウェアを SOAP/REST で利用可能なサービスとして公開した。また統合的に利用する基盤技術の開発を実施し、プラットフォーム型のサービスとして配列解析、RNA 解析、分子解析系とし、3つのワークフローの開発・改良・公開を実施した。基盤技術では、暗号理論を用いた秘密計算による情報保護技術を構築した。
- ・近赤外脳機能計測において、ヒトの脳活動とその他の生理活動から生じる信号を分離する新手法を開発した。また、市販プロジェクトを改造することにより、NIRS と fMRI の同時測定に適用可能な視覚刺激プロジェクトシステムを開発した。Multidistance NIRS の信頼性の評価は、新手法での推定結果との比較の形で進め、両者とも同様な精度を持つとの実験結果が得られた。
- ・放射性 Cs 除去用の実用的な低結晶性 Na バーネサイト吸着剤を開発した。
- ・FET 型イオン電極上に硝酸イオン選択性層状イオン交換体を複合化、硝酸イオンを0.05mM まで可逆的・安定的に測定出来た。
- ・ナノカーボン分散化技術とその光発熱特性を活用し生体内で利用可能な発電素子および遺伝子発現制御システムの開発に成功した。

(2) 健康な生き方を実現する技術の開発

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

- ・ロービジョン者の適正照度に関する歩行実験を行い、標準化提案の準備を行った。また、報知光に関する JIS 原案及びロービジョンに関する JIS/TR（技術報告書）、各1編を作成した。高齢者の聴覚特性及び音声アナウンスの ISO 規格案各1編、並びにアクセシブルデザイン（AD）に関する ISO/TR 案1編の国際審議を進めた。公共空間の音案内の JIS 原案1編を作成した。また、ISO 規格化提案に向けて、国際比較調査を海外3ヶ国で実施した。その他、視覚・触覚に関する AD の ISO 規格3編を新規提案し、審議を開始した。
- ・前年度までに提案した臨床用 MRI で実施可能な MRE 方式を健常者の腹部に対して被験者実験を実施した。この結果、弾性率の分布を示唆する映像を得る事に成功した。穿刺針による切開による組織損傷を微視的に観察する手段を開発した。また、隣接型遠隔手技指導システムを試作、手術室での指導実験を1例実施し、従来よりも具体的でわかりやすく、かつ安全に手技を指導可能であることを確認した。一方、手術室-教育ラボ間の遠隔手術指導症例について、自習システム化に必要な要素を検討した。
- ・心身活動の回復や増進については、運動習慣の精神ストレス時の血流応答に与える効果やフェイシャルマッサージのストレスホルモンなどに与える生理学的な影響を調べた。また、手掌脈波等を用いた生体情報計測技術につ

いては、外乱光雑音の除去と安定な接触状態を維持する機構を開発し、簡易動脈硬化度計測装置は医療機器として製造販売の承認を得た。運動機能訓練やリハビリ技術については、リハビリの進展に応じて負荷を漸増可能なバネを利用したペダル技術と水素吸蔵合金を力源に利用可能な高伸縮性の出力機構を開発した。

- ・脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」において脳活動計測ハードウェアおよび脳情報解読ソフトウェアの開発を進め、長時間（3時間以上）装着可能でデザイン性にも配慮した軽量樹脂製ヘッドギアを開発した。ノイズフルな脳波データに対して適正なフィルタリングや高度なパターン識別技術を導入し、携帯電話のメール作成速度よりも早く作成できる脳内意思解読速度と精度の向上に成功した。また大学医学部や医学系研究機関などとの連携体制を築き、全国の重度障がい者を対象とした体系的訪問実験を開始した。

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

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

- ・大腸菌30S リボソームに含まれる16S rRNA を異種生物由来のものと置換することで、新規な大腸菌変異株の創成を行った。微生物系統的な科（Class）を超えて遠縁のものまでが大腸菌宿主の生育を相補できることを確認した。大腸菌変異株の翻訳特性の多様化も確認された。
- ・2次代謝関連遺伝子の機能解析を行うため、麴菌における2次代謝関連遺伝子の予測手法を、従来よりも大量の遺伝子に対応させるよう改善し、2次代謝関連遺伝子検出精度を向上させるための基盤データベースを構築した。放線菌ゲノム中の2次代謝関連遺伝子を予測するためのアセンブリパイプラインシステムを構築した。

III. 情報通信・エレクトロニクス分野

1. 分野の目標

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

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

2. 分野の組織構成

当分野の研究組織は、6つの研究センター（ネットワークフォトニクス研究センター、ナノスピントロニクス研究センター、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、情報セキュリティ研究センター、サービス工学研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター）、4つの研究部門（知能システム研究部門、ナノエレクトロニクス研究部門、電子光技術研究部門、情報技術研究部門）、1つの研究ラボ（社会知能技術研究ラボ）、およびナノデバイスセンターで構成されている。

3. 主な研究動向

- (1) 高速光スイッチ、不揮発メモリ、フレキシブルディスプレイなどの新しい機能を低エネルギーで発揮するデバイスの開発
 - ・ネットワークフォトニクス研究センターでは、スーパーハイビジョン用放送局舎内 LAN システム技術を開発している。非圧縮スーパーハイビジョンリアルタイム映像を送受し、且つ複数の映像を切り替える技術を開発・実証した。また、より高密度の信号に対して動作する全光ゲートスイッチおよび光信号同期技術などを開発した。
 - ・ナノスピントロニクス研究センターでは、大容量不揮発性メモリ「スピン RAM」に関する基盤技術の開発を行っている。垂直磁化 MTJ 素子において非常に低い素子抵抗と大きな磁気抵抗が両立されたことにより、10Gbit 級の不揮発性メモリ「スピン RAM」の開発が可能になった。

- ・電子光技術研究部門では、強相関電子材料の電子相転移を用いた新原理トランジスタの開発を行っている。印加電圧により強相関電子材料を絶縁体から金属へ変化させることに成功するとともに、メモリ動作も確認し、電子相転移を用いた新原理トランジスタ開発へ大きく前進した。
- ・ナノエレクトロニクス研究部門では、超格子型相変化メモリを開発し、消費電力を従来型の1/10以下に低減できることを実証するとともに、超格子相変化膜がトポロジカル絶縁体として大きな磁気特性（常温で2000%を超える磁気抵抗比）をもつことを発見し（2011/10/14プレスリリース）、大きな反響を呼んでいる。また、究極の低コスト集積回路製造システム構想「ミニマルファブ構想」について、外界からの物質侵入を完全に遮断する局所クリーン化生産システム（装置前室・転送メカ・搬送容器）を開発した。
- ・情報技術研究部門では、クラウドを利用した電力可視化システムの構築を行っている。クラウドコンピューティング技術と、開発した低コストな電力計測器を用いることで、安価かつスケーラブルな電力可視化システムを震災後の節電対策として短期間に構築した。

(2) IT（情報技術）活用による安全・安心な社会生活を実現するために、ディペンダブル IT システムの研究開発の推進

- ・知能システム研究部門では、ロボットの安全設計手法と安全性評価手法の開発を行っている。生活支援ロボットの実用化に必要な安全性を考慮したロボットの設計、評価、認証を行うための技術として、高信頼ソフトウェアツール、リスクアセスメント手法などの開発と国際標準化を推進した。
- ・情報セキュリティ研究センターでは、定数暗号文サイズの関数暗号の構成方法に関する研究を行っている。高度で柔軟な機密情報管理を可能とする「関数型暗号」の設計を行い、従来方式に比べ、安全性と計算コストを同等に保ちながらデータベース利用上の利便性を大幅に向上させるものとなっている新方式を提案した。
- ・電子光技術研究部門では、生活の安全安心のための可搬型センサの開発を行っている。ppb オーダー以下の水質汚染やウイルスをその場で迅速に測定できるセンサを開発し、水源の汚染をリアルタイムで常時モニターすることが可能となった。またインフルエンザ H5N1、H3N2の識別も可能となった。
- ・情報技術研究部門では、地質調査情報センター・地質情報研究部門と協力し、GEO Grid 災害対応タスクフォースによる東日本大震災への対応を行った。東日本大震災の応急対応、調査研究、復旧活動を支援する目的に、外部関係機関との協力体制を確立し、被災地を観測した衛星画像や地質図、地震動マップなどの情報を国際標準配信する仕組みを構築した。

(3) サービスを科学し機械化することによる GDP の7割を占めるサービス産業の効率化と新サービス産業の創出

- ・情報技術研究部門では、インターネット上の動画音声データの検索・書き起こしシステム PodCastle（ポッドキャスル）の開発を行っている。日々性能が向上する音声情報検索技術を開発し、ネット上にある日本語と英語の動画音声データを対象とした音声全文検索・書き起こしサービス「PodCastle」を一般公開し、実証実験に成功した。
- ・デジタルヒューマン工学研究センターでは、レーザー距離センサの人モデルの複数仮説検定による人発見・人追跡技術の開発を行っている。レーザーセンサで得られる距離情報から人や車の移動領域を抽出し、複数仮説検定により複数の人が重なっている状態でも精度良く人を発見・追跡する技術を確立した。

IV. ナノテクノロジー・材料・製造分野

1. 分野の目標

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

2. 分野の組織構成

当該分野は平成23年度末において2つの研究センター（ナノチューブ応用研究センター、集積マイクロシステム研究センター）、3つの研究部門（先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門、ナノシステム研究部門）、1つの研究ラボ（ダイヤモンド研究ラボ）の計6研究ユニットで構成されている。

3. 主な研究動向

当該研究分野の先端研究の代表例を以下に示す。

当該分野では積極的に産業界と連携して研究開発を実施している。その代表的なものとして NEDO プロジェクトがあり、そのうち「ナノテク・部材イノベーションプログラム」では低炭素社会を実現する革新的カーボンナノ

チューブ複合材料開発プロジェクト、革新的省エネセラミック製造技術開発等、「ロボット・新機械イノベーションプログラム」では異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト、「希少金属代替材料開発プロジェクト」では超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発および代替材料開発等を実施している。

平成23年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) カーボンナノチューブ (CNT) の実用化・産業化・標準化のための研究開発

- ・スーパードロース法に基づく CNT の量産基盤技術開発し、0.6Kg/日の生産能力を有する実証プラントの運営を開始した。また、新しい単層 CNT の部材開発を行い、金属チタンに匹敵する25W/mK の熱伝導率をもつ単層 CNT/炭素繊維/ゴム複合材料を開発した。

(2) エネルギーマネージメント用無線電力センサネットワークシステムの開発

- ・広域展開小規模店舗網等でのエネルギーマネージメントにより消費電力を削減することが期待されるが、このために小型無線電力センサシステムを改良し、個店に設置されたストアコンピュータを介して電力データを取得できる受信システムと、メンテナンスが容易で安定した送信が可能な小型端末を開発した。これにより、個店の消費電力をリアルタイムにモニタリングすることが可能となった。

(3) 高性能焼 Sm-Fe-N 焼結磁石の開発

- ・高性能磁石の耐熱性に不可欠な重希土類元素であるジスプロシウム (Dy) を含まない Sm-Fe-N 焼結磁石を開発し、その熱特性を明らかにした。難焼結性材料として知られる Sm-Fe-N 磁石粉末をパルス通電焼結法における加圧プロセスを改良することで、等方性の磁石としては最高レベルの最大エネルギー積17MGOe を達成した。

(4) プルシアンブルー (PB) ナノ粒子を用いた Cs 吸着材の開発

- ・PB を使い、セシウム (Cs) のみを効率的に吸着する材料を開発した。少量の吸着材で汚染海水などから Cs を回収可能とした。

(5) 光照射により液化・固化を自在に繰り返す新規材料の開発

- ・糖アルコール骨格と複数のアゾベンゼン基を組み合わせた液晶性物質を用いた新しい材料を開発した。この材料は加熱や冷却をしなくても、波長制御した光を照射するだけで液化と固化を繰り返す新しい光反応性材料であり、一般的な室温環境では、光の作用だけで選択的かつ可逆的に単一物質の固体-液体転移が起こる初めての例である。再利用・再作業ができる光制御接着剤など、従来 はなかった高機能材料の実現が期待される。

(6) 高い熱伝導率を持つ窒化ケイ素セラミックスの開発

- ・窒化ケイ素セラミックスの熱の伝導を阻害する粒子内部の不純物や粒界相の量を最小にするように、窒化反応やポスト焼結などのプロセス因子を最適化した。その結果、高い熱伝導率に加えて、窒化アルミニウムを超える強度 (3点曲げ強度: 約550MPa) をもち、破壊靱性 (じんせい) (11MPam^{1/2}) が窒化アルミニウム (3MPam^{1/2} 程度) の3倍以上であり、世界最高の熱伝導率と優れた機械特性を併せもった窒化ケイ素セラミックスを開発することに成功した。

(7) マイクロ波プラズマ CVD による大面積グラフェン合成技術の開発

- ・プラズマ CVD 技術を用いた低温・大面積・短時間グラフェン合成技術をさらに発展させ、プラズマの均一性向上により A3サイズの合成を可能とした。さらに幅30cm の銅箔を基材とするロール TO ロール方式のグラフェン合成装置を試作し、グラフェンの連続合成を実現した。

(8) 高いリチウムイオン伝導率を示す柔軟で薄い大面積シートを開発

- ・耐水性・熱安定性が高く、室温で $1 \times 10^{-3} \text{S/cm}$ のリチウムイオン伝導率を有するセラミック電解質シートを開発した。この電解質シートは面積で薄い電解質シートを従来よりも少ない製造エネルギーで作製することができるため、安全性の高い全固体型のリチウムイオン電池用のセラミック電解質として期待される。

V. 計測・計量分野

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

支援し、産業の国際展開を支える計量標準の整備。

当分野の研究組織は、2つの研究部門（計測標準研究部門、計測フロンティア研究部門）、1つの研究センター（生産計測技術研究センター）の計3つの研究ユニットと計量標準管理センターで構成されている。平成23年度の主な研究動向は以下の通りである。

1. 計量標準

計量標準整備については、計測標準研究部門がわが国の中核としてそれを担い開発・供給を行っている。第3期中期計画の5年間では、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーション、産業の国際展開を柱として整理した62種類の新規標準の開発、省エネルギー技術の利用や生産現場計測器の信頼性確保、中小企業の技術開発力向上、トレーサビリティ体系の合理化などを旨とした71種類の標準の高度化を予定している。平成23年度の実績としては、5種類の新規標準の開発（第3期累計で9種類）を実施し、5種類の標準の高度化（第3期累計で14件）を実現した。また特定二次標準器の校正402件、特定副標準器の校正は26件、依頼試験は600件であった。認証標準物質の頒布数は1,030件であった。特定計量器の型式承認は149件、基準器検査は3,075件、比較検査13件、検定0件、各種計量教習はのべ841人を行った。国家計量標準の相互承認を目的とし、計量標準の国際比較および他国の専門家による技術審査（Peer review）受入等を行った。また、国際基準に準拠した品質システムを運用することにより ISO/IEC 17025および ISO ガイド34認定（ASNITE・NMI）を取得・維持している。国際関係ではメートル条約と国際法定計量条約における調整活動への参加を通して我が国の計量技術を代表した責務を果たすと同時に、アジア太平洋地域では計量組織における調整活動や各国の計量技術者に対する研修等を通して計量先進国としてのプレゼンスを発揮した。なお、特筆すべき事項として、第27回アジア太平洋計量計画（APMP）総会及び関連会議が兵庫県神戸市で開催されたが、その開催準備・運営に大きな役割を果たした。

(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

・ミリ波帯電磁波は大容量無線伝送や車載用衝突防止レーダでの応用のために重要である。これまで我が国に無かったミリ波帯ホーンアンテナ標準の整備によりその基盤技術が確立できた。

(2) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

・半導体産業で重要な課題となっている微量水分計測の信頼性を支える NMIJ の微量水分標準が世界トップレベルにあることを示し、国内で行われている微量水分計測の国際的信頼性の向上に繋がる成果をあげた。

(3) 国家計量標準の高度化、合理化

・高温域の放射温度標準において、産総研提案技術である金属炭化物－炭素包晶点（2748℃）を実用化し、世界に先駆けて標準を開発した。今後、熱力学温度値を決定し国際標準としての確立を目指す。

・抵抗の2次標準器を開発した。この標準抵抗器はその性能で従来の標準抵抗を凌駕するとともに極めてコンパクトで、今後、計測器への内装を見込める。その結果として、汎用計測器であるデジタルマルチメータ等の性能と機能性の向上が期待できる。

(4) 計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化

・核磁気共鳴（NMR）法による校正技術の標準化及び NMR 用標準物質の供給を精力的に進めたことで、標準品の精度管理が課題であった食品・医薬品のための公定法として採用され、当該分野における分析値の信頼性が大きく向上した。

2. 計測技術

計測技術に関しては、計測フロンティア研究部門と生産計測技術研究センターを中心に研究開発を行っている。前者は、空間・時間的に変移、遷移する現象を主対象とし、産業技術の信頼性の向上や社会の安全・安心の確立に向けた計測分析機器技術開発と、それを高度に駆使した知識の開拓・知恵の創出を目的としている。後者は、品質・生産性の向上、製品不具合対処、安全確保、環境保全などに資する新たな計測技術を生産現場へオンタイムで提供することや企業の生産現場に精通した技術者であるマイスターとの連携によって産業界の計測ニーズに沿った研究開発を推進することを目的としている。

平成23年度の2ユニットにおける計測・評価技術の主な研究成果は以下のとおりである。

(1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術の開発

・分子量を一意に決定するイオン価数弁別質量分析装置を開発し、生体分子のフラグメント同定を実現するなどの成果により、超伝導科学技術賞等を受賞した。アンジュレータ放射光による真空紫外～軟 X 線領域における自然二色性測定による分子構造解析技術を実現し、日本放射線化学会奨励賞を受賞した。

・カーボンナノ構造体を用いた乾電池駆動 X 線源開発の小型化・省エネ化技術を応用した、小型・軽量かつ長期間の連続使用が可能な放射線積算線量計を開発した。本線量計では、自分の被ばく量を PC 等により自分で簡便に知

ることができる。そのため、本線量計を常時携帯すれば、無用の被ばくを避けるなどの対応をとることも可能なるため、個人被ばく量の低減が可能となる。

(2) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

- ・明環境下での応力分布計測を実現する、近赤外応力発光体の開発に成功し、蛍光灯下での応力分布の検出を実証した。また格子欠陥等の影響を定量的に評価するシステムの検討を行った。さらに実構造物・現場環境での実証実験を行い、成功した。国内外から高い注目を集め、日本土木学会第66回年次学術講演会・講演優秀賞受賞等多数の表彰を受けた。

(3) 適合性評価技術

- ・AFM（原子間力顕微鏡）探針特性評価方法が特許化されたことにより、技術移転交渉が開始され、産業界への普及が見込まれる。また、この分野での認知度が高まり、大企業からの産学官連携が増加した。

VI. 地質分野

1. 分野の目標

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

2. 分野の組織構成

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

3. 主な研究動向

平成23年度の主な研究動向は以下の通りである。

(1) 地質情報の統合化と共有化・国土及び周辺域の高度利活用

- ・最新の地球科学的知識に基づき、5万分の1地質図幅（陸域）、20万分の1地質図（陸域・海域）、地球物理図、地球化学図、火山関連図、地震関連図など各種地球科学基本図、地球科学主題図等の網羅的・系統的な整備を行い、知的基盤として整備・公表している。本年度は、シームレス化した20万分の1地質図幅について3図幅のデータを更新した。また、5万分の1地質図幅4件、海洋地質図5件、数値地質図1件、海外地球科学図1件の地球科学図を編集・発行した。
- ・政策課題「沿岸海域の地質・活断層調査」では、地質図や地下構造図が未整備である沿岸域において、海域一沿岸域一陸域をつなぐシームレスな地質情報の整備を地質調査総合センターのユニットが連携協力して行っている。本年度は、福岡県、北海道石狩平野等における海-陸の連続した物理探査を行うと共に、既存資料ならびに新たに取得したボーリングデータの解析結果を取りまとめた報告書を出版した。
- ・海洋地質図作成のための資試料を取得するため、沖縄本島西方沖の海洋地質調査を実施した。特に久米島西方海域における調査では、熱水鉱床の賦存が期待される地形が明瞭なカルデラを新たに発見した。また、北海道日高～道東太平洋側海域の海底地質に関するデータベースを公開した。
- ・国連「大陸棚の限界に関する委員会」の下に日本が提出した大陸棚画定申請を審査する小委員会が設置された事を受け、国連審査のフォローアップのため外務省が設置した大陸棚審査対応部会において海底地質の専門家としての技術的支援を行った。
- ・地球科学基本図等の高精度化・標準化においては、地質図の凡例表示およびデジタル地質図の JIS の改正作業を進め、日本工業標準調査会土木技術専門委員会に提出・審査され、承認を得た。また、国際規格（OGC 規格）に対応した火山データベース等を公開した。

(2) 地圏循環システムの解明と解析技術の開発による地球と人間との共生社会の実現

- ・地質分野では、地質学、地球化学、地球物理学等の地球科学的手法を駆使し、地圏・水圏循環システムの理解に

- 基づく国土有効利用実現のため、1) 水資源等の環境保全及び地熱や鉱物資源探査、2) 土壌汚染リスク評価、3) 地層処分環境評価、4) メタンハイドレート等天然ガス資源の調査、5) CO₂地中貯留に関する技術、6) 地圏・水圏環境にかかわる知的基盤情報の整備・提供等の研究を実施している。
- ・水資源の保全に資する研究としては、石狩平野、熊本平野の水文環境図作成に必要な既存資料ならびに新たな調査データの収集を行った。
 - ・地熱資源探査・開発に資する研究としては、既に公表してきた「全国地熱ポテンシャルマップ」の資源評価手法改良の検討を行うと共に、地熱発電の温泉に対する影響可能性の有無を判断するシステムの基本設計を行った。また、温泉発電システムの研究においては、カーナサイクル発電システムの近傍の源泉でのモニタリングを開始した。
 - ・地中熱利用に関する研究としては、再生可能エネルギーへの社会の要請に応えるため、東北地方の地下水汲み上げ方式地中熱利用システムの評価手法開発を山形盆地において着手した。
 - ・鉱物資源探査では、モンゴル西部、米国アラスカ州において重希土類鉱床の現地調査を同国の公的地質調査機関と共同で実施し、同鉱床の資源ポテンシャルを確認した。また、ブラジルの希土類鉱床を企業、JOGMEC と共同で調査、研究を行い、同鉱床の希土類生産に向けた基礎資料を提供した。このほか、東南アジアにおいて風化残渣からの希土類鉱物選鉱試験を実施し良好な結果を得た。また、アジア全域鉱物資源図、国内鉱物資源図の電子化、鉱物資源データベースの整備を進めた。
 - ・土壌汚染リスク評価の研究においては、土壌汚染等に起因する経済リスクの統合化評価モデルに必要な各種データを収集し、土壌中生物及び微生物に関わる生態系リスク評価手法を確立した。また、富山県地域における土壌地質環境基本調査を完了し、表層土壌リスクマップを作成した。このほか、土壌汚染対策については、自治体や企業と共同で土壌及び地下水汚染現場の調査を行い、環境共生型浄化技術の有効性を確認すると共に、原位置調査・浄化技術を操業中の事業所において適用可能とした。
 - ・地層処分環境評価では、幌延町浜里地区の観測井から採取した試料の分析により、より精度の高い水理地質モデル構築を行うとともに、超長期安定性地下水領域の評価を可能とした。また、幌延沿岸海域において海底下の地層構造を陸域から連続的に把握するため、海底電磁探査の追加調査を実施し、沿岸海底下に淡水領域が存在することを世界で初めて確認した。
 - ・CO₂地中貯留に関する技術では、CO₂圧入中ならびに圧入後にも使用できる長期モニタリング技術の基礎となる測定手法および機器開発を米国の圧入現場で実施した。また、日本国内の地中貯留実証試験予定地を対象として、CO₂を圧入時の地層圧力への影響評価や近傍で発生する自然地震が貯留層に与える影響を検討した。
- (3) 地質現象の将来予測と評価技術の開発による災害リスクの最小化と安全・安心な社会の構築
- ・国土の安全を目指した自然災害に関する研究では、地震及び火山に関する研究を重点的に実施している。日本の地震・火山に関する研究については、災害軽減のための国の各施策（地震に関する観測・測量・調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策、地震及び火山噴火予知のための観測研究計画）に基づいて、関連機関が相互に連携を取りつつ分担・実施する体制が取られている。地質分野では主要活断層調査、地震短期予測のための地下水等の観測、活断層データベース、平野地下構造データベースの整備、短期的・長期的火山噴火推移予測の研究のほか、地震発生及び火山噴火メカニズム等にかかわる基礎的研究を実施している。
 - ・活断層の活動性評価としては、陸域の主要活断層（砺波平野断層帯、西山断層帯等）および沿岸海域の活断層（函館平野西縁断層帯、青森湾西岸断層帯等）の計10断層帯について、断層分布形状や活動履歴に関する詳細な調査を実施し、将来の活動性評価のためのデータを得た。また、これまで整備されてきた活断層データベースについては、収録された約550の活動セグメントのすべてを見直し、そのうち約200の活動セグメントについてパラメータ値などの修正を行った。
 - ・南海トラフで発生する地震に関しては、主に静岡県沿岸域において巨大海溝型地震の履歴および規模の解明に資するデータを取得した。また、民間大手企業の委託で浜松市において津波堆積物調査を行い、浸水評価の助言を行った。
 - ・国の東海地震予知事業の一環として、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用した。本年度は特に、短期的スロースリップの検出精度を向上させ、推定した断層モデルについて判定会や地震調査委員会等の各種委員会への報告を開始した。また、新たな微動検出法を開発し、深部低周波微動の検知能力を従来よりも10倍程度向上させた。
 - ・高レベル放射性廃棄物地層処分の安全規制の技術的支援となる調査研究を深部地質環境研究コアにおいて引き続き実施した。概要調査及び精密調査結果の妥当性評価に必要となる、長期変動事象（地震・火山・地殻変動）や深層地下水・深部流体の長期予測及び影響評価手法の検討を行った。また、安全評価の基本的な考え方を整備

するため、各種自然事象の影響を考慮した水理-熱-応力変形-化学反応連成モデルの検討を行った。これらの成果を、総合資源エネルギー調査会廃棄物安全小委員会ならびに規制支援研究ワーキンググループを通じて国の地層処分の安全規制ならびにその支援研究計画の策定作業において提供した。本年度は特に概要調査段階で必要とされる技術について技術資料としてとりまとめ、公表した。また、原子力安全規制支援研究機関（原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構）と「幌延深地層研究計画における安全評価手法の適応性に関する研究」、「深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発」「低活動性断層の調査・評価技術の開発」の共同研究を実施した。

(4) 緊急地質調査・研究の実施

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求められることから、災害発生時やその予兆発生時には、社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施している。本年度は特に平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震やそれに起因して発生した内陸地震・地下水異常、また平成23年1月に発生した霧島山新燃岳噴火への対応を継続した。
- ・平成23年に発生した東北地方太平洋沖地震への対応として、地質調査総合センターとして緊急対策本部を設置し、緊急調査として津波堆積物に対する地質学・地球化学的調査、福島県浜通りでの活断層調査および地震に伴う温泉異常湧出調査、茨城県における地盤液状化被害調査を実施し、調査結果をホームページ等で公表した。また西暦869年貞観地震の津波規模予測等の関連する知見について、新聞、テレビ等のメディアからの多数の取材要請に対して、順次対応した。
- ・特に、東北地方太平洋沖地震に伴う津波については、青森県から千葉県にかけて（岩手県を除く）、太平洋沿岸における津波高さ、浸水域の確認と津波堆積物調査を行った。その結果、仙台平野では、昨年度までの研究で解明されていた869年貞観地震の津波浸水域とほぼ同規模であることが判明した。さらに津波後の調査結果に基づいた震源断層モデルの再検討を行った。
- ・平成23年より発生している霧島山新燃岳噴火への対応の為に設置した緊急対策本部を継続し、降灰データおよび噴出物分析を行い、その成果を気象庁・火山噴火予知連絡関係機関へ連絡すると共に、マスコミへの対応、ホームページを通じた噴火に関する情報発信を行った。

(5) グローバルな地質情報ネットワークにおけるイニシアティブの発揮

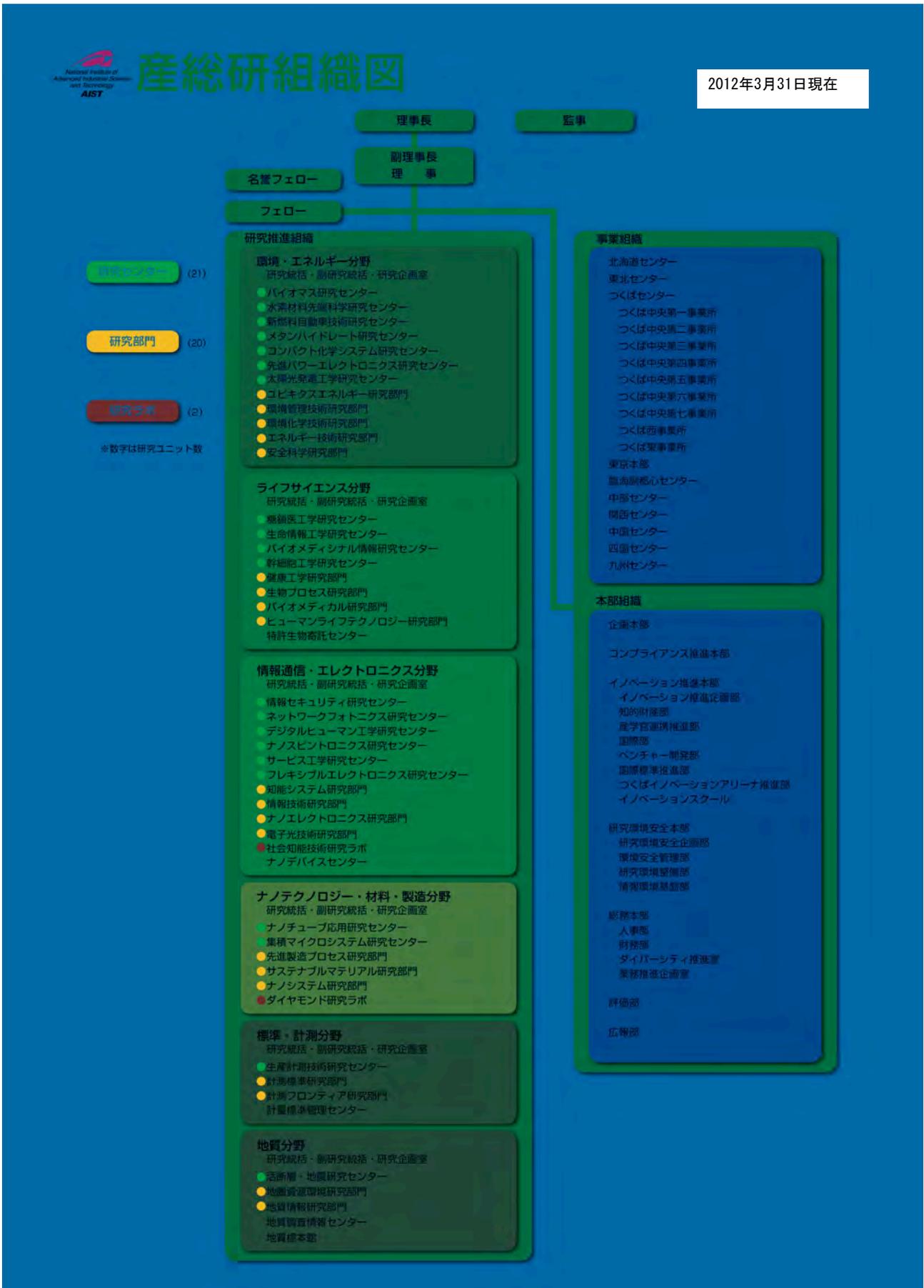
- ・東アジア地域における地質情報の標準化と数値化の作業を各国の関係機関と協力して進め、東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第58回管理理事会に参加するなどして、アジア地域での日本のリーダーシップを発揮した。
- ・OneGeology プロジェクトの第4回評議委員会の東京開催を主催し、各大陸代表者を招集し、活動報告を行い、今後の推進体制について議論した。また、世界地質図委員会や第26回国際地質情報コンソーシアムに出席し、500万分の1アジア地質図を編集するとともに、世界各国の地質情報の整備状況や構想等の動向を調査した。
- ・アジア太平洋諸国における巨大地質災害リスクの情報収集メカニズムを構築するために、第1回アジア太平洋大規模地震・火山噴火リスク対策ワークショップ（G-EVER）を開催し、各国の連携強化を図った
- ・統合国際深海掘削計画（IODP）において、乗船研究を4名が行い、国際パネル委員を5名がつとめた。また日本地球掘削科学コンソーシアム IODP 部会において、執行部員及び専門部会委員として活動した。これらによりIODPの推進に貢献した。

3. 幹部名簿

役職（本務）	役 職（兼務）	氏 名	就任期間	就任年月日	備 考
理事長		野間口 有	3年	平成21年4月1日	
副理事長	つくばセンター所長 コンプライアンス推進本部長 イノベーションスクール長	小野 晃	4年	平成20年4月1日	※H18. 4. 1～H20. 3. 31 までは理事
理事	地質分野研究統括	山崎 正和	6年	平成18年4月1日	
理事	ナノテク・材料・製造分野研究 統括 標準・計測分野研究統括	一村 信吾	5年1ヶ月	平成19年2月16日	
理事	企画本部長	脇本 眞也	4年8ヶ月	平成19年7月31日	
理事	環境・エネルギー分野研究統括 つくば西事業所管理監 研究環境安全担当	矢部 彰	4年	平成20年4月1日	
理事	ライフサイエンス分野研究統括 特許生物寄託センター長	湯元 昇	4年	平成20年4月1日	
理事	評価部長	上田 完次	3年	平成21年4月1日	
理事	イノベーション推進本部長 広報部長 イノベーションスクール副ス クール長	瀬戸 政宏	3年	平成21年4月1日	
理事	情報通信・エレクトロニクス分 野研究統括	金山 敏彦	2年	平成22年4月1日	
理事	総務本部長 コンプライアンス推進本部副本 部長	河津 司	1年8ヶ月	平成22年7月31日	
理事（非常勤）		中江 清彦	1年	平成23年4月1日	
監事		内田 修	3年	平成21年4月1日	
監事		大谷 進	1年	平成23年4月1日	

（平成24年3月31日現在）

4. 組織図



5. 組織編成

年月日	組 織 規 程	組 織 規 則
平成23年4月1日	<p>研究推進組織としてナノデバイスセンターを設置</p> <p>ナノデバイスセンターの設置に伴い、ナノデバイスセンター長の職制を設置</p>	<p>ナノデバイスセンターに事業推進室、設計評価室、集積実証室を設置</p> <p>ナノデバイスセンターに次長、イノベーションコーディネータ、連携主幹、総括主幹、主幹、主査及び職員の職制を設置</p> <p>太陽光発電研究センターを廃止</p> <p>水素材料先端科学研究センターの水素シミュレーション研究チームを廃止</p> <p>生産計測技術研究センターの計測基盤情報チーム、環境機能計測チームを廃止し、計測基盤技術チームを設置</p> <p>ナノ電子デバイス研究センターを廃止</p> <p>サービス工学研究センターのサービスプロセス最適化研究チームを廃止し、行動観測・提示技術研究チーム、サービスプロセスモデリング研究チーム、サービス設計支援技術研究チームを設置</p> <p>太陽光発電工学研究センターを設置し、同センターに先端産業プロセス・高効率化チーム、先端産業プロセス・低コスト化チーム、実用化加速チーム、評価・標準チーム、システムチーム、革新デバイスチーム、革新材料チームを設置</p> <p>フレキシブルエレクトロニクス研究センターを設置し、同センターに印刷エレクトロニクスデバイスチーム、表示機能デバイスチーム、先進機能表面プロセスチーム、機能発現プロセスチーム、フレキシブル有機半導体チームを設置</p> <p>計測標準研究部門の物性統計科を材料物性科に名称変更するとともに応用統計研究室を廃止、同部門有機分析科の有機標準第1研究室、有機標準第2研究室をそれぞれガス標準研究室、有機標準研究室に名称変更、同部門先端材料科を廃止しナノ材料計測科を設置するとともに、同科に表面・ナノ分析研究室、ナノ構造化材料評価研究室、粒子計測研究室を設置、同部門計量標準システム科に有機標準基盤研究室、化学計量システム研究室、計量標準基盤研究室を設置</p> <p>地圏資源環境研究部門の地質特性研究グループ、地下環境機能研究グループを廃止</p> <p>エレクトロニクス研究部門を廃止</p> <p>光技術研究部門を廃止</p> <p>ユビキタスエネルギー研究部門にイオニクス材料研究グループを設置</p> <p>先進製造プロセス研究部門の可視化装置研究グループを廃止し、加工基礎研究グループを設置</p> <p>サステナブルマテリアル研究部門のメソポーラスセラミックス研究グループを廃止</p> <p>地質情報研究部門の物質循環研究グループを廃止し、海洋資源環境研究グループ、地下環境機能研究グループを設置</p> <p>環境管理技術研究部門の光利用研究グループ、励起化学研究グループ、地球環境評価研究グループを廃止し、環境負荷制御研究グループ、海洋環境評価研究グループを設置</p> <p>エネルギー技術研究部門の宇宙技術グループ、パワーレーザーグループを廃止し、統合水素システムグループ、先進プラズマ技術グループを設置</p> <p>健康工学研究部門の生体ナノ計測グループ、バイオデバイスグループ、健康リスク削減技術グループ、バイオマーカー解析グループ、ストレス応答研究グループ、スト</p>

		<p>レス計測評価研究グループ、セルダイナミクス研究グループ、先端融合テーマ探索グループ、くらし情報工学グループ、ゲノムインテリジェンス研究グループを廃止し、生体ナノ計測研究グループ、バイオデバイス研究グループ、健康リスク削減技術研究グループ、生体機能制御研究グループ、バイオマーカー解析研究グループ、ストレスシグナル研究グループ、先端融合テーマ研究グループ、くらし情報工学研究グループを設置</p> <p>ナノシステム研究部門のスーパーインクジェット技術グループを廃止</p> <p>ナノエレクトロニクス研究部門を設置し、同部門にシリコンナノデバイスグループ、新材料・機能インテグレーショングループ、3D集積システムグループ、エレクトロインフォマティクスグループ、ミニマルシステムグループ、ナノスケール計測・プロセス技術研究グループ、超伝導計測デバイスグループ、強誘電体メモリグループを設置</p> <p>電子光技術研究部門を設置し、同部門に情報通信フォトニクスグループ、ナノフォトニクスデバイスグループ、レーザー精密プロセスグループ、超短パルスレーザーグループ、光画像計測グループ、分子フォトニクスデバイスグループ、メゾ構造制御グループ、超伝導エレクトロニクスグループ、酸化物デバイスグループ、強相関エレクトロニクスグループを設置</p> <p>環境調和型ディーゼルシステム連携研究体を廃止</p> <p>細胞情報工学連携研究体を廃止</p>
平成23年7月1日		<p>情報技術研究部門のマルチエージェント研究グループを廃止し、ディペンダブルIT研究グループ、スマートグリッド研究グループを設置</p> <p>安全科学研究部門の広域物質動態モデリンググループを廃止</p> <p>スマートグリッド通信制御連携研究体を廃止</p>
平成23年10月1日		<p>研究環境安全本部の研究環境安全企画部にファシリティマネジメント室を設置</p> <p>同本部の研究環境整備部の施設基盤情報室を廃止</p> <p>総務本部の男女共同参画室を廃止し、ダイバーシティ推進室を設置</p> <p>同本部の財務部の制度・審査室を廃止し、出納室を設置</p> <p>爆発安全研究コアを廃止</p> <p>コンプライアンス推進本部及びイノベーション推進本部のうち東京都千代田区に置かれる部分を茨城県つくば市に移動</p> <p>環境化学技術研究部門に化学材料評価基盤グループを設置</p>
平成23年11月1日		<p>計測フロンティア研究部門にイオン化量子操作研究グループを設置</p> <p>ナノシステム研究部門にナノ光電子応用研究グループを設置</p>

II. 業 務

Ⅱ．業 務

1. 研 究

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

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

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

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

1. 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

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

III. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

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

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

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

2. 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

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

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

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

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

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

1) 研究推進組織

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

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

さらに、平成23年4月には、ナノデバイスの設計評価及び実証に係る共同研究支援並びにナノデバイスの技術指導等に関する業務を行う組織として「ナノデバイスセンター」を新たに設置した。

< 凡 例 >

研究ユニット名 (English Name)

研究ユニット長：〇〇 〇〇 (存続期間：発足日～終了日)

副研究ユニット長：〇〇 〇〇

総括研究員：〇〇 〇〇、〇〇 〇〇

所在地：つくば中央第×、△△センター (主な所在地)

人 員：常勤職員数 (研究職員数)

経 費：執行総額 千円 (運営交付金 千円)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

外部資金：

テーマ名 (制度名/提供元)

テーマ名 (制度名/提供元)

発 表：誌上発表〇件 (総件数)、口頭発表〇件 (総件数)

その他〇件 (刊行物等)

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概 要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 3

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

研究グループ長：氏 名 (所在地)

概要：研究目的、研究手段、方法論等

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

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

連携研究体長：〇〇 〇〇 (つくば中央第△、研究職数名)

概要：研究目的、研究手段、方法論

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 7、テーマ題目 8

研 究

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

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

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

[研究代表者] 氏 名 (〇〇研究部門△△研究グループ)

[研究担当者] 〇〇、△△、××、(常勤職員〇名、他〇名)

[研究内容] 研究目的、研究手段、方法論、年度進捗

[分野名] 〇〇〇〇〇〇〇〇

[キーワード] △△△△、〇〇〇〇、☆☆☆☆

1) 環境・エネルギー分野

(Environment and Energy)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：矢部 彰

副研究統括：大和田野 芳郎

概要：

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

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

環境・エネルギー分野研究企画室

(Research Planning Office of Environment and
Energy)

所在地：つくば中央第2

人員：8名（7名）

概要：

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

具体的な業務は以下のとおり。

- (1) 環エネ分野における研究の推進に向けた研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営等の策定
 - (2) 環エネ分野における大型プロジェクトの立案や調整
 - (3) 複数の研究分野間の連携や分野融合プロジェクトの立案や調整
 - (4) 環エネ分野に関連した経済産業省等の関係団体等との調整
 - (5) 研究統括及び副研究統括が行う業務の支援
- なお、平成23年度の主な業務内容は以下のとおり。

○バイオマスの利用拡大を目指し、ケミカル原料製造基盤技術の開発、高性能複合材料製造基盤技術の開発、液体燃料製造技術の開発に取り組む「バイオマスリファイナリー研究センター」設立を主導する等の業務を行った。

機構図（2012/3/31現在）

[環境・エネルギー分野研究企画室]

研究企画室長 安田 和明 他

②【バイオマス研究センター】

(Biomass Technology Research Center)

(存続期間：2005.10～2012.3)

研究センター長：坂西 欣也

副研究センター長：平田 悟史

所在地：中国センター

人員：18名（18名）

経費：461,094千円（運営交付金200,205千円）

概要：

京都議定書における温室効果ガス排出量の削減目標に貢献するとともに、地球温暖化を防止するための更なる削減目標に寄与するため、化石エネルギーを再生可能エネルギーで代替することが求められている。風力、太陽光は電力への変換が主で、しかも貯蔵性に乏しいが、バイオマスは電力はもとより、固形燃料、液体燃料、気体燃料などさまざまな形態への変換が可能で、しかも貯蔵性があることから、風力、太陽光に対して補完的な役割を果たすことができる。化石燃料の可採年数に限りがあり、また価格が高止まりしている状況の中で、バイオマスエネルギーの大幅導入は、世界的なニーズとなっている。

バイオマス資源の中で賦存量が多いのは、木質系バイオマスである。地球上では毎年太陽光と二酸化炭素を使った光合成により、 17×10^{10} tの有機物が生産されており、その約10倍量が地表に貯蔵されているが、その大半は森林に存在する木質系バイオマスである。この木質系バイオマスをエネルギー源として有効利用しつつ、光合成反応によって再生させることができれば、化石燃料の消費量を減らし、大気中の温室効果ガスの濃度上昇を止めることができる。

国内の木質系バイオマス資源としては、建築工事で発生する建築廃材、製材業、木材加工業で発生する製材残材、林業で発生する間伐材や林地残材、かつて薪炭林として利用されてきた里山に存在する未利用樹などがあるが、建築廃材、製材残材を除き、ほとんど有効利用されていない。一方海外では、製紙用パルプ製造や用材生産のために大規模植林が行われており、日本へも輸入されているが、この過程で大量の残材が発生しており、その利活用が課題になっている。これらの木質系バイオマスを対象に、経済性のあるエネルギー変換システムを開発することがわれわれの目的である。特に、輸送用液体燃料としてのバイオエタノール、BTL ディーゼルの製造技術について、重点的に研究開発を行っている。

バイオエタノールについてはブラジルではサトウキ

ビから、米国ではトウモロコシから商業生産されているが、その原料はいずれも食料であり、食料価格の高騰の一因となっている。そこで世界各国では食料ではないバイオマス資源からバイオエタノールを製造する技術の研究開発を進めている。われわれも木質系バイオマス、稲わら、麦わらなどの農業残渣からバイオエタノールを製造する研究を行っている。サトウキビ、トウモロコシ由来のバイオエタノールが第一世代と呼ばれるのに対し、木質系バイオマスや農業残渣由来のバイオエタノールを第二世代と呼んでいる。2015年には、国内の稲わら、林地残材由来のバイオエタノールを100円/Lで、海外の資源作物由来のバイオエタノールを40円/Lで製造する技術の確立を目指している（再生可能エネルギー白書、NEDO、2010年）。また2020年には国内において、第二世代のバイオエタノールを50万 kL 導入する計画である（同）。

一方 BTL ディーゼルについては EU、米国を中心に研究開発が進められており、国内でも実証試験実施の動きが出てきたが、前述の第二世代バイオエタノールと比べて研究開発・実用化の進捗は5~10年遅い。BTLとは Biomass To Liquid の略で、バイオマスをガス化して水素と一酸化炭素を作り、それを原料に触媒反応によって液体炭化水素を作るプロセスの総称である。BTL プロセスでは、液体燃料合成工程で水素と一酸化炭素の比率、触媒の種類と量、反応条件を変えることで、ディーゼル（軽油）のほかガソリンやジメチルエーテル、混合アルコールなども作ることができる。われわれは木質系バイオマスから直接 BTL ディーゼルを製造できる一貫プラント設備を国内で初めて設置し、国内の研究をリードしてきた。2030年に BTL ディーゼルを72円/Lで製造することを目標に研究開発を進めている（エタノール換算40円/L、再生可能エネルギー白書、NEDO、2010年）。

ところで国内にあるバイオマス資源の量には限りがあり、経済的に利用可能なものを全て使ったとしても、日本の一次エネルギー供給の5%程度しか賄えないと見られている。そこでアジアを中心とした海外に研究開発成果を技術移転することで、海外からバイオマスエネルギーを輸入することも想定しなければならない。また日本の産業競争力の強化のためには、日本の技術が世界のスタンダードになり、広く普及することも必要である。このような観点から、われわれはアジアを中心とした海外展開を積極的に進めており、海外とのバイオマス利活用技術の共同研究、研究開発成果の海外における実証、海外からの研究者の受入れ、海外の研究者との定期的な情報交換などを行っている。

バイオマス研究センターでは、これまでに説明してきた目的・目標を達成するため、以下の4つを中核的研究課題として定め、研究開発を実施した。

(1) 木質系バイオマスから高効率、低コストでバイオ

エタノール及び ETBE（エチルターシャリーブチルエーテル）を製造するため、水熱・メカノケミカル法によるリグノセルロースの前処理技術と、産総研独自の酵素を使った糖化技術を組み合わせ、新しい独自のプロセスを開発し、その実証を目指した。従来のプロセスでは、木質系バイオマスの成分であるリグノセルロースを分解するために硫酸を使用しており、環境影響の点で問題があった。われわれのプロセスは機械的な粉砕技術と水熱反応技術を組み合わせ木質系の繊維をほぐし、セルロースの部分を酵素で分解して糖を得るものである。中間物質としてセルロースナノファイバーが得られるほか、リグノセルロースの成分のひとつであるリグニンが純粋な状態で取り出せるため、この技術をマテリアル生産、ケミカル生産へ応用展開することも期待される。

(2) 木質系バイオマスから BTL プロセスによって液体炭化水素を製造する技術の確立するため、木質系バイオマスのガス化技術、得られた合成ガスに含まれるタール、ダスト、イオウを簡便に除去するガス精製技術、水素と一酸化炭素から高温高压の触媒反応で軽油、ガソリン、ジメチルエーテル、混合アルコールを製造する液体燃料製造技術の3つについて、要素技術の研究開発と、一貫ベンチプラントを用いた実証研究を並行して実施した。ガス化技術については生成するガス中の水素、一酸化炭素の比率の調整と、窒素濃度の低減を目指し、特殊なガス化条件の検討に取り組んだ。ガス精製技術については、活性炭を用いた脱硫・脱タールの可能性について要素試験で確認した。さらに液体燃料製造技術については、軽油・ガソリン製造における反応条件の検討と、混合アルコールの製造条件の検討を行った。

(3) 木質系バイオマスを輸送用液体燃料に変換し、利用するためには、原料の収集・輸送方法、前処理方法、変換設備の規模、生成物の品質と流通方法など、エネルギー変換技術の研究開発以外の項目について考慮する必要がある。逆にいえば、このような項目について検討をした上でそれに合致する変換技術を開発しないと、実用化は難しい。そこでバイオマス会計表を使った経済性評価、プロセスシミュレーションを使ったプロセスの実用化検討などを通じ、経済性があり、環境への負荷が小さいバイオマス利活用トータルシステムの研究開発を行った。さらに、バイオマスエネルギー変換の経済性を向上させるための革新的なバイオマス変換技術の研究開発も実施した。

(4) 研究開発成果のアジアを中心とする海外への技術移転、及び日本の技術の普及と標準化を目指して、海外とのバイオマス利活用技術の共同研究、海外における共同研究成果の実証、海外からの研究者の受入れ、海外の研究者との定期的な情報交換を実施し

た。

広島大学、中国電力エネルギー総合研究所との連携、情報交換を密に行い、成果を上げることができた。また徒歩圏内にある JICA 中国、広島国際センターを活用して、海外からの研究員の受け入れを行った。

内部資金：なし

外部資金：(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業 「早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発」

(独) 科学技術振興機構 / (独) 国際協力機構 国際科学技術共同研究推進事業・地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム 「サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究」

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

文部科学省 平成23年度大学発グリーンイノベーション創出事業グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス 「植物 CO₂資源化研究拠点ネットワーク」

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

(独) 科学技術振興機構 先端的低炭素科学技術開発 「セルラーゼとリジン脱炭酸酵素の高機能化・低コスト化技術開発」

(独) 農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所 「稲わら水熱・酵素糖化・エタノール発酵基盤技術の研究開発」

農林水産省農林水産技術会議事務局 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 「山元における「間伐材からの機能化機能化混練型 WPC 変換まで一貫したシステム」の実証化研究」

日本学術振興会科学研究費補助金 「水熱粉碎前処理によるリグノセルロースの糖化特性」

発表：誌上発表39件、口頭発表72件、その他5件

水熱・成分分離チーム

(Biomass Refining Technology Team)

研究チーム長：遠藤 貴士

(中国センター)

概要：

木質系バイオマスから硫酸を使用せずかつ経済的なバイオエタノール製造技術を開発するため、当チームでは酵素糖化前処理技術として水熱処理およびメカノケミカル処理 (機械的粉碎処理) を基盤とした「水熱メカノケミカル処理技術」の開発を行った。また、これら技術を応用したセルロース等木質成分のマテリアル利用技術の開発も行った。

現在研究開発を進めている水熱メカノケミカル前処理では、木質やセルロースの構造的特性および木質成分の化学的特性を利用した処理プロセスを構築している。本技術では水熱処理により木質中のヘミセルロース成分等を部分的に加水分解して木材組織を脆弱化させ、さらにメカノケミカル処理により木材組織をナノサイズのセルロース繊維まで微細にする。本年度は前処理物の特性と酵素糖化性の関係について解析を行い、酵素糖化性向上機構の解明を進めた。

木質をナノサイズまで微細化して得られるセルロースナノファイバーは、軽量・高強度という特性を持っていることから、樹脂等の強化材料としての利用が進められている。本年度は、木質等からの効率的なナノファイバー製造技術および樹脂等への複合化技術について研究開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

3

エタノール・バイオ変換チーム

(Ethanol Bioconversion Team)

研究チーム長：矢野 伸一

(中国センター)

概要：

木質等のバイオマスからエタノールを経済性・環境性よく生産するために、前処理物の糖化に必要な酵素生産と、キシロースからのエタノール発酵を中心的課題として研究開発を実施した。

酵素生産に関しては、セルラーゼ高生産性糸状菌 *Acromonium celullolyticus* のゲノム情報等を基に、この菌の分子育種に関する研究を実施しており、本年度は新たな選択マーカーの開発やセルラーゼ生産に関係すると考えられる転写因子遺伝子の取得を行った。また超高熱性古細菌が生産する耐熱性のセルラーゼ等の研究も行い、酵素の構造解析の研究とあわせ、高機能な酵素の開発研究を実施した。

発酵に関しては、分子育種によるキシロース発酵性酵母の開発を進めており、既に開発した高効率 C5・C6糖同時発酵性酵母株について、発酵阻害物質耐性に関係する遺伝子の同定、解析を行った。また酵母の糖トランスポーターの解析、耐酸・耐塩・耐熱酵母へのキシロース発酵能付与に関する研究を行った。さらに合成ガスの微生物変換によりエタノール等を生産す

る研究を行い、生産菌の遺伝子組換え技術を開発した。
酵素生産、発酵に関し、ブラジル、タイの研究機関
と、共同研究等を実施した。

研究テーマ：テーマ題目1

BTL トータルシステムチーム

(BTL Total System Team)

研究チーム長：坂西 欣也

(中国センター)

概要：

BTL プロセスは、バイオマスのガス化による合成
ガス製造、ガス精製、合成ガスからの液体燃料製造の
3つの部分から成る。各工程のラボ試験装置、ベンチ
プラントの単体機器、及びガス化から液体燃料製造ま
での統合化システム（ベンチプラント）を使って、木
質系バイオマスからの液体燃料製造の研究開発を進め
た。平成23年度末の達成目標については、すでにラボ
試験装置では達成できているので、これをベンチプラ
ントの単体機器で達成し、さらに統合化システムで達
成することを目指した検討を行った。

これと並行して、各要素技術について効率向上を図
った。ガス精製については、ラボ試験およびベンチプ
ラント試験から、ガス化ガス中の硫黄化合物濃度を
0.1ppmv 以下へ低減する吸着剤種、温度の探索を行
った。また、ベンチプラントにおいてガス化、乾式ガ
ス精製、 H_2/CO 比=2への調整、圧縮、FT 合成の一
貫運転において、ガス化での CO 収率>35%以上、乾
式ガス精製での硫黄化合物濃度<0.1ppm、FT 合成
における CO 転化率70%以上、C5以上の炭化水素選
択性88%以上、連鎖成長確率0.93以上を目指すための
検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目4

バイオマスシステム技術チーム

(Biomass System Technology Team)

研究チーム長：美濃輪 智朗

(中国センター)

概要：

バイオマス利活用の実用化のためには、変換技術の
技術開発だけでなく経済的に成り立つトータルシステ
ムを構築することが必要である。当チームでは、これ
まで開発してきたバイオマス利活用システムのプロセ
スシミュレーション技術をベースに、経済性・環境適
合性などの評価を実施し、事業イメージを提案した。
研究センターの目標であるバイオ燃料製造コスト50円
/L を達成するには、1日1,000トン処理規模のプラ
ントが必要であるが、これは現在行われている産業植
林の1/10程度の規模であり、実現の可能性があること
を示した。

一方小規模で行われる地域でのバイオマス利活用

について、経済性以外の価値の計測や波及効果の計測が
可能となるバイオマス会計表を開発し、公開した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

5

[テーマ題目1] NEDO 委託研究「セルロース系エ
タノール革新的生産システム開発事業／早
生樹からのメカノケミカルパルピング前
処理によるエタノール一貫生産システ
ムの開発」

[研究代表者] 坂西 欣也

[研究担当者] 平田 悟史、遠藤 貴士、矢野 伸一、
美濃輪 智朗、村上 克治、李 承桓、
井上 宏之、藤本 真司、藤井 達也、
岩本 伸一朗（常勤職員11名、他10名）

[研究内容]

本事業で建設したパイロットプラントでは、前処理プ
ロセスとしてアルカリ添加水熱処理とリファイナーによ
る粉碎処理を取り入れている。本年度は、前処理による
酵素糖化性向上機構の解明を進めた。ユーカリ木粉を原
料とし、種々の条件でアルカリ添加水熱処理および湿式
粉碎処理を行い、得られた前処理物について比表面積測
定による物性評価と酵素糖化性の関係について解析を行
った。比較として、アルカリを添加しない系についても
同様の解析を行った。また、プラント試験で得られた前
処理物との比較も行った。その結果、酵素糖化性と比表
面積の間には高い相関が認められ、比表面積が約
100m²/g 以上の場合、酵素糖化率はほぼ80%以上を示
すことが分かった。しかしながら、前処理条件によっては、
比表面積が100m²/g 程度あるにもかかわらず糖化率が
40%程度に留まる系があった。さらに解析を進めた結果、
このような前処理物では、平均細孔径が5nm 程度と酵
素のサイズと同等かそれ以下であることが分かった。糖
化率が80%以上の前処理物は全て平均細孔径が10nm 以
上であった。プラント試験で得られた前処理物では、マ
クロ的には数十μm 程度の木質繊維であったが、高分解
能電子顕微鏡で調べた結果、糖化性の高い系では、内部
がナノサイズの超微細繊維にほぐれ、大きな比表面積を
持つようになっていることが分かった。これらのことから、
前処理により酵素糖化性を向上させるためには、微
細な繊維状にほぐれることにより酵素が容易に接近・吸
着できる大きな表面積と酵素が内部に容易に進入でき
るような十分なサイズの細孔径が重要であることが分か
った。

糖化酵素に関しては、酵素生産菌 *A. cellulolyticus* の
分子育種に関する研究開発を行った。既に利用可能であ
ったハイグロマイシン耐性による形質転換株の選抜手法
に加えて、新たにウラシル要求性を指標とした本菌の新
たな宿主ベクター系の作製に成功し、複数の遺伝子を同
時に導入することが可能となった。またこの菌のゲノム

情報から、セルラーゼ生産に関連すると考えられる転写因子遺伝子を複数見出した。この結果と新たに開発した宿主ベクター系により、転写因子の高発現または破壊によるセルラーゼ生産性への影響を調べる実験が可能になった。

発酵に関しては、プラントで使用予定の耐酸・耐塩・耐熱酵母 *Issatchenkia orientalis* の発酵特性を明らかにしたが、キシロースを炭素源としては利用できないものの、エタノール発酵はしないことを確認した。そこで、*Saccharomyces cerevisiae* で用いたキシロース代謝酵素遺伝子発現カセットの導入を行ったところ、形質転換体の取得には成功したが酵素活性は得られなかった。*S. cerevisiae* のプロモーターを使用したことが原因である可能性が考えられたので、*I. orientalis* のプロモーターを用いた遺伝子発現カセットを構築し実験に着手した。

経済性・GHG 評価に関しては、新たに提案された亜硫酸ソーダ前処理を組み込んだプロセスの開発を共同研究先と共にを行い、プロセスフロー・薬品回収再生フローを構築した。また GHG 評価のために大規模産業植林（ブラジル）の調査を行い、現状技術での早生広葉樹生産における GHG 排出量を把握した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、エタノール、酵素糖化、微細繊維化、エタノール発酵、遺伝子操作、プロセスシミュレーション、経済性評価

【テーマ題目2】科学技術戦略推進費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム／森と人が共生する SMART 工場モデル実証」

【研究代表者】遠藤 貴士

【研究担当者】美濃輪 智朗、李 承桓、柳下 立夫、藤本 真司（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

木質系バイオマスは、バイオエタノール等のエネルギー利用以外にも、マテリアルとして高いポテンシャルを持っている。本テーマは、岡山県を中核機関として企業、大学、公設試を含めた産学官13機関で研究開発を推進しており、ヒノキ等の間伐材を原料として、ナノサイズの超微細繊維（ナノファイバー）を製造し、オレフィン樹脂等と複合化・成形することにより低コストでかつ物性に優れた複合材料の開発を目標としている。また、将来的な事業性についても経済性、環境性の観点から評価を実施する。

本年度は、ナノファイバーの複合化方法について研究を進めた。複合化のためのナノファイバーについてはヒノキ木粉を原料としてディスクミルを用いた湿式処理により製造した。得られたナノファイバーは大量の水を含んでいるため、ポリオレフィンのような疎水性樹脂には

そのままでは混合・複合化させることが困難である。そこで、凝集抑制と樹脂の補強効果の向上を目的として水溶性添加剤の効果について調べた。水溶性添加剤（高級脂肪酸塩、セルロース誘導体塩）をナノファイバースラリーに0.2~3wt%（対ナノファイバー重量）添加し、凍結乾燥ナノファイバーを得た。次にポリプロピレン（PP）：70-ナノファイバー：30の重量比で混合し、相溶化剤としてマレイン酸変性オレフィンを添加して混練試験機により複合化試験および熱プレス成形シートの強度物性評価を行った。添加剤としては、ステアリン酸ナトリウムおよびカルボキシメチルセルロースナトリウムが効果を発揮し、未添加の PP と比較して引っ張り強度で1.5倍（20→31MPa）、弾性率で2.4倍（570→1,400MPa）向上した。

オレフィン系複合体では凝集等の影響が発生するためナノファイバーの補強効果についてモデル系での試験を実施した。水溶性ポリマーであるポリビニルアルコール（PVA）との複合化試験を行った結果、ナノファイバー添加量が1wt%でも引っ張り強度は1.3倍まで向上した。この結果から、ナノファイバーを樹脂マトリックスに十分に分散できれば低添加量でも複合体物性向上が期待できることが明らかとなった。

事業性評価については、参画機関へのヒアリングを行い、本実証事業のデータおよび実用化時の設計データを収集して、バイオマス会計表を作成した。これに基づいた経済性ならびに環境性（GHG 排出量）の評価を行った。また、ヒアリング時に指摘を受けた山側の評価のため、日本各地の林業の状況を調査し、日本および真庭市の林業体系における GHG 排出量は、木材が固定化するCO₂量の数%であることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】間伐材、セルロース、微細繊維、セルロースナノファイバー、複合材料

【テーマ題目3】木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】坂西 欣也

（BTL トータルシステムチーム）

【研究担当者】花岡 寿明、宮澤 朋久
（常勤職員3名、他5名）

【研究内容】

木質系バイオマスからガス化・触媒反応によって輸送用液体燃料を製造する BTL プロセスの実用化を最終目的とするが、まずは技術的に可能であることを実証するとともに、要素技術における研究開発目標を達成することを目指して研究を行う。

BTL プロセスは、バイオマスのガス化による合成ガス製造、ガス精製、合成ガスからの液体燃料製造の3つの工程から成るが、ベンチスケールの単位操作としてのガス化運転において、ガス化剤としての酸素富化空気

/CO₂の比率が N₂/O₂/CO₂=19/63/18の場合、CO 収率 58%を達成している。そこでラボ試験において Fe 担持活性炭を調製し、脱硫剤としての性能を検討した。ガス化プラントで製造した合成ガスに硫黄化合物 (H₂S, COS) を各100ppmv 混合したガスを用い、350°Cにて破過曲線を調べたところ、Fe (17wt%) 担持活性炭を用いた場合、空間時間1,751h⁻¹において、H₂S, COS の破過時間 (0.1ppm) は123および156分まで延長された。そこでベンチプラント試験において、同じ Fe 担持活性炭を用い、空間速度1.875kg h Nm⁻³において、前段 (250-350°C)、後段 (10-200°C) でベンチスケールのガス化炉運転で得られるガスの乾式精製性能を検討した。その結果、ガス化ガス中の H₂S, COS 濃度15.7、7.2ppmv が前段の活性炭を通過させることで0.1, 0.0ppmv へ低減されたことを確認した。さらに前段の活性炭にて脱硫を行いつつ、水性ガスシフト反応が進行し、H₂/CO 比が0.7から1.2へ増加することを見いだした。得られたガスの H₂/CO 比を2に調整し FT 合成反応を行った。4MPa、285°C、H₂/CO=2、流速4.2Nm³/h で Ru/Mn/Al₂O₃触媒 (285g) を用いて、CO 転換率79.5%、C5以上の炭化水素の選択率87.7%、連鎖成長確率0.841を得た。

ガス化、乾式ガス精製、H₂/CO 比調整、液体燃料製造工程の一貫運転を行い、トータルプロセスにおいて、液体燃料換算で平成23年度末における目標の一つである17.6L/day (0.11BPD) を達成した。一方、FT 合成工程の連鎖成長確率は目標値 (0.93) に届かなかった。生成した C5以上の炭化水素の発熱量をガス化に要した熱量と合成ガス圧縮動力の和で除したエネルギー収支は0.843であることがわかった。液体燃料合成工程の未反応ガスを利用することでエネルギー収支を1.5へ改善できることがわかった。今後の検討課題としては、連鎖成長確率を0.841からの向上と水素化分解工程の付与による液体燃料収率の増加が考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマスガス化、ガス精製、FT 触媒、FT 合成反応、ジメチルエーテル

【テーマ題目4】バイオマスシステム研究

【研究代表者】美濃輪 智朗 (バイオマス研究センターバイオマスシステム技術チーム)

【研究担当者】柳下 立夫、藤本 真司
(常勤職員3名、他9名)

【研究内容】

種々のバイオマス利活用事業の導入・普及には、技術開発だけでなく経済的に成り立つトータルシステムを構築することが必要である。本研究では、基盤となるデータベースを構築し、バイオマス利活用システムのプロセスシミュレーション技術を開発する。作成したシミュレータを用いて最適化、感度解析、経済性・環境適合性な

どの評価を実施して実験開発チームや共同研究先等にフィードバックする。また、経済的なバイオマス・トータルシステムを提案する。

今年度は、民間企業との共同研究において経済性・GHG 評価を実施し、事業イメージの構築を行った。大規模産業植林において1日1,000トン処理規模の事業であれば、技術開発達成ケースにおいて化石資源と競合できる価格でバイオ燃料を製造でき、GHG 排出量もガソリンの半分以下になることが示された。データベースの構築については米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) と情報交換および経済性評価手法の議論を行った。またバガスからのバイオ燃料製造のプロセス検討を進め、GHG 排出量算出シミュレータを作成して共同研究先と共有した。微細藻類燃料についても民間企業と共に検討を進め、GHG の観点から技術課題を抽出した。地域におけるバイオマス利活用の評価ツールとしてバイオマス会計表を開発しており、HP 上で公開して希望者に配布した。経済性、環境性以外の項目として社会性の計測を検討するとともに産業連関表との組み合わせによる波及効果分析を試みた。

【分野名】環境エネルギー

【キーワード】バイオマス、システム、経済性、環境性、社会受容性

③【水素材料先端科学研究センター】

(Research Center for Hydrogen Industrial Use and Storage)

(存続期間：2006.7.1～2013.3.31)

研究センター長：村上 敬宜

副研究センター長：栗山 信宏、光山 準一

所在地：福岡西支所、つくば西事業所

人員：5名 (4名)

経費：377,640千円 (67,640千円)

概要：

水素エネルギーは、わが国のエネルギー安定供給に大きく寄与し、地球温暖化や都市域の環境問題を解決する切り札として期待されています。しかし、水素エネルギーを利用するためには、高圧状態や液化状態における水素の物性解明や、水素により材料の強度が低下する水素脆化現象のメカニズム解明など、解決しなければならない課題が少なくありません。本研究センターは、水素エネルギー利用社会の実現を技術的に支援するため、水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することをミッションとしています。これにより、わが国の新エネルギー技術開発プログラムの

キーテクノロジーである燃料電池とそれに関連する安全な水素インフラの開発・普及を図り、産総研第3期中期計画として掲げた、水素材料強度や水素基礎物性データベースの構築と関連業界への普及、水素関連機器の開発促進・安全性向上のための水素と高分子材料の関係の解明、水素とトライボロジーの解明といった目標を達成するため、水素脆化の科学的原理の解明とその材料強度設計への応用及び安全なものづくりへの指針提供について研究開発を実施します。

外部資金：

- ・独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「水素先端科学基礎研究事業」
- ・経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
- ・文部科学省 科学技術試験研究委託事業「圧電フロンティア開拓のためのバリウム系新規巨大圧電材料の創生」

発表：誌上発表41件、口頭発表105件、その他0件

水素物性研究チーム

(Hydrogen Thermophysical Properties Team)

研究チーム長：高田 保之

(福岡西)

概要：

水素エネルギー利用を実用化するためには、実際に使用する機器の信頼性や安全性が保障された設計をすることが重要です。このような設計を行う上で、高圧・高温状態の水素がどのような物理的性質をもっているかを正確に計測し、そのデータを蓄積する必要があります。しかし、高圧・高温状態の水素の PVT 性質（圧力・比体積・温度）、熱伝導率、粘性係数、比熱、溶解度といった物性値のデータ蓄積は十分ではありません。そこで広範な水素の物性値を正確に計測する装置を開発し、測定データをデータベース化し、従来にはない使いやすい形態で提供していくことを目指します。

研究テーマ：テーマ題目 1

水素材料強度特性研究チーム

(Hydrogen Fatigue and Fracture Team)

研究チーム長：松岡 三郎

(福岡西)

概要：

水素が、実際の使用環境におかれた機械の材料強度にどのような原理でどのような影響を与えるのかを科学的に解明し、水素機器の設計・保守技術の確立を

指します。具体的には、金属材料の水素脆化の基本原理の解明を基礎研究、金属の長時間使用と加工の影響を応用研究と位置づけ、高圧水素環境下で金属に対して、長時間の連続疲労強度試験を行うなど、材料強度に関するデータを整備するとともに、こうした環境下で使用される機械の設計・製造における信頼性を確保するための解決策を確立します。

研究テーマ：テーマ題目 2

水素トライボロジー研究チーム

(Hydrogen Tribology Team)

研究チーム長：杉村 丈一

(福岡西)

概要：

軸受・バルブなど機械の可動部では、必ずトライボロジー（摩擦・摩耗・潤滑）の問題が発生します。水素を利用する機器においてもそれは例外ではありません。しかし、水素がこうしたトライボロジーにどのような影響を及ぼすのかについては、世界的にもほとんど明らかになっていません。こうしたことから、トライボロジーにおける水素の影響を解明し、実際に使用される機器類の信頼性評価の方法を確立するとともに、機械システム設計の指針を提案することを目指します。

研究テーマ：テーマ題目 3

水素シミュレーション研究チーム

(Hydrogen Simulation Team)

研究チーム長：村上 敬宜

(福岡西)

概要：

本研究センターにおける高圧水素の研究では、圧力や温度など様々な条件が絡むことになり、単純に実験を繰り返すだけでは、多くの時間とコストがかかります。そこで、九州大学が開発したシミュレータを高圧水素関連の機械システム設計に利用できるものへと改良を加え、研究・開発のコスト削減と期間短縮に貢献します。また、他の研究チームと連携しつつ、様々なシミュレーションを実施し、水素関連技術における信頼性のある計算科学技術と、シミュレータを開発します。

研究テーマ：テーマ題目 4

水素脆化評価研究チーム

(Hydrogen Dynamics in Metals Research Team)

研究チーム長：飯島 高志

(つくば西)

概要：

水素エネルギーの実用化にあたっては、実際に水素環境下で使用する機器類に対する水素脆化の度合いや

進展状況を正確に計測し、評価することが必要になります。そこで、水素脆化の機構解明のための原子・分子レベルでの観察等を通じて、水素と金属の相互作用を微視的に明らかにするとともに、水素脆化評価技術を体系化し、評価手法の標準化を図ります。また、金属系材料の水素脆化評価のための試験装置を開発します。さらに、開放型の水素脆化評価ステーションを用いて民間企業の水素利用機器開発の技術支援を行います。

研究テーマ：テーマ題目5

水素高分子研究チーム

(Hydrogen Polymers Team)

研究チーム長：西村 伸

(福岡西)

概要：

水素エネルギーシステムの実用化のためには、水素の製造、利用技術の開発とともに輸送、貯蔵技術の確立も重要です。水素を貯蔵するための蓄圧器や高圧ポンプ、輸送のための配管材料やバルブなどの水素利用機器・インフラは主に金属材料から作られた部材により構成されていますが、これらの水素利用機器・インフラは主にゴム・樹脂製の部材を用いて水素がシールされています。高圧水素ガス中で実際の使用環境におかれたゴム・樹脂製シール部材が機器の強度や寿命にどのような原理でどのような影響を与えるのかを科学的に解明し、水素利用機器・インフラの設計指針の確立を目指します。

これらの水素利用機器・インフラにおいて、高圧水素ガス環境下で用いられるゴム・樹脂などの非金属材料は、高圧水素ガスに曝されることにより水素が溶解します。高圧水素ガス環境下で水素が溶解し、劣化・破壊した材料の物性評価、化学分析を行い、現象の基本原則を解明します。これらの成果に基づき、燃料電池自動車や水素ステーション等、水素利用機器・インフラに用いられるシール材料およびシール構造の技術指針を確立します。

研究テーマ：テーマ題目6

【テーマ題目1】高圧水素物性の基礎研究（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】高田 保之（水素物性研究チーム）

【研究担当者】藤井 丕夫、藤井 賢一、新里 寛英、城田 農、Elin Yusibani、赤坂 亮、小川 邦康、深井 潤、伊藤 衡平、河野 正道、久保田 裕巳、迫田 直也、（他13名）

【研究内容】

高い圧力状態や高温状態にある水素の基本的な挙動を解明します。圧力100MPa、温度500℃までのPVT性質、粘性係数、熱伝導率などの基礎物性値を測定し、水素の

熱物性データベースを構築します。これらの物性値情報は、水素ステーションにおける水素熱流動系の機器設計や各種のシミュレーションに活用することができます。

平成23年度は、PVTデータ測定では定容積法PVT性質測定装置により99MPa、500℃までの測定およびビリアル状態方程式を拡充、粘性係数測定では測定容器加熱部の高温化改造およびQCK管により99MPa、500℃までの測定に成功、熱伝導率では非定常短細線式の原理により99MPa、500℃までのデータ取得、熱伝導率と粘性係数のそれぞれについて推算式を更新、種々の物質に対する水素ガスのNMR法による溶解度測定ではステージを改良し、計測領域を広げることでSN比を改善し、厚さの異なるNafion膜においても同等の水素溶解度、拡散係数を得るなど本計測手法の有効性を確認、水素雰囲気における高沸点ガスの露点測定10MPaまでの水素中の微量水分の露点実測データの集積と露点推算法の改良を実施、水素物性データベース（All in 1 CDとExcel用ライブラリ）については、データの集積、拡充およびExcel用ライブラリに関しては水素容器への充填プロセスシミュレーションにおける状態方程式の影響を明確にしました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、熱物性、PVT、粘性係数、熱伝導率、溶解度、状態方程式、推算式、データベース

【テーマ題目2】高圧化状態における金属材料等の水素脆化の基本原則の解明及び長期使用、加工、温度などの影響による材料強度特性研究（運営費交付金、外部資金）

【研究代表者】松岡 三郎

（水素材料強度特性研究チーム）

【研究担当者】村上 敬宜、濱田 繁、井藤賀 久岳、堤 紀子、近藤 良之、高木 節雄、土山 聡宏、福島 良博、峯 洋二、久保田 祐信、水口 健吾、安永 幸司、谷口 隆夫、松永 久生、畠山 和久、高津 須嘉生、阿部 孝行、吉田 聡子、志水 章一、川崎 勇、野中 寛治、栗根 徹、吉川 倫夫、末岡 淳男、西口 廣志（常勤職員1名、他25名）

【研究内容】

燃料電池自動車や水素インフラで使用される材料は、長期に使用され、水素環境下にあります。また、実際に材料が利用される時は、加工（成形、溶接、表面修飾）が成されてから利用されます。そこで、高圧状態にある水素が、その環境下にある材料の水素が与える影響を解明しています。例えば、材料の相変態などの構造変化（マルテンサイト変態）や材料中の異種介在物の関与、材料中の水素拡散の影響などを明らかにして、水素脆化

による材料の劣化メカニズムを解析します。

また、材料に施される加工の水素脆化に与える影響を解明する基礎研究を実施します。これらの成果に基づき、燃料電池自動車や水素ステーション等、水素機器・インフラに用いられる材料の強度・水素拡散データベースの構築、技術指針の確立を行います。

今年度は以下の成果が得られました。

- ・引張強度1000MPa 以上の材料では、水素により助長された変形双晶で粒界き裂が形成され、疲労き裂進展速度が加速することを見出しました。
- ・水素インフラの規制見直しに関連し、SUS316 (12%Ni 以上) と SUH660の水素材料強度特性データベースと水素拡散特性データベース並びに関連資料を KHK, JPEC に提供しました。
- ・窒素 (N) とニオブ (Nb) を添加した高強度ステンレス鋼は水素脆化に対して優れていることを明らかにし、特認を取得しました (岩谷産業と共同研究)。
- ・水素によるひずみゲージのゼロ点移動が水素侵入による電気抵抗の変化によることを見出し、高水素ガス用ひずみゲージの高性能化を可能にしました (共和電業と共同研究)。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素脆化、金属疲労、疲労き裂、健全性評価

【テーマ題目3】 高圧水素トライボロジーの研究 (運営費交付金、外部資金)

【研究代表者】 杉村 丈一

(水素トライボロジー研究チーム)

【研究担当者】 間野 大樹、村上 敬、三室 日朗、宮越 栄一、村上 輝夫、和泉 直志、澤江 義則、森田 健敬、田中 宏昌、中嶋 和弘、坂井 伸朗、福田 応夫、八木 和行、黒野 好恵、佐々木 信也 (常勤職員2名、他14名)

【研究内容】

目的・研究内容

燃料電池自動車や水素インフラでは、水素環境下で作動する機器が不可欠であるが、水素環境下で作動する機器の摩擦摺動部では、材料表面で起こる諸現象が大気中とは異なり、摩擦係数、摩耗量、転がり疲れ寿命などに大きく影響する場合があります。水素環境下で作動する機器の確実な動作を確保するためには、水素環境下でのトライボロジーのメカニズムの解明が必要不可欠です。

今年度は、トライボ界面での諸過程の解明と産業界への貢献に重点を置いて、軸受・バルブ・シール等の摺動材料の試験を実施し、以下の成果を得ました。1) 運動面シール用樹脂材料の水素中での摩擦摩耗特性は樹脂の充填材種類と相手面金属材料の種類に影響されることを明らかにしました。2) 軸受鋼の低膜厚比での転がり接

触において、表面酸化と水素侵入、及びそれらの転がり疲れ寿命に及ぼす影響を明らかにしました。3) 試験ガスの不純物濃度を10ppb 以下まで制御可能な摩擦試験方法を開発し、金属材料について水素中の超微量の水と酸素の吸着、反応における関与を明らかにしました。4) データベースの改善とデータ蓄積を行うとともに、産業界にデータを提供して機器設計における候補材料の効率の評価に貢献しました。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 トライボロジー、摩擦試験、高圧水素、(ガス純度)

【テーマ題目4】 材料等内の水素拡散、漏洩などの水素挙動シミュレーション研究 (運営費交付金、外部資金)

【研究代表者】 村上 敬宜

(水素シミュレーション研究チーム)

【研究担当者】 金山 寛、柿本 浩一、荻野 正雄、塩谷 隆二 (他5名)

【研究内容】

水素環境下で長期に使用される材料中の水素拡散をシミュレーションすることにより、他の研究チームによる材料や機器の設計方針作成の支援を行います。

今年度はき裂先端応力場と水素拡散の連成現象に関するシミュレーションモデルを用い、繰り返し負荷条件がき裂先端応力場に与える影響を調べました。特に負荷周波数がき裂先端への水素集中に与える影響を調べました。また、内圧負荷円筒モデルでは高圧水素になるほど、き裂表面の欠陥配位水素濃度が高くなり、濃度勾配が大きくなることが示されました。また第一原理計算を用いて、水素ガス環境下におけるアルミニウム中の格子欠陥近傍トラップサイトの水素占有率を調べ、格子欠陥を含むアルミニウムにおいても高いガスバリア性が示されました。

水素デバイス等の安全設計シミュレーションについては、水素用高圧タンクの高耐圧化、軽量化を目的として、FRP 層の複雑な巻付手法と材料異方性を考慮した、3次元複雑形状のアセンブリモデリングによる応力解析を継続的に行っています。今後、有明ステーション等の実際に使用された材料の検証等に活用していく予定です。

さらに平板上に2種類の拡散係数および飽和度を与えることでマルテンサイトとオーステナイトを表現し、水素拡散の様子を観察しました。これは有限要素解析ソルバーZeBuLoN との結晶単位での連成解析や、水素侵入が原因となるオーステナイト→マルテンサイト変態を考慮したフェーズフィールド法による解析に繋がっています。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 シミュレーション、分子動力学法、有限要素法

〔テーマ題目5〕水素脆化現象の計測と評価に関する研究（運営費交付金、外部資金）

〔研究代表者〕飯島 高志（水素脆化評価研究チーム）

〔研究担当者〕安 白、阿部 孝行、中道 修平、河内 直人、（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

安全な水素エネルギー社会構築のため、高圧水素脆化試験装置の開発とそれを用いた金属材料の高圧水素ガス中での材料試験の実施、およびマイクロレベルの表面観察技術を用いた水素脆化に起因する微小き裂の観察と発生メカニズムの考察を主な研究課題としています。

今年度は、予め水素暴露したオーステナイト系ステンレス鋼の引張試験と歪誘起ガス放出法を組み合わせ、水素ガスの放出と亀裂の生成・成長の関係について走査型プローブ顕微鏡を用いたナノレベル観察を行いました。オーステナイト系ステンレス鋼の水素脆化はオーステナイト相から歪み誘起マルテンサイト相への相変態が関与していると考えられるため、き裂近傍の歪み誘起マルテンサイト相の観察を試みた結果、水素脆化による双晶破面では歪み誘起マルテンサイトが高密度に分布していることが明らかになり、論文として発表しました。その他、米国サンディア国立研究所と水素容器・蓄圧器の特性評価・技術指針・規格化に関する共同研究を開始しました。これは、水素容器・蓄圧器の国際規格・標準化を最終目的とした材料評価手法を共同で明らかにすることを目指すもので、サンディア国立研究所、産総研の材料試験装置を用いて日米双方の材料についてき裂進展開始試験を実施し、試験結果の相互比較を試みます。

〔テーマ題目6〕「高圧／液化状態における長期使用及び加工（成形・溶接・表面修飾）、温度などの影響による材料強度特性研究（高分子材料）」（運営費交付金、外部資金）

〔研究代表者〕西村 伸（水素高分子研究チーム）

〔研究担当者〕山辺 純一郎、藤原 広匡、綾香 りつこ、泉 義徳、松本 隆志、田中 史浩、伊藤 雄三、金子 文俊、古賀 敦、大山 恵子、山部 匡央（他12名）

〔研究内容〕

目的・研究内容

燃料電池自動車や水素ステーションなど水素利用機器・インフラで実際に使用する材料は、長期間水素環境下で使用されます。水素機器に使用される樹脂・ゴム材料、特に高圧水素ガスシールに用いられる O リング用ゴム材料について、高圧水素暴露により劣化・破壊する現象の基本原則を明らかにします。これらの成果に基づき、燃料電池自動車や水素ステーション等、水素利用機器・インフラに用いられるシール材料の技術指針を確立します。

今年度は以下の成果が得られました。

- ・高圧水素ガス容器の実機で使用され、破壊が発生した O リングの調査および実機を模擬した条件での加減圧実験により、O リングの破壊現象を把握しました。O リングの破壊現象はゴム材料中に溶解した水素による気泡発生からき裂進展に至るブリスタ破壊、ゴム材料中への水素の溶解に伴う体積増加によるはみ出し破壊および座屈破壊の3種の破壊が起こることを見いだしました。
- ・ブリスタ破壊現象をより実機に近い形状の気泡によりモデル化し、発生した気泡からき裂が発生する際の気泡内圧を、ブリスタ発生限界内圧として高精度で定量化し、材料設計に反映しました。
- ・高圧水素ガスシール用ゴム材料の設計指針としてブリスタ発生限界内圧が高く、水素溶解量が低いゴム組成が望ましいことが判明しています。これに加え、実機使用中の O リングの有限要素法解析の結果から、水素の溶解による体積増加量が小さいことが必要であることを見いだしました。
- ・高圧ガスシール用 O リングに使用するゴム材料の候補材としてエチレンプロピレンゴム（EPDM）、水素化アクリロニトリルブタジエンゴム（HNBR）、シリコンゴム（VMQ）を選定しました。O リング試作の上、品質工学の手法を用いた高圧水素加減圧試験により、O リングの破壊現象に対する O リング設計パラメータや環境条件の影響を解析しました。その結果、材料種、温度、O リング充てん率、減圧速度の影響が顕著であることを見いだしました。これらの結果に基づき、O リング溝設計を含めた高圧ガスシールの最適設計について検討を進め、高圧水素ガスシール用 O リングの溝設計に対して狭いつぶし率、O リング充てん率の範囲で設定する必要があることを見出しました。
- ・水素配管やガスシール材など水素利用機器・インフラで使用される代表的な樹脂材料について、高圧水素暴露による材料特性への影響を検討しました。これまでデータが得られているポリエチレン（PE）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）に加え、ナイロン66などのポリアミド系樹脂、水素ガスバリア性に優れたポリビニルアルコール系樹脂について水素溶解量、水素透過量の測定、高圧水素暴露による材料特性への影響評価を実施した結果、水素溶解量は PE、PTFE に比べて小さく、特にポリビニルアルコール系樹脂ではほとんど水素露用開始なことが判明しました。これらの樹脂についても高圧水素暴露によるブリスタ破壊などの破壊現象は起こらないことが判明しています。
- ・ゴム材料の高圧水素による劣化を把握するため、高圧水素暴露材料の固体高分解能核磁気共鳴スペクトルを測定しました。その結果、計測したゴム材料（NBR）は高圧水素暴露による化学的な変化は検出

されませんでした。さらに、高圧水素曝露直後の測定を行った結果、ゴム材料中に溶解している水素分子を定量的に検出しました。ゴム中に溶解した水素分子はケミカルシフトおよび緩和時間が異なる2種の状態で存在し、緩和時間が小さい水素の溶解量がゴム材料の体積膨張に相関があることが判明しました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ガスシール、ゴム、樹脂、Oリング、材料強度、破壊、劣化、核磁気共鳴、品質工学

④【新燃料自動車技術研究センター】

(Research Center for New Fuels and Vehicle Technology)

(存続期間：2007. 4. 1～2014. 3. 31)

研究センター長：後藤 新一

副研究センター長：濱田 秀昭

上 席 研 究 員：葭村 雄二

所在地：つくば東、つくば中央第5、つくば西

人 員：15名 (15名)

経 費：333, 836千円 (78, 728千円)

概 要：

1. ミッション

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

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

これらのミッションは、第3期中期計画の「1-(2)-①バイオマスからの液体燃料製造・利用技術

の開発」、「2-(1)-④自動車エンジンシステムの高度化技術」、「3-(3)-②レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル・代替技術の開発」に直結するものである。

2. 運営・体制

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

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

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

3. 主要研究項目

1) 新燃料製造技術

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

2) 自動車エンジンシステム技術

① 新燃料燃焼技術

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

② 新燃料燃費・排出ガス対策技術

多機能型触媒コンバータの研究開発、NO_xな

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

③ 新燃料計測評価技術

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

3) 新燃料規格化・標準化推進

製造技術、燃焼技術及び燃費・排出ガス対策技術それぞれの基盤研究成果を基に、新燃料の規格化に必要な情報を整理し、新燃料の国内規格、アジア地域の規格を含めた国際規格・標準化を推進する。

4. 人材育成

研究センターのミッションのひとつとして、我が国と諸外国の研究人材・技術者の育成を掲げている。具体的には、国際共同研究、人材育成プログラム、燃料規格の国際調和などを通じて人材育成を実施する。これまで、タイの研究機関とのバイオ燃料の国際共同研究、フランスの研究機関との環境触媒（燃料製造や排出ガス処理触媒）に関する国際共同研究、JICA や新エネルギー財団のプログラムによるアジア諸国からの人材受入、東アジアサミットの決議によるアジア各国の専門家とのバイオ燃料の標準化ワーキングを実施しており、これらの活動をさらに発展させて行く。

外部資金：

- ・文部科学省 科学研究費補助金 誘電体バリア放電誘起噴流の高速化メカニズム解明に関する研究
- ・文部科学省 科学研究費補助金 スプライトに類似した実験室内放電における分枝形成機構の解明
- ・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発
- ・経済産業省大臣官房会計課 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力） 新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析
- ・経済産業省大臣官房会計課 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究

・国立大学法人東北大学 高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術および代替材料技術を活用したセリウム使用量低減技術開発

・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究助成金 能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発

・(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト／排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

・(独) 科学技術振興機構 ジャトロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術（非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術）

・(独) 国際協力機構 非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

・環境省 廃油脂類を原料とした動脈静脈連携型の次世代バイオディーゼル燃料製造技術の開発

・東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA） 東アジアにおけるバイオ燃料の指標およびバイオマス利活用の影響評価に関する研究

・競争的内部資金 自動車用 DME 燃料標準化加速研究－バイオ DME 製造方法の検討と不純物分析方法の確立－

発 表：誌上発表55件、口頭発表70件、その他9件

新燃料燃焼チーム

(Combustion and Engine Research Team)

研究チーム長：小熊 光晴

(つくば東)

概 要：

エネルギーの多様化と環境保全の観点から、(1)新燃料エンジンシステム技術、(2)次世代大型ディーゼルエンジンの高効率化と排気ガス低減技術に関する研究開発を実施し、民生・運輸分野における動力利用システムの石油依存度軽減、高効率化並びにクリーン化技術の実現を目指している。また、得られた成果や各種検証試験データの蓄積により(3)新燃料の標準化を推進する。具体的に、①新燃料利用システムの実用化研究開発では、環境負荷低減に資する新燃料利用システムの実用化・普及促進を目標とした研究開発として、不純物が DME ディーゼルエンジン性能に及ぼす影響

評価、ジャトロファ等 FAME 混合利用時のエンジンシステム影響評価、非食糧系バイオマスの輸送燃料化基盤技術などを実施している。②エンジン等燃焼技術に関する基盤研究では、エンジンシステムセンシング技術の高度化研究、有機ハイドライド利用廃熱回収エンジンシステム、DME 対応潤滑性評価方法の検討、CNG-軽油デュアルフューエル燃焼、CNG 直噴エンジン燃焼技術開発、アフターパーツ DPF の研究開発などの共同研究を推進し、萌芽的技術の発掘による新たなエンジンシステム開発の可能性を追求している。③超低環境負荷ディーゼル燃焼技術の研究では、高精度バーチャルエンジンシステムの研究、カムレス&超高压燃料噴射システム搭載単気筒テストエンジンでの実験的探求等を実施している。④新燃料標準化研究開発では、DME 燃料の国内外標準化（基準認証イノベーション技術研究組合（略称イノテック）事業として実施）、東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料の基準調和、バイオ燃料の品質及び計量標準、バイオ燃料分析室（仮称）の運用開始、アジア諸国技術者育成支援など、国内外標準化を推進している。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3

新燃料製造チーム

(Hydrotreating Catalysis Team)

研究チーム長：鳥羽 誠

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目 1

省エネルギーシステムチーム

(Energy-saving System Team)

研究チーム長：小淵 存

(つくば西)

概要：

本チームは産総研第3期中期計画において、2-(1)-④自動車エンジンシステムの高度化技術、および3-(3)-②レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル・代替技術の開発の一部を担っている。また、科学技術の観点からは、触媒化学および触媒反応工学に基づき、自動車に係わる省エネルギー性、省資源性に優れた触媒反応プロセス及びシステムの開発を目指している。このため主に、1) ポスト新長期規制後の NOx 規制強化などに対応できる触媒反応と自己熱交換（熱回収）機能を備えた自己熱交換式触媒リアクタ技術、さらにはフィルタ機能をはじめとする他の機能を併せ持つ多機能複合型の触媒リアクタ技術の創出、2) 資源的に稀少な白金族金属を使用する触媒について、その性能向上による白金族金属の使用量低減に関わる研究課題に取り組んでいる。今年度は、1) について、ディーゼル特殊自動車に関して、燃料由来還元剤および尿素を還元剤として用いる NOx 選択還元触媒に加えて、ディーゼルパーティキュレートフィルタ（DPF）を複合搭載した多機能一体型コンバータを試作した。2) については、Pt 系酸化触媒の活性向上のため、アルミナへの第2成分添加などによる担体の高度化を行うとともに、Pt 代替 PM 酸化触媒として有望な Ag-Pd 触媒の作用機構の解明を行った。さらに、企業との共同研究により、窒化ケイ素系 DPF へ Pt を効率的に担持する方法の検討、ガソリン車用三元触媒のセリウム低減に関する大学、企業との共同研究プロジェクトにおいて、触媒活性のスクリーニング評価などを行った。

研究テーマ：テーマ題目 2

排出ガス浄化チーム

(Emission Control and Catalysis Team)

研究チーム長：佐々木 基

(つくば中央第5)

概要：

ユニット戦略課題である「自動車エンジンシステムの高度化技術」に直結する、後処理触媒の白金族金属の代替や使用量低減を目指す研究開発および NOx などの有害物質に対する高性能後処理触媒の研究開発に取り組んでいる。前者については、近年の厳しい規制に対応する必要があるディーゼル重量車用排出ガス浄化触媒を対象に、性能を維持しつつ白金族金属使用量を低減した触媒を開発することを目指している。触媒活性種である白金まわりの環境を他の元素との複合や

担体表面状態の制御でコントロールすることによって、白金族金属使用量を低減しつつ、高い NO や炭化水素の酸化能力を有する触媒の開発を目指している。後者は、2014年から新たに NO_x 規制が予定されている特殊自動車排出ガスを対象に、スペース・エンジン制御に厳しい制限がある特殊自動車の特性を考慮した排出ガス浄化触媒の開発を目指し、燃料由来成分を還元剤とする NO 選択還元触媒（燃料由来 SCR 触媒）の性能向上の検討およびエンジン排ガスを用いた触媒評価を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 2

計測評価チーム

(Measurement and Evaluation Team)

研究チーム長：古谷 博秀

(つくば東)

概要：

計測評価チームでは、新燃料の普及および自動車の高度化に関わる計測評価技術の研究開発を実施している。新燃料の普及に大きく影響する燃焼品質規格への活動として、ガソリン混合用エタノールの JIS 化 (JISK2190：燃料用エタノール) の策定 (平成23年11月21日公表) に貢献した。また、国内生産の各種バイオエタノールに対して ISO で議論が行われている「pH」「酸化度」「電気伝導度」のデータを収集した。また、三井造船㈱と LIBS (レーザ誘起ブレイクダウン分光法) による当量比計測技術の研究を実施、エンジン実機内の当量比計測を実施し、100サイクルの平均により精度よく計測が可能であることを明らかにした。さらに、レーザ着火技術について、高压条件下でのレーザ着火の優位性を検証するため、圧縮比14のガスエンジンを過給条件で運転する試験を実施、希薄限界の拡大を確認し、今後のダウンサイジングおよび高 EGR 条件での高効率とクリーン化の両立の可能性が高いことを示した。また、自動車触媒のセリウム使用量を低減する技術開発として、同プロジェクトの中で提案された新規触媒の実車による評価を実施し、セリウム30%低減の目標達成に貢献した。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3

〔テーマ題目 1〕新燃料製造技術の研究開発

〔研究代表者〕鳥羽 誠 (新燃料製造チーム)

〔研究担当者〕鳥羽 誠、葭村 雄二、望月 剛久、
鈴田 哲也、陳 仕元、阿部 容子、
西嶋 昭生、大村 紀子、植松 育子、
松元 雄介 (常勤職員3名、他7名)

〔研究内容〕

既存の石油系輸送用燃料のクリーン化、特に低硫黄化は、自動車排出ガス処理装置に用いられている貴金属触媒や NO_x 吸蔵還元触媒の長寿命化に有効であり、触媒

酸化再生時の燃料使用による燃費悪化の改善が期待できる。このため、我が国ではサルファーフリー (S<10ppm) ガソリンや軽油が供給されているが、製油所でのサルファーフリー化処理をより温和な条件下で達成できる長寿命脱硫触媒に対するニーズは依然として高い。また、将来の更なる燃料高品質化技術、例えばゼロサルファー化 (S<2ppm) や低芳香族化を温和な反応条件下で可能にする触媒技術の事前構築に対する期待も高い。一方、運輸部門からの CO₂低減対策として、バイオマス由来輸送用燃料の導入へのニーズが急速に高まっており、食糧と競合しない未利用非食糧系バイオマス資源からの高品質輸送用燃料の製造を可能にする技術構築が求められている。このため、新燃料製造技術の研究開発では、高品質石油系燃料の製造技術、並びにバイオ系新燃料の製造・高品質化技術のキーテクノロジーである触媒技術に着目し、その基盤技術構築と本格研究を通して、最終的には都市環境と地球環境に優しい輸送用燃料の社会への提供・普及に貢献することを目的とする。

本年度は、産総研と日揮触媒化成㈱社とで共同開発した脱硫触媒のさらなる高性能化を目指し、新たに耐久性に優れた触媒を商品化した (商品名：LX-NC20)。開発に当たって、活性劣化原因を究明するため、脱硫活性点構造解析を行うことにより、担体と活性金属の相互作用を最適化し、硫化物種の凝集を防ぐことが活性劣化抑制に有効であるとの指針を得、開発触媒設計に反映させた。LX-NC20は、先に開発した脱硫触媒 (LX-NC10) と比較して寿命予測が3年となり、1年の高寿命化を達成できた。

一方、バイオ系新燃料の製造・高品質化技術の中で、油糧作物のトランスメチルエステル化により得られる脂肪酸メチルエステル (FAME) 型バイオディーゼル燃料 (BDF) の高品質化技術の開発を行った。FAME 型バイオディーゼルでは含有される多価不飽和脂肪酸メチルが酸化され易く、腐食性のある低級有機酸や重合物であるスラッジ等を生成しやすい欠点がある。このため、東アジアサミット推奨の BDF 品質 ((EEBS):2008) や日米欧の自動車工業会が提案する世界燃料憲章 (WWFC) の BDF 品質では、BDF の酸化安定性が強化されている (ランシマット法による酸化安定性誘導時間が従来の6時間から10時間に強化)。この酸化安定性強化に対応すべく検討を行った結果、高水素化能を有する貴金属系触媒を用いることにより、高压ガス保安法適用外の低水素圧条件下、温和な反応温度条件下で BDF の部分水素化が可能となり、東アジアサミット推奨の BDF 酸化安定性を確保できることが分かった。触媒に担持する貴金属量の低減を目指して検討した結果、担体の選択及び担持方法を見直すことにより、従来の触媒に比べて貴金属量を58%低減できることを明らかにした。

油糧作物や木質系バイオマスの急速熱分解生成油から輸送用炭化水素燃料を得るための触媒のスクリーニング

を実施し、貴金属系触媒はフェノール系含酸素化合物の水素化脱酸素には高活性であるが、脂肪酸系含酸素化合物の水素化脱酸素には硫化物系触媒が高活性を示すことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】輸送用燃料、バイオ系新燃料、高品質化触媒、脱硫触媒、サルファーフリー、低芳香族、バイオディーゼル、燃料品質確保

【テーマ題目2】自動車エンジンシステムの高度化技術の研究開発

【研究代表者】後藤 新一（研究センター長）

【研究担当者】後藤 新一、濱田 秀昭、小熊 光晴、辻村 拓、小淵 存、内澤 潤子、難波 哲哉、佐々木 基、鈴木 邦夫、Asima Sultana、古谷 博秀、篠崎 修、高橋 栄一、瀬川 武彦、文 石洙、広津 敏博、日暮 一昭、田中 亜紀子、野内 忠則、貝塚 昌芳、佐々木 利幸、喜多 郭二、蔦田 公仁、村松 雄也、青柳 賢司、脇川 真典、松丸 陽子、千葉 晃嗣、佐藤 直子、小澤 正邦、羽田 政明、金田一 嘉昭、大井 明彦、岩田 光夫、阿久津 将之、本澤 尚史、伊賀 達介、笠木 久美子、岡室 葉子（常勤職員12名、他27名）

【研究内容】

本研究テーマにおいては、自動車用エンジンシステム自体の高度化および、新燃料を利用した場合の最適化に資する研究開発を実施している。平成22年度においては以下の研究開発を実施した。

シミュレーションを駆使し、DME、CNG 軽油着火、エタノール混合燃料など新燃料のエンジン燃焼解析を進めた。結果の一例として、燃料噴射圧の増加は迅速な混合気形成に一定の効果があり、燃焼効率の向上に期待ができるが、過度な噴射圧の増加は機械効率の悪化を招き、燃料性状を考慮した適正噴射圧の選択が重要であることなどが挙げられた。また、エンジン室内の着火点付近での着火時の予混合気形成状況を測定することを最終目的として、LIBS（レーザ誘起ブレイクダウン分光法）による当量比計測技術の研究を実施、エンジン内での予混合気の測定を行い、100サイクルの平均では当量比を精度良く計測できることを確認した。さらに、レーザ着火技術について、高圧条件下でのレーザ着火の優位性を示すため、圧縮比を14とし、これを過給した条件において実験を実施した。この結果、レーザ着火により希薄限界は拡大し、今後、ダウンサイジングによる高圧条件および、低 NOx のための高 EGR 条件下において、新しい着火デバイスの導入により高効率とクリーン化の両立の

可能性が高いことを示した。

ディーゼル特殊自動車の排ガスに対する規制強化に対処できるコンパクトな排ガス浄化システムの開発が求められている。これに対応するため、センターでは環境省公害防止等試験研究において、「ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究」に取り組んだ。自己熱交換機能を備えた、排気量 3.3L のエンジン排ガスを処理できる主要部体積 6.6L のコンバータを試作し、酸化触媒、DPF、NH₃-SCR 触媒等を搭載し、NH₃を NOx 還元剤として用いることにより、NOx 等のガス状有害成分と PM の同時除去性能試験を行った。自己熱交換作用によりコンバータ内部温度を常に320℃に保つことが可能になり、この効果によって NOx、PM 除去率90%以上の目標を達成した。

熱回収コンバータに搭載する触媒については、昨年度までに見出した触媒の組成・金属量等を最適化し、それに基づき特許を出願するとともに、コンバータ評価のための触媒としてハニカム加工を行った。白金族を低減した触媒については、Pd との複合により耐久性の向上を図るとともに酸性酸化物による表面修飾で特性が向上することを見出した。また、第2成分元素を少量添加したアルミナを担体とする Pt 触媒について活性を向上させる成分を見出し、その時の担体が多元構造を持つ場合活性が向上することを明らかにした。さらに、DPF 用触媒として Ag-Pd/Al₂O₃触媒のスス燃焼に対する活性種の明確化を行い、Ag-Pd 合金が金属状態を保持しやすいことを見出した。上述の知見等に基づき調製した候補触媒のいくつかは、模擬ガス条件で白金族使用量を40%低減しつつ従来触媒と同等の酸化活性を有すなど、プロジェクトの中間目標を満足した。

これに加え、自動車触媒のセリウム使用量を低減する技術開発として、同プロジェクトの中で提案された新規触媒の第一次評価および実車による評価を実施し、セリウム30%低減の目標達成に貢献した。

さらに、平成22年度より経済産業省委託「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」に参画し、米国エネルギー省傘下の国立研究機関と共同研究を実施している。ローレンス・リバモア国立研究所との共同研究では、新たな製造方法によって作られたバイオマス由来燃料の化学反応動力学モデルの研究開発を行っている。平成23年度からはアルゴンヌ国立研究所との共同研究も開始し新燃料の物理的影響の解明に努めており、同事業によりバイオ燃料等の新燃料の高度利用・標準化を促進している。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】自動車、予混合圧縮着火燃焼、PCI 燃焼、バイオ燃料、バイオディーゼル燃料、ジメチルエーテル、DME、レーザ着火、希少金属、白金、セリウム、代替材料、

排ガス浄化、酸化触媒、三元触媒コンバータ、自己熱交換作用、省エネルギー、燃費、ディーゼル特殊自動車、燃料由来 NOx 還元

〔テーマ題目3〕新燃料標準化の研究開発

〔研究代表者〕後藤 新一（研究センター長）

〔研究担当者〕後藤 新一、小熊 光晴、古谷 博秀、
葭村 雄二、鳥羽 誠、広津 敏博、
日暮 一昭、田中 亜紀子、貝塚 昌
芳、佐々木 利幸、喜多 郭二、野内
忠則、原田 皓三（常勤職員4名、他9
名）

〔研究内容〕

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

1) 東アジア地域におけるバイオディーゼル燃料品質のベンチマーク策定

東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業のワーキンググループ運営を継続し、東アジア地域実市場のためのバイオディーゼル燃料品質管理手法確立の検討に着手し、各国で対応可能な分析ラボのリストアップと、品質分析方法の統一に向けた議論を開始した。

2) DME 燃料の国内外標準化

エキスパートとして参加してきた ISO/TC28/SC4/WG13（DME 燃料品質）および同 WG14（DME 燃料品質の分析方法）の議論を、各種バックデータを基に主導し、品質については WG→CD、各種分析方法についてはラウンドロビンテストを主導的に実施し、ドラフトの完成度向上に貢献した。なお、WG13についてはコンビーナに就任した。また、添加剤により沸点範囲が広がる自動車用 DME 燃料について、高沸点成分が各種分析方法に及ぼす影響を精査し、ガスクロマトグラフ（GC）以外は対策がほぼ不要であることを明確にした。また、多種不純物が混入した DME による潤滑性を評価し、水分以外の影響はほぼ問題ないことを確認した。

また、ISO での進捗を反映させ、DME 燃料品質及びその分析方法の JIS 原案作成と原案作成委員会の開催等を実施し、国内標準化も併行して実施中である。

3) バイオ燃料の ISO および JIS 化対応支援

ガソリン混合用エタノールの規格について、エタノールに純水を50%混ぜ一般的な pH メータで測定を可

能とする手法を展開し、JISK2190（燃料用エタノール）の策定（平成23年11月21日公表）に貢献した。また、国内生産の各種バイオエタノールに対して「pH」「酸化度」「電気伝導度」のデータを収集した。

〔分野名〕環境・エネルギー

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

⑤【メタンハイドレート研究センター】

(Methane Hydrate Research Center)

(存続期間：2009. 4. 1～2016. 3. 31)

研究センター長：成田 英夫

副研究センター長：海老沼 孝郎、天満 則夫

所在地：北海道センター、つくば西事業所

人員：13名（13名）

経費：739,888千円（64,019千円）

概要：

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

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

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

- 1) メタンハイドレート資源から天然ガスを効率的かつ大量に生産するための「生産技術の開発」
- 2) 生産時の生産挙動や生産性を評価するために不可欠な貯留層パラメータを解析し貯留層モデルを構築

する「貯留層特性の評価」

- 3) 信頼性が高くかつ実践的な生産性や生産に伴う地層挙動を評価するシミュレータ開発のための「生産モデルの開発」
- 4) 生産時のメタンハイドレート再生成や坑井内の流動状態を解析し生産障害を回避するための「物理特性の解析」

「生産技術の開発」においては、強減圧法、通電加熱法等生産手法のエネルギー効率向上、回収率の向上のための研究、生産時の細粒砂移流・蓄積、メタンハイドレート再生成による浸透率低下等の生産障害因子を解析し生産障害対策技術の開発を実施するとともに、サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析し、その回収率に対する効果を評価する。また、メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内大型産出試験設備による検証を行う。「貯留層特性の評価」においては、生産シミュレータによる生産性評価や地層変形シミュレータによる地層変形評価に不可欠なメタンハイドレート濃集域の貯留層モデルを構築するために、海洋産出試験事前掘削コアの層分析、断層のパラメータ評価、地層の不均質性の評価を行い、貯留層モデルを開発する。「生産モデルの開発」においては、コア試験によるメタンハイドレート層の力学パラメータ取得の継続や坑井の健全性評価のための室内貫入試験装置による接触面強度等のパラメータ取得を行うと共に、メタンハイドレート貯留層の圧密変形・強度特性、生産時の地層内応力分布等を扱うことが可能な地層変形シミュレータを高速化する。さらに、同シミュレータを用いて生産時の坑井壁に負荷される応力を解析し、海洋産出試験における坑井の健全性評価を行うと共に、実践的な生産性評価を行うための生産シミュレータのアップスケール手法の開発を行う。「物理特性の解析」においては、高圧・低温環境下にある生産坑井内での気液二相流の流動特性の解析を行うと共に、実環境条件におけるメタンハイドレートの再生成について解析を実施する。また、地層内でのメタンハイドレート再生成の評価に必要なメタンハイドレート層の熱特性の評価を行う。

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

メタンハイドレート研究アライアンス事業においては、メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する

連携を行う7企業7大学からなる「生産手法開発グループ」および機能活用技術の工業化に関心の高い8企業と7大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、企業に対する技術移転、大学人材の育成を通じ工業化を促進するほか、国民・社会との対話事業として、サイエンスカフェ、実験教室、出前講座、講演会、定例シンポジウムなどを開催する。これらの事業によって、当センターがメタンハイドレート研究のプラットフォームとなることを目指している。

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

発表：誌上発表50件、口頭発表64件、その他3件

生産技術開発チーム

(Production Technology Team)

研究チーム長：長尾 二郎

(北海道センター)

概要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産において、高い生産性と回収率を確保するための生産手法、生産増進法の開発を実施している。また、生産性の低下要因である細粒砂蓄積やメタンハイドレート再生成による流動障害等、ハイドレート貯留層からの天然ガス生産の安定性を阻害する生産障害因子の定量的解析や数値化モデルの開発を通して、生産障害対策技術、抑制技術の開発を行うとともに、持続的な天然ガス生産性評価の一環として、サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析すると共に強減圧法において生成した氷の潜熱を利用した増進回収法の解析からその回収率に対する効果の検討を実施している。さらに、メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備による検証を実施している。一方、液化天然ガスに代わる新たな省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵媒体としてのガスハイドレート利用促進を目的に、ガスハイドレートの力学特性の解析、自己保存性などガスハイドレート特有の現象の発現機構の解明や新たな分解制御技術開発等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

貯留層特性解析チーム

(Reservoir Modeling Team)

研究チーム長：皆川 秀紀

(北海道センター)

概要：

メタンハイドレート資源開発における生産シミュレ

ータによる生産性評価や、地層変形シミュレータによる地層変形評価に不可欠なメタンハイドレート濃集域の貯留層モデルを構築するため、メタンハイドレート層の分析、断層パラメータの評価、地層の不均質性の評価を行い、三次元貯留層モデルの開発を行っている。研究内容は、メタンハイドレート層の力学特性・浸透率特性に関するパラメータの取得と数値解析式の構築、採取された天然堆積物の分析と各種物性に関するデータベース作成、地層中に内在する不均質性と断層などの不連続性を考慮した三次元貯留層モデルの開発、メタンハイドレート層からの天然ガスの増進回収法の開発、検層データの高精度解析、および高圧条件下でメタン生成菌のメタン生成能の評価である。これらの研究を産総研内外の研究機関と連携しながら進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

生産モデル開発チーム

(Reservoir Simulator Team)

研究チーム長：天満 則夫

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート資源からの天然ガス生産においては、生産性や貯留層内の温度・圧力分布を評価する解析手法が必要なほか、安全で安定な生産を実現するための地層変形や応力分布を数値的に解析する手法が不可欠である。メタンハイドレート貯留層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するために、メタンハイドレート層に係る強度等の力学パラメータを継続して取得するとともに、坑井にかかる応力を評価するために室内貫入試験装置を用いて、坑井の健全性評価に必要なケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面強度等のパラメータ取得を行い、開発中の地層変形シミュレータの解析精度の向上を図っている。また、生産挙動を高い精度で予測・解析する生産性・生産挙動評価技術の開発では、詳細な現場データに基づく数値解析モデルと等価な解析結果が得られるようなアップスケーリング手法の開発を行い、計算負荷の軽減が可能となる数値モデルの最適な分割手法等のシミュレータ機能の強化に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1

物理特性解析チーム

(Physical Property Analyses Team)

研究チーム長：山本 佳孝

(つくば西)

概要：

メタンハイドレート資源の開発における生産障害対策・抑制技術として、メタンハイドレート再生成過程を含む気液固三相流れのシミュレーションのための物性データ取得、ハイドレートの膜厚・成長速度等を予

測可能なモデルの構築等を行っている。また、細粒成分を含む系におけるメタンハイドレート生成・分解過程解明のため、泥水成分や塩類の生成・分解反応に与える影響等を解析している。さらに、砂、ガス、水、メタンハイドレートが共存する系での熱伝導率を測定し、生産時の熱伝導率数値解析式を開発している。坑井周辺のスキニング問題に対しては、多相流数値モデルを用いて多孔質内における細粒砂の移流・蓄積によるスキニング過程の解明および対策技術の開発を行っている。ガスハイドレートの機能活用技術として、ガスハイドレートの熱交換媒体としての利用を目的とした各種ハイドレートの相平衡、相転移潜熱、ケージ占有率について、実測及び統計熱力学的モデルによる推算などによる検討を行っている。また、超音波霧化器を用いた低温・低圧下のハイドレート高速生成技術、ハイドレートを固定相とするガスクロマト分離などの研究を国内外の大学と協力して行っている。

[テーマ題目1] メタンハイドレート資源の生産手法開発に関する研究開発

[研究代表者] 成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

[研究担当者] 海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、神 裕介、今野 義浩、皆川 秀紀、鈴木 清史、江川 浩輔、宮崎 晋行、山本 佳孝、川村 太郎、平林 紳一郎、米田 純、緒方 雄二(兼務)、清野 文雄(兼務)、小笠原 啓一(兼務)(常勤職員16名、他36名)

[研究内容]

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

生産技術の開発では、強減圧時のガス生産挙動を生産シミュレータによって解析し、坑底圧2MPaの生産条件では地熱の流入に伴い、再生成した坑井近傍のメタンハイドレートが再び分解し生産が再開されるとともに、貯留層深部の圧力が減圧されることにより貯留層内に氷が生成し、その生成潜熱の影響によってガス生産速度が上昇し坑底圧3MPaの条件に比べて10年後のガス生産量が約2倍に増加することを明らかにした。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、大型室内産出試験設備による減圧実験を行い減圧過程のガス・水生産挙動を解析し、開発した大型室内試験装置でフィールドを模擬した生産挙動が得られることを確認した。また、ホットディスク法により、第1回海洋産出試験事前調査井掘削コア試料(泥層試料)の熱伝

導率を原位置圧力温度条件下で測定したほか、豊浦砂を用いた4成分系模擬コア試料を作製し、ハイドレート分解条件下での熱伝導率測定を実施した。生産障害の解析については、ハイドレート再生成による生産障害をモデル化するため、過冷却度に対する孔隙内メタンハイドレートの生成挙動を赤外分光法により解析し、孔隙水表面での膜状ハイドレート生成に起因した2段階生成が生じることを明らかにした。また、低濃度のスラリーを圧入した場合の浸透率変化を実験的に解析し、細粒砂蓄積に伴う浸透率低下を細粒砂の粒径及び飽和率の関数とする数理モデルを構築したほか、多孔質内の細粒砂の移動、蓄積を再現する固液二相流計算プログラムを改良した。さらに、メタンハイドレート再生成による管内流動障害発生条件と閉塞過程及びインヒビタ添加による管内閉塞対策解析、坑井内流動解析シミュレータ開発などを引き続き行った。生産時熱伝導モデルの開発においては、メタンハイドレート堆積物分解熱物性評価装置を用いたコア試料の熱伝導率解析を行い、コア試料中のハイドレートの分解に伴う熱伝導率の変化を評価した。

貯留層特性の評価では、地層の減圧時に生じる圧密による浸透率変化を測定し、泥質分を多く含むメタンハイドレート貯留層の場合は、理想的な砂層とは異なる数値解析式を適用する必要があることが分かった。また、地層の連続性を評価するため、確率論的最適化法を導入し、物理検層データより取得したネットグロス比と海底地形復元モデリングの結果に基づいた200パターンでの堆積シミュレーション結果から各種パラメータ値を決定した。さらに、事前調査井掘削において、メタンハイドレート層より上位の泥勝ち砂泥互層のコア試料を用いた力学試験結果から決定した力学パラメータを地層変形シミュレータに導入した。海洋産出試験における坑井健全性評価を実施した。

生産モデルの開発では、メタンハイドレート層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するための強度等の力学パラメータを実験的に継続して取得した。また、地層の圧密による浸透率低下モデル式のフィールドスケールでの動作検証のための感度解析を実施し、メタンハイドレート飽和率による浸透率変化を明らかにした。さらに、坑井にかかる応力を評価するための室内貫入試験装置を用いて、セメントの水セメント比がケーシングセメント間のピーク周面摩擦力にほぼ影響しないことを明らかにするとともに、ケーシング、セメントおよび地層の各材料間の接触面のデータ取得を行い、地層変形シミュレータの精度向上を図った。生産期間中における坑井の健全性評価においては、減圧区間や減圧の速度、坑井と地層境界の接触面強度等をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する感度解析を行い、坑井内の圧力を数日間かけて減圧する場合に、急激に減圧するよりも坑井に作用する応力が低くなる効果があることを明らかにした。生産性・生産挙動評価においては、アッ

プスケーリング手法の開発を行い、シミュレーション実行時の計算負荷の低減を可能とする数値モデルの分割手法の改良を行ったほか、海産試験候補地の貯留層モデルの再構築ならびに生産挙動予測を行い、海産試験地の選定を行った。また、高速 X 線 CT 装置によって相対浸透率の実験的解析を行い、差圧の変動がメタンハイドレートコア内の連続相の移行に強く依存することを明らかにした。

メタンハイドレート研究アライアンス事業において、企業、大学が参加する生産手法開発グループを運営し、それぞれ3回の意見交換会および研究成果発表会を開催した。また、大学研修生受入れ14件、企業への技術転移5件等の人材育成を行ったほか、サイエンスカフェ・実験教室開催10回、依頼・招待講演10件、40件の取材対応等を通じ、国民との対話を推進した。加えて、メタンハイドレート研究に関する4回の講演会および国内のメタンハイドレート関連研究者が一同に会した第3回メタンハイドレート総合シンポジウムを開催した。

【分野名】環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】ガスハイドレート機能活用技術の開発

【研究代表者】成田 英夫

(メタンハイドレート研究センター)

【研究担当者】海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、皆川 秀紀、山本 佳孝、清野 文雄(兼務)、小笠原 啓一(兼務)

(常勤職員7名、他4名)

【研究内容】

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

ガスハイドレートによる新たな省エネルギー的天然ガス輸送・貯蔵技術においては、ガスハイドレート表面へセミクラスレートハイドレートを被覆することによって、これまでより高温でかつ低圧でガスハイドレートの分解を抑制する新たな分解抑制技術を開発し、被覆条件と分解挙動に相関が有ることを見出した。また、今後貯蔵・輸送媒体として期待されている H 型ハイドレートに関して、生成温度と相平衡温度との差が得られるハイドレ

ート結晶の成長速度に大きな影響を与えることなどを明らかにした。さらに、エタンハイドレートにおいて発現する自己保存性について、表面の分解水が過冷却状態として皮膜を生成することが、自己保存性の発現に寄与していることをラマン分光から明らかにした。超音波霧化法による低温低圧ハイドレート生成においては、反応面積に加え、生成物の充填率の変化を考慮したモデルを構築した。また、構築した生成速度モデルを用いて実験結果の解析を行い、CO₂の拡散係数を決定した。

ハイドレートの冷熱利用の研究においては、前年度に引き続き企業との共同研究を実施し、より高温・低圧で作動可能なクラスレートの探索を行った。今年度は、ヒートポンプ冷媒としての TBAC-Kr、TBAF-Kr 系ハイドレートの熱力学的特性を検討し、生成温度の高温化を図った。また、東京大、計測フロンティア研究部門と連携し、ハイドレート冷熱を用いた農工融合に関する共同研究を実施した。

ガス分離技術の開発においては、ガスハイドレートの選択的なガス包蔵特性を利用して、硫化水素、CO₂等のガスを分離するための研究開発を行った。特に、常温、常圧で安定であり、ガスハイドレートと類似な水分子から成る籠状結晶構造を持ち、四級アンモニウム塩等を包接するセミクラスレートハイドレートの利用を進めた。セミクラスレートハイドレートの結晶構造には、小径のガス成分を選択的に取り込む中空の12面体の籠状構造が多く含まれており、この中空の籠状構造に、特定のガス種を選択的に取り込ませることにより、常温、常圧でガス分離を行うものである。本年度は、ガス分離に適するセミクラスレートハイドレート生成剤を探索するために、示差走査熱量計などを用いて、セミクラスレートハイドレートの融点、融解熱、安定性、これら物性に対する中空籠状構造へのガス分子包接の効果などを評価した。また、硫化水素除去が必要な排ガスの有効利用を目的に、硫化水素と共存する排ガス成分について、セミクラスレートハイドレートの包接特性を評価して、排ガス中の燃料成分を製品ガスとして分離できることを明らかにした。本研究開発課題については、さらに、新規機能活用技術として、TBAB セミクラスレートハイドレートを固定相とするクロマトグラフィを検討し、極性及び分子径の溶出時間に及ぼす影響に関する知見を得た。

メタンハイドレート研究アライアンス事業として、工業化に関心の高い企業と大学を結集した「ガスハイドレート産業創出イノベーション」を運営し、総会のほか4回の意見交換会、1回の講演会を開催し、研究成果の発信、冷熱利用に係る調査報告書の作成を行うと共に、産総研オープンラボおよび関西地区の中小企業を対象とした展示会において成果を発信する等、民間企業との連携を目指した取り組みを積極的に行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ガスハイドレート、セミクラスレートハ

イドレート、天然ガス輸送、天然ガス貯蔵、自己保存効果、炭酸ガス分離、硫化水素分離、冷熱利用、冷凍システム、ヒートポンプ、TBAB、THF

⑥【コンパクト化学システム研究センター】

(Research Center for Compact Chemical System)

(存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31)

研究センター長：花岡 隆昌

所在地：東北センター

人員：28名 (28名)

経費：537,962千円 (309,108千円)

概要：

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

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

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

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

ン지니어リング技術に取り組んだ。

上記のエンジニアリング技術は、化学産業のみならず、様々な産業における環境負荷低減に寄与できる。このため、塗装、材料の塗布技術、コーティング、印刷等、各種のものづくり産業において、有機溶媒の大幅使用削減や工程の簡素化、エネルギー消費削減に大きな効果があることを見出し、技術の確立と技術移転に取り組んだ。特に、開発の進んでいる高圧二酸化炭素を利用した塗装技術について、連携企業による製品化に向け技術移転を推進した。

- 2) 無機材料プロセス技術の開発：化学プロセスのグリーン化技術開発では、無機多孔質材料や無機層状物質は大きな役割を果たす。特に、触媒や環境浄化材料、吸着・分離材料等、また、高温や有機薬品等に暴露される部位の材料として有効である。本研究センターではこれまで、新規な無機材料として、粘土膜の利用技術の開発に大きな成果を挙げ、また、層状化合物やゼオライト、多孔体材料等のシリケート材料を中心とした材料創製・評価・機能化・部材化技術の研究開発にも成果を挙げてきた。粘土膜等の製品開発段階にある材料については、企業との共同研究により技術移転を積極的に進め、コンソーシアムを活用して効率的に新たな製品化を推進した。

また、シリケート材料の合成・構造解析技術を活用して、新規な多孔質材料等の創出とそれを利用する分離膜等の部材、無機・バイオハイブリッド材料の開発を行い、プロセスへの適用を進めた。さらに、これら材料の持つ場の特性を利用し、様々な分子やイオン認識機能を高度化して計測手法へ適用するとともに、超臨界流体場やマイクロ波等の特殊環境場を利用した材料製造技術開発、材料の複合化に取り組んだ。開発材料については、耐高温高圧材料、バイオプロセス材料、膜分離材料、触媒反応材料等へと発展させ、他の重点研究課題と協奏的に発展させた。この他、無機材料の特質を生かし、太陽電池部材、電子デバイス材料、センサー材料への応用を外部や産総研内部のポテンシャルと連携して実施した。

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

具体的には、触媒反応技術を中心とした水・二酸化炭素媒体と触媒等の最適化による新規な反応系の開発や、マイクロリアクターや小型マイクロ波装置・膜型反応器と触媒反応の融合による反応場の開発と利用技術の開発を行った。また、無機材料やプ

ロセス技術と融合したバイオ触媒技術、シミュレーション技術等を融合した研究開発やイオン流体を用いた複合的なガス分離技術開発を進め、低環境負荷型の化学プロセス提案を目指した。

仙台に設置されている本研究センターにおいては、昨年度末に発生した大震災により、研究機器や試料に極めて大きな被害を受けた。特に、大型測定機器については、様々な支援を受けつつも現段階では再整備中であり、この間の研究活動に大きな支障を生じたことは極めて残念であった。

内部資金：

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

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発／高性能ゼオライト触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発」

公益法人みやぎ産業振興機構 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業「不燃透明複合材とそれを用いた照明カバーの製造技術の開発」

国立大学法人長岡技術科学大学 平成23年度環境研究総合推進費「環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「ナノ空孔材料とマイクロ流路を利用する食品関連機能性化学品製造に向けた酵素固定化マイクロリアクターシステムの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「バイオエタノール製造プラント残渣のガス化技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「高耐酸性分離膜を利用した工業用エステル製造に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「天然ゼオライトー有機高分子樹脂複合多孔体の成型と構造制御に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「マイクロ波利用流通反応器における高速高精度温度測定法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「低温成形配線用ナノ粒子インク材料を目的とした窒化銅微粒子の合成」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「揮発性溶剤を用いる吸収式VOC除去・回収技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「飽和炭化水素とアルコールを用いたプロピレン製造技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディステージ探索タイプ「高圧二酸化炭素を用いた厚膜塗工プロセスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 平成21年度先端計測技術・機器開発事業「高次ナノ構造・酵素を利用した迅速・高感度な農薬センサの開発」

独立行政法人日本学術振興会 平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー

文部科学省

科学技術総合推進費補助金「国際共同研究の推進 水と二酸化炭素を利用するサステイナブル触媒反応システム開発」

文部科学省 科学研究費補助金「規則性2次元ナノポーラス材料を用いた揮発性芳香族化合物ガスセンサ用検知膜の創製」

文部科学省 科学研究費補助金「リサイクルプロセス構築のための高温水中でのモノマー類の熱安定性評価と基礎物性測定」

文部科学省 科学研究費補助金「膜型反応器とマイクロ波照射の融合による化学反応の高効率化」

文部科学省 科学研究費補助金「アルキルフェノール類の立体選択的水素化法の開発」

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

文部科学省 科学研究費補助金「CO₂ハイドレート蓄熱システムの開発に向けた基礎研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「イオン液体を用いた新しいガス分離・精製方法の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「二酸化炭素冷媒で作動する圧縮吸収ハイブリッドサイクルの研究開発」

独立行政法人宇宙航空研究開発機構「イオン液体を用いた環境浄化システムの開発に関する研究」

財団法人東北開発記念財団「水と二酸化炭素により生成する炭酸を利用する脱水反応」

財団法人日本科学協会「微量のイオン液体に溶解したガスの体積濃度の測定」

財団法人能村膜構造技術振興財団「炭素繊維及び粘土鉱物を用いた建築用コンポジット膜の創製」

発表：誌上発表75件、口頭発表172件、その他11件

コンパクトシステムエンジニアリングチーム

(Compact System Engineering Team)

研究チーム長：鈴木 明

(東北センター)

概要：

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

マイクロ反応場と高温高圧水との協奏により、有機

溶媒を用いない C-C カップリング等各種の有機合成プロセスや粒径が均質になるよう高度に制御された金属酸化物ナノ粒子合成プロセス等の研究・開発を行っている。また、超臨界二酸化炭素を反応媒体とした酸素酸化や、金属ナノ粒子担持メソポーラスシリカ触媒による還元プロセス、ポリマーナノ粒子の製造技術についての開発、二酸化炭素を用いた粘度低減・霧化技術による革新的な塗装プロセスや同技術による最先端ものづくり技術の開発を行っている。さらに、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発とその特性評価及びイオン液体の新規分野の開拓を実施している。

研究テーマ：高温高压エンジニアリング技術の開発、水、CO₂を媒体とした脱有機溶媒製造プロセスの開発、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの開発

触媒反応チーム

(Catalysis Team)

研究チーム長：白井 誠之

(東北センター)

概要：

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

具体的には、1)超臨界二酸化炭素溶媒と固体触媒を利用する多相系システムにより、医薬品中間体や化成品原料の合成反応について検討を行っている。このシステムでは、これまでの液相系や有機溶媒利用プロセスに対して、反応の高速化とそれに伴う反応温度の低下、装置のコンパクト化、生成物分離工程簡略化、触媒寿命向上等の特長を有する。2)高温水を用いる化成品原料製造システムでは、種々のバイオマスや廃棄物からの化成品原料回収やガス化技術、さらに、プラスチック等高分子のケミカルリサイクル研究を実施した。3)パラジウム膜利用反応システムでは、パラジウムの有する金属触媒能と水素透過能を利用し、還元的水酸基導入反応や水素分離供給装置の開発と利用を検討している。4)マイクロ波利用研究では、マイクロ波による均一加熱方式により短時間かつ精密な温度制御を可能とする反応場構築を目指し、研究開発を実施している。以上の研究を中心に、その場観察する基礎的研究から、高機能触媒開発や新たな反応系の開拓を行い、触媒反応プロセスの実用化を目指している。また、水素を選択的に透過するパラジウム膜を利用した還元的水酸基導入反応や水素分離供給装置の開発と利用、マ

イクロ波を利用した新規の触媒反応系の開拓とその装置化研究も実施した。

研究テーマ：超臨界二酸化炭素を利用する固体触媒反応、高温水を利用する触媒反応、パラジウムメムブレインリアクター、マイクロ波を利用する各種反応器開発

ナノポーラス材料チーム

(Nano-porous Material Team)

研究チーム長：花岡 隆昌

(東北センター)

概要：

ナノポーラス材料チームでは、「低環境負荷型化学製品製造のためのミニ・マイクロプラントの提示」に必要な、高度の分子認識能、触媒機能、分離機能等を持つ新規材料の開発と解析、膜化等の部材化、モジュール化の技術開発を行ってきた。特に、無機材料を中心に、ナノメートルサイズの空間や規則構造を持つ材料の創製、元素の特性を生かした機能化、様々な分子の特性を生かした複合化により目標達成を推進している。

材料創成の面では、ゼオライト、メソポーラス物質、層状化合物、粘土等を利用した、幅広い多孔質材料を主な対象とし、ミクロ・ナノ構造や材料物性の解明、新材料設計と合成法の開発とともに、機能性有機分子、酵素等の生体関連物質との複合材料開発、結晶成長の制御等を利用した高性能なナノ空間材料の開発を目指している。また、材料の利用では、膜部材化による気相・液相での選択的分離精製、環境浄化・殺菌、高性能触媒等への応用とプロセス開発を他の研究チームと共同で進めている。さらに、生体分子と無機材料の複合化の研究を通じて、バイオ触媒反応の開発やセンサー材料等の応用についても、研究開発に取り組んでいる。

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

先進機能材料チーム

(Advanced Functional Materials Team)

研究チーム長：蛭名 武雄

(東北センター)

概要：

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

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

新材料開発のターゲットとしている。

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

材料機能の応用例として、1) ナノ粒子合成を基礎とする蛍光体や導電性ペーストの開発、2) 高選択性イオン分離材の合成、3) 粘土素材を利用したシート材製造及び太陽電池部材への応用、4) 無機有機複合構造を有する機能化膜等がある。

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

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

無機生体機能集積チーム

(Bio-Inorganic Materials Property Integration Team)

研究チーム長：角田 達朗

(東北センター)

概要：

無機生体機能集積チームでは、コンパクトでシンプルな化学プロセスを実現するため、生体高分子材料、特に、酵素の特性・機能を積極的に利用するため、無機多孔質材料との複合化を中心に関連技術の開発を行っている。

1) タンパク質のリフォールディング技術の確立

大腸菌発現系等により産生されたタンパク質において、しばしば問題となる封入体形成を解決するため、また、熱変成等を受けたタンパク質の可溶化、機能回復法として、ゼオライトを用いたリフォールディング手法の技術的確立、技術の質的向上を行っている。

2) 酵素固定化担体を用いた酵素反応システムの開発に関する研究

無機多孔質材料の合成と共にそれらの材料が有するミクロ、メソ、マクロな細孔空間の特異性を積極的に利用し、担体側の表面処理等も加えることで、酵素の固定化担体としての特性向上を目指し、汎用性を有する酵素リアクターの実現を目指している。

3) 生体高分子と無機材料との複合化による新規機能創出とその利用

タンパク質や DNA 等の生体高分子と多孔質構造を有する無機材料との組み合わせにより、酵素の高度利用、タンパク質の精製・分離・結晶化等、新規

機能の創出とその利用を展開している。併せて、新規多孔質材料、無機生体高分子ハイブリッド材料の開発も行っている。

研究テーマ：タンパク質のリフォールディング技術の確立、無機多孔質材料の生体高分子材料への高度利用技術の開発、酵素利用反応プロセスの開発、生体模倣反応プロセスの開発

[テーマ題目1] 高温高压マイクロ化学システムエンジニアリング技術の開発

[研究代表者] 花岡 隆昌 (コンパクト化学システム研究センター)

[研究担当者] 花岡 隆昌、鈴木 明、米谷 道夫、川波 肇、相澤 崇史、増田 善雄、川崎 慎一朗、石坂 孝之、永翁 龍一、畑田 清隆、鈴木 敏重、横山 敏郎、Chatterjee Maya、伊藤 香蘭、大川原 竜人、石垣 厚、小川 佳代子、石田 憲士、櫻井 優子、藤村 洋、Javaid Rahat (常勤職員9名、他12名)

[研究内容]

高圧二酸化炭素を利用し、スプレー塗装における VOC 排出を大幅に抑制する技術を開発してきた。本技術 (CAT: CO₂ Atomizing Technology) は、材料の薄膜コーティングや微粒子製造等の高粘性の有機物を扱うものづくり工程に広い応用展開が可能である。本技術は、二酸化炭素を有機溶媒の代替として用いることによる環境負荷の低減とプロセスの高効率化を提案するものであり、様々な噴霧試験に対応できる基盤的利用施設の整備を行った。その結果、多数の民間企業との共同研究を加速的に実施できる環境が構築された。

さらに、高温高压水とマイクロリアクター技術を融合した新規な化学プロセスに対応できる装置を開発した。この反応装置により、様々な有機合成反応が水を媒体として実現でき、同時に従来に比べ装置の大幅な小型化と省エネ化が達成されることを示した。また、燃料電池触媒等に応用する金属微粒子の高速高効率な連続合成技術を開発してきた。例えば、多段マイクロ合成技術を駆使した金、白金等のコア・シェル金属微粒子、ポリマー (ポリイミド) 微粒子への応用に発展させ、新しい材料の製造方法として提案した。

[分野名] 環境・エネルギー

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

[テーマ題目2] 無機材料プロセス技術の開発

[研究代表者] 花岡 隆昌 (コンパクト化学システム研

究センター)

〔研究担当者〕花岡 隆昌、角田 達朗、蛭名 武雄、林 拓道、和久井 喜人、中村 考志、清住 嘉道、長瀬 多加子、石井 亮、池田 拓史、長谷川 泰久、川崎 加瑞範、Shanmugam Venkatachalam、鈴木 麻実、富樫 哲、関川 秀雄、庄司 絵梨子、岩田 伸一、志村 瑞己、夏井 真由美、阿部 千枝
(常勤職員11名、他10名)

〔研究内容〕

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

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

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

〔分野名〕環境・エネルギー

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

〔テーマ題目3〕融合反応場技術の開発

〔研究代表者〕花岡 隆昌 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕花岡 隆昌、金久保 光央、牧野 貴至、白井 誠之、佐藤 修、佐藤 剛一、西岡 将輝、日吉 範人、山口 有朋、角田 達朗、伊藤 徹二、松浦 俊一、南條 弘、山崎 ふじみ、新妻 依利子、小国 敦博、Jin Ding-feng、

Nadgeri Jayprakash、宮川 正人、佐藤 恭子、吉田 沙恵、村上 由香、上田 昭子、夏井 真由美、東 英生、水口 純子、外門 恵美子、千葉 真奈美 (常勤職員13名、他15名)

〔研究内容〕

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

具体的には、水・二酸化炭素媒体、高温高压場と触媒の最適融合による新規な反応システムの開発や、小型マイクロ波装置・膜型反応器と触媒反応との融合による新規反応場の開発と利用技術の研究を行った。また、無機材料と生体高分子並びにプロセス技術とを融合したバイオ触媒技術に取り組んだ。例えば酵素等の生体高分子を、無機多孔質材料のナノ空間に固定することにより、酵素の立体構造、熱的、機械的な安定性を飛躍的に向上させ、酵素の高い特異性を高度に利用してきた。また、不揮発・難燃性のイオン液体を特徴的な反応場とした、ガス吸収再生システムの開発を進め、低環境負荷型の化学プロセスの提案を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

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

⑦【先進パワーエレクトロニクス研究センター】

(Advanced Power Electronics Research Center)

(存続期間：2010. 4. 1～2018. 3. 31)

研究センター長：奥村 元

副研究センター長：山口 浩

所在地：つくば中央第2

人員：21名 (21名)

経費：1, 278, 003千円 (646, 346千円)

概要：

21世紀社会におけるエネルギー流、情報流、物流における電力エネルギーの重要性は今後ますます増大していく。電力エネルギーの有効利用は、省エネルギー、新産業創出によるトリレンマ解決のキーである。旧エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボの成果を引き継いで設立された研究ユニットである当研究センターは、エネルギーの最も合理的な利用形態である電力

エネルギーにおける省エネルギー技術および新エネルギーの大量導入のための高効率電力変換技術等、大容量から小容量までの電力エネルギー制御・有効利用のための半導体エレクトロニクス（デバイス/機器応用）の実証と確立を目指す。

特に、過負荷耐性などの極限仕様への対応が期待される SiC や GaN などのワイドギャップ半導体デバイス/システムの電力エネルギー制御への活用を中心課題に据えるとともに、それらによるパワーエレクトロニクス技術の革新、大/中/小の各容量における電力エネルギーのネットワーク化運用・制御の実現を念頭に、エネルギーエレクトロニクス領域への展開を図る。その目標の達成のために、ウェハプロセス、SiC パワーデバイス、SiC デバイスプロセス、SiC デバイス設計、GaN パワーデバイス、パワー回路集積チームの6つの研究チームを組織し、有機的な協同体制で上記の新規半導体のデバイス化には不可欠な「結晶-デバイスプロセス-デバイス実証-パワーモジュール化-機器応用」の各段階の技術に関する一環本格研究を強力に推進する。

本年度の研究内容としては、独立行政法人日本学術振興会 最先端研究開発支援プログラム「低炭素社会創成に向けた炭化珪素（SiC）革新パワーエレクトロニクスの研究開発」（平成22～25年度）における研究拠点としての活動や技術研究組合次世代パワーエレクトロニクス研究開発機構（FUPET）への参画を通じた NEDO プロ「低炭素社会を実現する次世代パワーエレクトロニクス」、SiC 電力変換器実証に関する企業との大型共同研究を中心に進めた。また、当研究センターはこれらの複数の大型プロジェクトを実施するため、企業研究者を特定集中研究専門員として積極的に受入れるなど、各種企業と密接な連携のもとに研究開発を遂行するなど、常勤研究員だけでなく、共同研究員、兼任研究員、ポスドク、補助員等の非常勤職員、技術研究組合からのパートナー研究員、各種フェロー、連携大学院生を積極的に活用して研究活動を行い、総勢100数十名超の組織となっている。

内部資金：

交付金 産業変革研究イニシアチブ「SiC デバイス量産試作研究およびシステム応用実証」

外部資金：

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

発表：誌上発表28件、口頭発表75件、その他6件

ウェハプロセスチーム

(Wafer Process Team)

研究チーム長：松畑 洋文

(つくば中央第2)

概要：

SiC を材料とする低エネルギー損失電力素子用開発に必要なバルク単結晶成長技術、ウェハ切断・研磨技術、エピ膜成長技術などのウェハプロセス技術の開発とそれらの評価に関する研究開発を行っている。ウェハの低抵抗化を目的とした昇華法による SiC 単結晶成長基礎技術の開発では、窒素とアルミニウムのコーピングを可能とする手法の開発を行った。平行して進めている SiC 溶液成長技術の開発では、溶液成長の基礎条件検索とマクロ欠陥制御に関する研究開発を行った。また結晶成長中の電流印加による過飽和度制御に関する知見を得た。ウェハ加工技術の開発では 6inch サイズの大口径対応を視野に高効率高品質加工技術の開発を行った。

CVD 法によるエピタキシャル膜成長技術の開発では、厚膜形成技術の確立を目指し、成長条件の推敲を行った。これらの成果を基にして、成長速度100ミクロン/h 以上で厚膜200ミクロン以上の成膜を行っている。また、オフ角1度以下の Si 面エピタキシャル膜の高品質化を行った。さらに、トレンチ構造表面のエピ膜成長技術の開発に着手した。分光学的評価に関する研究では、ラマン散乱による SiC 結晶のファノ効果を用いたキャリア濃度評価法を確立した。加えて、カソードルミネッセンスによる SiC 点欠陥の解析を実施し、イオン注入プロセスの開発に資する知見を得た。

研究テーマ：テーマ題目 2

SiC パワーデバイスチーム

(SiC Power Device Team)

研究チーム長：田中 保宣

(つくば中央第2)

概要：

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

今年度は、超低オン抵抗特性が期待されるトレンチ MOSFET を作製するための要素プロセス技術（ゲート酸化法、トレンチ形成手法等）の検討、3kV 以上の耐圧を持つパワーデバイスへの展開を視野に入れたドリフト層抵抗の低減が期待される SJ（Super

Junction) 構造の最適化設計、及び SJ 構造を実現するためのトレンチ埋込法とマルチエピタキシャル法の検討、13kV 以上の耐電圧を有する SiC-PiN ダイオードを実現するための最適化設計を行うと共に、4mm 角のチップで13kV 以上の耐圧を実証した。更に、西事業所に新規に立ち上げたプロセスラインを活用し、IEMOSFET の生産技術向上を図った。SiC-BGSIT を活用した直流給電システムや自動車応用研究、SiC-PiN ダイオードを活用した高電圧大容量電力変換器の実証研究を企業・大学との共同研究を通じて推進すると共に、先進的なゲート酸化膜作製技術の開発・実用化を企業との共同研究を通じて推進した。

研究テーマ：テーマ題目 2

SiC デバイスプロセスチーム

(SiC Device Process Team)

研究チーム長：宮島 將昭

(つくば西)

概要：

当チームは昨年度産総研西事業所5D 棟に完成した SiC 専用クリーンルームを使用し、SiC デバイス設計チームと協力し高性能 SiC 素子のプロセス開発を行っている。本年度の成果としては耐圧600V と1200V の SiC-SBD を高い良品率を維持した状態で作り込むことに成功した。また、現在は引き続き1200V SiC-MOSFET の安定した作り込みが出来るように、SiC 独特の製造プロセスを開発し、安定して作り込みが出来るようバラツキ低減を行っている。今年度中には量産化実証を行い、実用化レベルでの展開を行う。また来年度以降の実用化に向けて SiC を用いた IGBT 及び PIN ダイオード開発や Si では必要が無い高温プロセスに対応した新材料の開発も手掛けている。

研究テーマ：テーマ題目 1

SiC デバイス設計チーム

(SiC Device Design Team)

研究チーム長：岩室 憲幸

(つくば西)

概要：

当チームでは、超オン抵抗特性と高信頼性を両立する大面積 SiC デバイスにおける設計にかかる研究開発を進め、それらの量産化試作実証を行なうことを目的とする。昨年度産総研の西事業所5D 棟に完成した SiC 専用のクリーンルームを活用し、SiC デバイスプロセスチームと協力して高性能 SiC-SBD、SiC-MOSFET の実現に向け努力している。今年度は、世界最高レベルの低オン電圧（オン抵抗）を有し、破壊耐量が極めて高い、3mm 角600V/25A・1200V/12.5A の SiC-SBD の開発に成功した。そしてこの素子を Si-IGBT モジュールに搭載することで、

従来の IGBT モジュールに対し▲20%以上の損失低減が実現できることも併せて実証した。また1200V SiC-MOSFET の開発も進めており、オン抵抗 (R_{onA}) = $5\text{m}\Omega\text{cm}^2$ で高温200°Cでもノーマリーオフ特性 ($V_{th}=1.8\text{V}$) を実現できる、素子サイズ3mm 角の SiC-IEMOSFET の試作にも成功した。これら IEMOSFET と SBD を同一モジュールに搭載した1200V フル SiC-MOSFET モジュールを試作、その優れた低損失、高速スイッチング特性を確認した。

研究テーマ：テーマ題目 1

GaN パワーデバイスチーム

(GaN Power Device Team)

研究チーム長：清水 三聡

(つくば中央第2)

概要：

結晶成長技術開発、デバイス設計・プロセス開発、回路設計技術を通して窒化物半導体を用いた低損失電力素子の実用化を図ることを目的とする。低価格を可能とするシリコン基板上の MOCVD 結晶成長技術を確認する。また、高速・低損失動作を可能とする AlGaIn/GaN ヘテロ構造素子の設計・プロセス技術の開発を行う。また、実証研究として窒化物半導体パワースwitching素子を用いた回路設計技術の確立を行う。

パワー回路集積チーム

(Power Circuit Integration Team)

研究チーム長：佐藤 弘

(つくば中央第2)

概要：

SiC や GaN といった高性能かつ超低損失のパワーデバイスの特長を活かした高機能・小型・低消費電力の電力変換装置を実用化するための基盤技術の研究開発を目的とする。平成22年度は、250°C以上の温度にて利用可能なダイボンドの信頼性向上、熱物性シミュレーションの精度向上を進めるとともに、基板材料の熱変形の検討を行い、初期応力の評価に着手した。また、ワイドギャップ半導体を用いた回路シミュレーションのため、モデルの提案を行ない、ターンオフサージ電圧の評価など過渡現象の定量的な評価に適用可能であることを見いだした。

今後は、更に基盤技術の開発を進めるとともに、故障予測技術の開発に着手し、これに回路技術を組み合わせ、接合温度250°C以上に適用可能な統合設計技術にまとめ、次世代パワーエレクトロニクス技術の実用化に資する技術を開発する。

[テーマ題目 1] SiC デバイス量産試作研究およびシステム応用実証

〔研究代表者〕 奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 奥村 元、福田 憲司、原田 信介、岡本 光央、岩室 憲幸、河田 泰之、藤澤 広幸、辻 崇、後藤 雅秀、中村 俊一、俵 武志、俵 妙、坂井 隆夫（常勤職員4名、他24名）

〔研究内容〕

地球温暖化抑制のために二酸化炭素排出量削減が叫ばれる中、電力損失の削減（省エネルギー化）に重要な技術として、SiCによる超低損失デバイスを用いた高効率電力変換器（インバータ）の実現がパワーエレクトロニクス産業界から期待されている。

しかし、SiCデバイス自体の開発は進んでいるものの、それを用いた電力変換器は実用化されていない。これは、デバイス開発を担う企業とそれを用いた応用システム開発を担う企業が異なり、SiCデバイスの品質と信頼性を伴った安定供給が早期には困難で、多数のデバイスを必要とする電力変換器自体の開発が進まないためである。この問題を解決するためにSiCデバイスを用いた関連技術の「死の谷」を乗り越えて新産業の創成を実現するため、富士電機アドバンステクノロジー株式会社、アルバック株式会社と連携して大容量SiCデバイスの実用レベルでの量産技術の共同研究を行い、耐圧1200Vの第1世代IE-MOSFETの開発に成功し、応用側への供給の準備が整った。来年度は、応用側へ供給することによりSiCデバイスの早期実用化に寄与することが期待される。

〔分野名〕 環境・エネルギー

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

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

〔研究代表者〕 奥村 元（先進パワーエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 奥村 元、福田 憲司、石田 夕起、田中 保宣、原田 信介、先崎 純寿、小杉 亮治、高塚 章夫、八尾 勉、岡本 大、紀 世陽、石森 均、高須 伸次、齋藤 新吾、藤澤 広幸、竹中 研介、畠山 哲夫、片上 崇治、渡井 久男、松畑 洋文、児島 一聡、仲川 博（常勤職員11名、他11名）

〔研究内容〕

SiC（シリコンカーバイド）はSi（シリコン）に比べて、小型・低損失で、冷却が簡略化できるなど、パワーデバイスとして著しく優れた性質を有しているため、低炭素社会創生に向けた革新的なキーデバイスとしてその

将来が大いに期待されている。特に、太陽光発電、風力発電、コジェネレーション等の分散電源が接続されたエネルギーネットワーク（スマートグリッド）において、電力の安定供給を行うために用いる電力変換器には、耐圧13kV以上で電子デバイスが必要であるが、Siを用いたデバイスでは、耐圧13kV以上は実現していない。スマートグリッドの構築のためには、超高耐圧デバイスの早急な開発が不可欠である。SiCは、Siよりも絶縁破壊電界が約1桁高いので超高耐圧のデバイスに適しており注目されている。SiC-MOSFETに代表されるユニポーラデバイスの研究は、各国で進んでいるがSiCを使ったといえども素子耐電圧が5~6kV位までが低損失実現のための限界であり、それ以上の素子耐電圧の領域では、SiCバイポーラデバイスの実現が強く望まれている。

本テーマでは、スマートグリッドに代表される社会インフラ系を通じて低炭素社会の実現に寄与する13kVのPiNダイオードとIGBTの開発を行う。今年度は、PiNダイオードの試作を行い、13kVの耐圧を確認した。また、PチャネルIGBTのためのゲート酸化膜形成を検討して世界最高レベルの高いチャネル移動度を達成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 SiC、Si、スマートグリッド

⑧【太陽光発電工学研究センター】

(Research Center for Photovoltaic Technologies)

(存続期間：2011.4.1~2019.3.31)

研究センター長：近藤 道雄

副研究センター長：仁木 栄

副研究センター長：三戸 章裕

主幹研究員：松原 浩司

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、九州センター
人員：36名（36名）

経費：1,579,160千円（355,345千円）

概要：

21世紀は環境の時代と言われているが、人類の持続的発展のためには環境に配慮したエネルギーの確保が最重要課題であり、そのために自然エネルギー、とりわけ太陽光発電への期待が世界的に高まりつつある。このような背景の中、2011年に前身の太陽光発電研究センター（2004-2010年）を発展的に解消し、産総研が太陽光発電研究に対して戦略的に取り組む拠点として新たに太陽光発電工学研究センターが設立された。

産総研の第3期ミッションである“21世紀型課題の解決のためのグリーンイノベーションの推進”を支える中核ユニットとして、エネルギー供給の安全保障と低炭素化、経済発展、国内雇用創出を同時に実現する

ために、太陽光発電に関連する技術分野に体系的かつ包括的に取り組み太陽光発電の技術及び普及の持続的発展に貢献することをミッションとする。

そのために、

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

外部資金：

文部科学省 受託研究（機関補助）「国際共同研究の推進 タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究」

新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究「最先端研究開発支援プログラム／低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発／超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索／有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明」

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

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

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

科学技術振興機構 受託研究「励起子サイエンス」

科学技術振興機構 受託研究「交互分子積層により結晶性を制御した高性能太陽電池の研究開発」

科学技術振興機構 受託研究「CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発」

科学技術振興機構 受託研究「ヘテロエピタキシーを基盤とした高効率単結晶有機太陽電池」

科学技術振興機構 受託研究「色素増感型太陽電池（DSC）における太陽光吸収効率と電荷移動効率の向上」

宇宙航空研究開発機構 受託研究「剥離型フレキシブル用 CIGS 太陽電池の検討」

東京大学生産技術研究所 受託研究「太陽光発電システムにおける信頼性向上のための遠隔故障診断に関する技術開発」

発表：誌上発表92件、口頭発表189件、その他14件

実用化加速チーム

(Innovative Technology Transfer Team)

研究チーム長：坂田 功

(つくば中央第2)

概要：

結晶シリコン太陽電池では、変換効率向上を目指した新構造セルの検討・試作を実施する。また、企業との共同研究も含めて要素技術の高度化を図る。

年度進捗：

民間メーカー3社との共同研究で、固定砥粒方式でスライスした基板のブラスト処理を用いたテクスチャ構造形成技術について検討した。表面が平坦でテクスチャ形成が困難とされていた固定砥粒方式でスライスした多結晶シリコン基板に、サンドブラスト処理でエッチングのきっかけとなるサイトを形成した後、新規に開発した酸系溶液でエッチングを行いテクスチャ形成に成功した。セル試作を行い、初期的な結果ではあるが、変換効率16.9%を実現し、提案した手法の有効性を確認した。

高効率結晶シリコン太陽電池の要素技術の一つである a-Si:H と結晶シリコンからなるヘテロ接合についてその信頼性の検討を行なった。ヘテロ接合を構成するノンドーパ a-Si:H の正孔トラップ密度が長時間の光照射に伴い減少する現象（光誘起アニール）の検討を継続し、光誘起アニールが生じた状態に熱処理を行うと、正孔トラップ密度が増加し、光誘起アニールが生じる前の状態に戻り、その活性化エネルギーが1.4-1.6eV であることを見出した。熱アニールにおける活性化エネルギーの観点では、光誘起アニール現象と従来報告されていた光誘起欠陥形成が類似の過程であることを確認した。

先端材料プロセス・低コスト化チーム

(Advanced Low Cost Processing Team)

研究チーム長：吉田 郵司

(つくば中央第2、第5)

概要：

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

薄膜シリコン太陽電池では、アモルファスシリコン（トップセル）と微結晶シリコン（ボトムセル）を組み合わせたタンデム構造が用いられているが、アモルファスシリコンの光劣化の問題、微結晶シリコンでの赤外光の吸収が少ないことが課題となっている。そこで、アモルファスシリコンの光劣化の抑制法や赤外感度に優れたボトムセル新材料（SiGe、SiSn など）の開発により、より高効率な多接合型太陽電池を開発している。また、薄膜のシリコン発電層での光吸収を最大化するために、効果的な光閉じ込め効果をもたらす新規テクスチャ構造の開発や、発電層以外での吸収損失を抑制するための高透明性ドーブ層・バッファ層の開発を進めている。更に、その場計測法を用いて薄膜シリコンの成長プロセスを解明し、高品質な薄膜シリコンを高スループットで作製するプロセス技術の開発にも取り組んでいる。

有機薄膜太陽電池では、高効率化に向けてバルクヘテロ接合の構造解析および最適化技術、多接合化技術、光閉じ込め技術の開発を行っている。また、劣化機構を解明し、材料・プロセスを制御することで高耐久化を目指している。更に、印刷プロセスによるモジュール化技術の開発も行っている。色素増感太陽電池では、増感色素として酸化チタンへの吸着力を考慮した有機色素の開発と効率的な合成法の開発を行っている。デバイス要素技術では、有機色素との組み合わせで高効率化できる、電極材料、ヨウ素レドックス代替材料の探索を行い、高効率太陽電池セルの作製技術を確立する。

年度進歩：

(薄膜シリコン系太陽電池)

光劣化の少ないアモルファス Si の製膜技術として独自に開発したトライオードプラズマ CVD 法（三極放電）を用いて単接合型アモルファス Si 太陽電池を作製した。その結果、1sun、50℃、1000時間の照射条件下で光劣化率10%を示し、安定化効率9.6%を得た。この太陽電池の安定化効率はこれまでに報告された最高効率（10.1%）のアモルファス Si 太陽電池とほぼ同等の性能であり、光劣化率は約5%低いことがわかった。また、同製膜法をアモルファス Si/微結晶 Si タンデム型太陽電池のトップセルの作製に適用した結果、光劣化率を5%以下に抑制できることを

実証し、安定化効率11.3%を得た。

多接合型太陽電池の高効率化に向け、微結晶 Si 太陽電池の短絡電流密度（Jsc）を大幅に向上させ得るテクスチャ基板の開発を実施した。制御性の高いハニカム型テクスチャ基板を実現するプロセスを開発し、配列周期や凹部深さをパラメータとして一連の基板群を作製した。これらを膜厚2μm の微結晶 Si 太陽電池へ適用した結果、周期2μm のハニカム構造において Jsc >26mA/cm²、発電効率9.9%（active area）を得た。

また最近産総研で開発した高移動度 In₂O₃:H 薄膜を窓電極に適用した結果 Jsc>27mA/cm²を、バイアス電圧印加時で28mA/cm²を超える光電流を確認した。更なる高電流化に向けた指針も得ており、当面の目標である Jsc=30mA/cm²も視野に入りつつある。

多接合型薄膜 Si 太陽電池の変換効率向上に向け、光散乱体を内包する新構造太陽電池の開発に取り組みその有用性を実証した。アモルファス Si（膜厚350nm）及び微結晶 Si（膜厚1.6μm）からなる二接合太陽電池に光散乱体を導入することで、短絡電流（相対値20%）の向上と変換効率（相対値5%）の向上を確認した。光散乱体のサイズや導入位置に関する考察を行い、0.2-0.3μm 程度の散乱体をサブセル界面に導入した場合、最も高い変換効率を得られることを示した。基板テクスチャとの併用による光マネージメントの高度化によって、更なる高い変換効率が期待される。

(有機薄膜太陽電池)

蒸着プロセスを用いる低分子系有機薄膜太陽電池は、高分子系に比べてタンデム化が容易であり、その高効率化が期待される。タンデム化において重要なのは、トップセルおよびボトムセルで発生した電子もしくはホールを、中間電極層において効率良く再結合させることであり、この中間電極層自身では光をロスすることが無い材料が望ましい。そこで、これまでの透明導電膜の他に、新たに金属クラスターMg:Agを用いた中間電極とバッファ層の検討を行った。新たに開発した MgAg/MoO₃の中間電極において、タンデムデバイスとして良好に動作していたが、MgAg 単体や LiF を挿入した中間電極では直列抵抗が増加することが確認された。

有機薄膜太陽電池の大面積化を可能とするモジュール化技術に関して、高い変換効率を有するモジュールを作製するためには、モジュールによる集積化によってロスする因子をなくす、モジュールにおける開口率を大きく設計するといった開発項目が挙げられる。まず、セル間を接合する陽極と陰極間の幅（ギャップ）に関しての詳細な考察を行った。その結果、ギャップ間距離（陽極間、オーバーラップ幅、陰極間）が0.3mm 以内でも良好な発電特性が得られることを確

認した。有機薄膜太陽電池特性へのセル面積依存性については、電流値および開放電圧は面積増大に係わらず変化しないことが、また、フィルファクターおよび変換効率はある程度低下していくことが確認された。有機薄膜太陽電池の劣化挙動、光照射による特性低下の波長依存性解析を行った。p型材料として高性能ドナー・アクセプター型高分子（PTB7）を、n型材料としてフラーレン誘導体（[70]PCBM）を混ぜたバルクヘテロ接合型太陽電池を調べた。添加剤として加えることによる有機発電層の相分離状態のコントロールにより、8.5%の高い変換効率を得た。窒素雰囲気中のPTB7:[70]PCBMセルの連続光照射時の短絡電流の変化は、照射30時間で初期の50%まで低下が進行した。発電層材料自身の分解では無く、何らかの構造変化が起きていると考えられる。更に、光劣化の波長依存性を調べるため、干渉フィルタを用いた単色光の照射、あるいはカラーフィルタによる擬似太陽光スペクトルの波長帯をカットした光の照射により評価を行った。結論として、全てのセルで波長450nm以下の光を照射することにより特性低下が起こることが確認された。光照射による特性低下には発電層材料とバッファ層材料の依存性は無く、電極と有機材料との界面、あるいは素子中に含まれる酸素などが光照射による特性低下の要因となっていると考えられる。

（色素増感太陽電池）

オリゴチオフェン部位を持つ増感有機色素の特徴として、光照射により生成する色素カチオンが比較的安定であることと、オリゴチオフェン上に置換基を導入することによる色素増感太陽電池の性能向上が挙げられる。以前よりオリゴチオフェンを持つ有機色素において、最適ドナー・アクセプターの組み合わせの探索を行ってきた。その結果、ドナー部位の構造の変化が酸化チタンへの吸着量の変化をもたらし光電変換特性に多大な影響を及ぼすこと、また、その中で最も最適なドナー構造はN位にアニシル置換基を持つカルバゾール骨格であることを見出してきた。そこで、カルバゾール系有機色素を用いた色素増感太陽電池の高効率化を目指すべく、共役系を伸長した色素の開発およびそれを用いた太陽電池セルの作製を行った。太陽電池セル作製の最適化を検討し光電変換特性を評価した結果、カルバゾール系有機色素を用いた色素増感太陽電池の最高変換効率である8.6%を達成した。その要因は酸化チタン上での色素の吸着状態の改善であるとされており、色素の分子構造と酸化チタン上の吸着状態との関連については、今後の実験において明らかにしていく予定である。

これまで電解液に含まれるレドックス種としてヨウ素を用いていた。一般にはヨウ素レドックスが使用されることが多いが、最近では、理論上開放電圧が比較

的高い太陽電池セルが作製できるとして、コバルト錯体レドックス種が用いられるようになってきた。増感色素としては、電子の再結合を防ぐべく、立体障害の大きな有機色素が用いられる場合が多い。これまで開発してきたカルバゾール系有機色素は、電子の再結合を抑制するためにアルキル基を導入した色素であり、コバルト錯体レドックスを用いた色素増感太陽電池に適していると言える。そこで我々は、カルバゾール系有機色素を用いたコバルト錯体レドックス色素増感太陽電池を作製し、光電変換特性を評価した。その結果、色素分子の立体的かさ高さを増加するとセル特性が向上し、開放電圧が0.8Vをはるかに超えるセル特性が得られた。現時点において、太陽電池セル作製の最適化を行い、ナノポーラス酸化チタン電極の厚さが7 μm と比較的薄い条件においても変換効率8%を超える結果が得られており、今後更なる色素分子設計およびコバルト錯体レドックスの配位子変換による酸化還元電位のチューニングにより、変換効率の更なる向上を目指す。

太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体

（Collaborative Module-Reliability Research Team）

連携研究体長：増田 淳

（九州センター）

概要：

太陽電池モジュールの信頼性向上に資する技術開発を行うために、平成22年10月1日付で九州センターに設立された組織である。本連携研究体では、新規部材を用いた太陽電池モジュールの試作・評価に関する研究と、屋外に設けた太陽電池モジュール曝露施設での発電量評価・長期信頼性評価の研究を実施している。さらに、九州センターの生産計測技術研究センターとの連携により、モジュール生産工程管理に適用可能な計測技術の開発にも取り組んでいる。九州には5社の太陽電池モジュールメーカーの工場をはじめ、半導体製造装置、電子部品・材料メーカーが集積するが、太陽電池モジュールの製造技術は、これらのメーカーの製品群と密接に関連している。九州各県の公設試験研究機関と密接な連携を図るとともに、本連携研究体で得られた研究成果を、これらのメーカーに還元し、九州地域での太陽光発電産業群の形成ならびに人的ネットワークの構築に資することにより、地域経済の活性化に貢献することも目的の一つである。

年度進歩：

1.5m程度の市販サイズにも対応可能な太陽電池モジュール試作・評価ライン等を使用して、モジュールの信頼性向上・長寿命化を目的とした研究を実施した。コンソーシアムメンバーが新規開発した封止材、バックシート、インターコネクタ等を用いたモジュールを試作・評価し、これらの新規部材の有効性を検証した。

結晶シリコン系太陽電池においても、温度85℃、湿度85%の高温高湿試験時間が3000時間を超えると、急激に性能劣化が進行し、その原因が電極部の変性にあることを見出した。さらに、高温高湿試験の結果、バックシートの水蒸気透過率が低くバリア性が高いほど、モジュールが早期に劣化することを見出した。このことは、モジュールの長寿命化には、水蒸気透過率が低く高いバリア性を有するバックシートが必要であるとのこれまでの常識を覆す画期的な発見である。赤外分光によるエチレン-酢酸ビニル共重合体（EVA）の加水分解状況の解析やモジュール内に残留する酸の定量化を行った結果、バリア性の高いバックシートでは、水蒸気の浸入量は少ないものの、EVAの加水分解により発生した酸がモジュール内に滞留しやすく、この酸によってモジュールが劣化することが推測される。一方、バリア性が低いバックシートを用いた場合には、水蒸気の浸入量は多いものの、発生した酸もモジュール外部に脱離しやすくモジュール内への滞留が少ないため、結果的にモジュールの劣化は小さいものと考えられる。ただし、アルミニウム入バックシートを用いた場合やダブルガラスモジュールでは、根本的に水蒸気の浸入が遮断されるので、酸も発生せず、モジュールの劣化は抑制できる。これらの結果は、水蒸気そのものではなく、水蒸気との反応によりEVAが加水分解することで発生する酸によりモジュールが劣化することを示唆するとともに、バックシートのバリア性や封止材の材料そのものの設計指針の大幅な見直しを迫るものであり、関係者に与えるインパクトは極めて大きい。この他10年以上の長期にわたり屋外曝露した各種モジュールの劣化要因分析も実施した。同型式の多数のモジュールを解析することにより、電気的な性能が同様に劣化しているモジュールにおいても、直列抵抗の増加が主要因である場合と、並列抵抗の低下が主要因である場合の切り分けが可能であることを見出した。

現行の認証試験に用いられているIEC規格に定める試験条件では、モジュールの信頼性が十分に反映されず、信頼性の良否に関わらず同様の結果となる場合もある。このため、信頼性の高いモジュールを正當に評価できる試験法の開発は喫緊の課題である。IEC規格に定める試験の繰り返し回数や試験時間の増加、各種試験の組合せ、通電試験等、IEC規格に定めた試験条件の厳格化に関しては、アジア基準認証推進事業において、太陽光発電技術研究組合、佐賀県工業技術センター、電気安全環境研究所と共同で検証した。また、屋外曝露環境に近い試験条件の確立を目的とした照射との複合加速試験や、試験時間短縮を目的とした高加速試験は、民間企業等計78機関と共同で設立した「第Ⅱ期高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム」にて検討した。加重・抜重試験、気

圧サイクル試験、電圧サイクル試験等の新しい原理に基づく試験法の開発や、水蒸気透過率が 10^{-6} g/m²dayの極めて高いバリア性が求められる有機系太陽電池に対応した試験法の開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託研究で実施した。

屋外曝露施設では、実際に販売されている太陽電池を中心に、結晶系および薄膜系の各種モジュールを設置し系統連系運転を行った。上記コンソーシアムで試作したモジュールも一部は曝露を開始した。10分毎に各ストリングの電流-電圧特性ならびに気象データを収集し、データを蓄積した結果、本曝露施設における年間発電量は1kWあたり概ね1300kWhであることを見出した。また、クローバーが他の植物の成長を抑止する効果を用いた防草対策や、土系の透水性保水型舗装あるいは防草シートによる防草対策についても、その有効性を検証している。

先端産業プロセス・高効率化チーム

(Advanced High Efficiency Processing Team)

研究チーム長：柴田 肇

(つくば中央第2)

概要：

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

- (1) 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発
- (2) フレキシブル太陽電池の研究開発
- (3) 新材料・新構造・新成膜技術による太陽電池の高効率化技術の研究

年度進歩：

- (1) 薄膜太陽電池の高効率化技術の研究開発
硫黄を含むCIGS系太陽電池の開発を行い、エネルギー禁制帯の幅が1.7eV以上のCIGS系材料を用いて、光電変換効率が7%以上の太陽電池を実現する事ができた。また硫黄を含むCIGS系材料の薄膜を3段階法で成膜する技術の開発に系統的に取り組む、硫黄を含むCIGS系材料に固有の問題点を明らかにすると共に、それを解決するための指針を提示することができた。

- (2) フレキシブル太陽電池の研究開発

フレキシブルなCIGS太陽電池の高効率化を目指して、CIGS薄膜の成膜中にナトリウムを導入する技術の開発を行い、青板ガラス上に作製されたCIGS太陽電池と同程度の光電変換効率を出す事に成功した。また青板ガラス上に作製されたCIGS太陽電池の高効率化技術を開発し、反射防止膜が付けられた状態で19.4%という、非常に高い光電変換効率を実現する事に成功した。

(3) 新材料・新構造・新成膜技術による太陽電池の高効率化技術の研究

希少金属を含まない新しい化合物半導体材料として CZTS と呼ばれる化合物半導体に注目し、太陽電池を試作して CZTS の基礎物性と光電変換効率との相関を研究した結果、CZTS の正孔濃度が太陽電池の性能と強い相関を持つ事を明らかにできた。

システムチーム

(PV System and Application Team)

研究チーム長：加藤 和彦

(つくば中央第2)

概要：

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

年度進歩：

太陽光発電システムの長期信頼性に関する研究開発については、気象観測データを用いない性能・不具合監視手法の基本概念を提案しその実験的検証に着手するとともに、オンサイトでの不具合箇所特定を目的とした TDR 法に基づく太陽電池アレイ不具合検出装置の試作機を共同研究機関とともに試作・評価し、実用化のための課題を整理した。さらに、当所つくばセンターに設置されている太陽光発電設備の全数詳細分析調査に着手し、発電開始から8年以上を経過した約5,600枚の太陽電池モジュールの屋内測定 (I-V 特性評価、EL 発光分析) と屋外計測 (外観検査、断線検査、BPD 健全性検査、赤外線カメラ観察など) を進めている。発電量予測手法については、予測精度向上に向けた予測アルゴリズムの検討や気象モデルのパラメータ感度分析を実施している。

評価・標準チーム

(Calibration, Standards and Measurement Team)

研究チーム長：菱川 善博

(つくば中央第2)

概要：

日本における太陽電池評価技術およびその基となる基準太陽電池のトレーサビリティ確立と維持、高度化を図る。また国際比較等を通してその国際的整合を確立、推進することで太陽電池システム輸出入の促進に

も重要な貢献を行う。新型太陽電池の測定技術の確立や規格化においても中心的な役割を果たし、太陽電池のより広範な普及に欠かせない共通基盤的研究を遂行する。

- 1) 太陽電池性能評価の基本となる一次基準太陽電池セル、二次基準太陽電池セル・モジュールの校正を実施するとともに、その技術の高度化を目指す。世界の主要な研究所・機関が参画する基幹国際比較における Qualified Lab たる高い技術レベルを示すとともにその維持・向上を図る。
- 2) 結晶 Si・薄膜 Si・化合物半導体・多接合・有機等、各種新型太陽電池の高精度な評価を可能にするために、各種太陽電池に特有なデバイス構造・分光感度特性・電気的時定数・光照射効果・温度照度依存性等を正確に考慮した性能評価技術を開発し、実施する。
- 3) 様々な気象条件・設置条件での太陽電池の日間・月間・年間等の発電量 (kWh 定格) を高精度に評価する技術を開発する。

年度進歩：

- 1) ソーラシミュレータ法による一次基準太陽電池セル並びに二次基準太陽電池セルの校正を実施すると共に、更に高精度な校正技術開発を実施している。ソーラシミュレータ法による太陽電池校正技術を高度化するための要素技術の開発として、精密構造型絶対放射計の開発および基準モジュール校正技術の開発を行った。更に不確かさを大幅に低減するための校正技術として、絶対分光感度法による校正技術を開発している。
- 2) 太陽電池メーカー等で研究・開発された各種新型太陽電池セル・モジュールの測定技術開発および測定を行った。昨年度までに開発したモジュール分光感度評価技術の IEC 国際標準化を推進するとともに技術を高度化し、モジュール内の太陽電池分光感度の温度依存性の高精度な実測を可能とした。アジア地域の中立機関における太陽電池国際比較測定を産総研の主催により実施してとりまとめ、現状の整合性の確認と課題の抽出を行った。
- 3) 多様化する太陽電池技術に対し、STC を補完する評価体系として、発電量定格方式の評価技術を開発し、IEC 61853国際規格等による標準化に貢献している。産総研つくばと鳥栖 (九州センター) における太陽電池モジュール信頼性評価施設を整備・運用開始して、発電量評価技術の開発を行っている。また集光型太陽光発電システムの日米共同実証実験として、日米に同一の集光型太陽光発電システムを設置して、発電性能の同時検証 (比較) を行っている。日本では岡山市に設置。カウンターパートは、国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)。特に高効率集光型太陽電池においては、平板型太陽電池と

同様の温度・照度・スペクトルの要素に加えて、セル、光学系、アレイ、追尾架台等のアラインメント等、集光型に特有な要素が重要であり、検討を進めている。

革新デバイスチーム

(Next Generation Device Team)

研究チーム長：松原 浩司

(つくば中央第2)

概 要：

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

年度進捗：

高い変換効率を得るための有効な手段の一つは最適なバンドギャップを有する複数の太陽電池による多接合技術である。そのために個別に作られた太陽電池を接合する技術（スマートスタック技術）の確立を目指したいくつかの接合技術の開発を行っている。本年度の成果として、導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた直接接合技術を開発した。これにより接合抵抗 $< 10 \Omega \text{ cm}^2$ 、光の吸収損失 $< 5\%$ が得られ、これを用いて GaAs と InGaAsP の 2接合メカニカルスタックセルを試作した結果、予測特性に合う変換効率 11.8% を達成した。この場合は電流整合しない組み合わせのために変換効率の絶対値自体は高くないが今後、最適なセルの組み合わせ、接合技術の完成度向上および構造最適化により 20% 以上の変換効率達成を目指す。一方、単接合で飛躍的な高効率を達成できる技術として期待されている量子ドット太陽電池では、ワイドギャップの InGaP をバリア層とした量子ドット太陽電池に取り組んでいる。固体ソース分子線エピタキシー法を用いて高品質な InGaP 薄膜の作製技術を開発し、これを用いて InGaP をバリアとする In(Ga)As 量子ドットの成長に成功した。また GaAs 層の挿入により In(Ga)As 量子ドットの量子準位が制御可能であることを見出し、中間バンド太陽電池への応用が期待できる事を示した。この他、大きなエキシトン拡散長により高効率化が期待される有機単結晶薄膜太陽電池作製に向けたエピタキシャル成長技術の開発や、金属ナノ粒子によるプラズモン効果を利用した光閉じ込め技術の開発、ケステライト構造の新規化合物材料の研究なども実施している。

革新材料チーム

(Next Generation Device Team)

研究チーム長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概 要：

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

⑨【ユビキタスエネルギー研究部門】

(Research Institute for Ubiquitous Energy Devices)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：小林 哲彦

副研究部門長：谷本 一美、境 哲男

上席・主幹研究員：香山 正憲、辰巳 国昭

所在地：関西センター

人 員：70名（70名）

経 費：1,068,890千円（274,232千円）

概 要：

2011年3月11日の東日本大震災及び原子力発電所の事故は、わが国のエネルギー需給構造のあり方を問い直すものでした。東北地方の生活・産業の復興へ向けた支援は早急に取り組んで行かなければなりません。一方で、これまでも提起されてきた化石エネルギー起源の枯渇、産出国諸国の不安定さによる資源供給の不確かさ、さらに地球温暖化の原因とも言われる二酸化炭素の排出量の増加への対応も求められています。その対策として、原発事故を踏まえ自然エネルギー利用技術も期待は高まっています。資源、環境、社会情勢の制約の中で、安全・安心なくらしの確保のために、新しい技術開発の展開も考えつつ持続可能なエネルギー需給の実現を図る必要があります。そして、近年のわが国の産業界については、東アジア諸国の経済発展に伴う、相対的な産業競争力の低下に苦しむ状況が継続して続いています。現在、新成長戦略で示されたグリーン・イノベーションを基軸として、環境調和型社会の構築と経済発展の両立を持続可能という条件も加えて、その実現を目指しています。

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

- 省エネルギーによる低炭素化技術の開発
 - ✧ 運輸システムの省エネルギー技術
 - ✧ 住宅・ビル・工場の省エネルギー技術
 - ✧ 情報通信の省エネルギー技術
- グリーン・イノベーションの核となる材料、

デバイスの開発

◇ ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材

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

関西地域は、製造業生産高が関東の約半分あり、経済規模はカナダ、スペイン、メキシコ等に匹敵しています。集積する産業のスペクトルは広がっていますが、情報家電・電機、住宅等がリーディング・カンパニーとなり、これらを支える素材産業やものづくり産業が高いポテンシャルを持つ地域です。

また、京大、阪大、神戸大の外に大阪府大、同志社大、立命館大、関西大等のレベルの高いアカデミアでの当該分野の集積は、関西地域の特徴であり、産総研におけるユビキタスエネルギー技術の産学官連携の戦略拠点として、関西地域での活動が重要といえます。このような特徴ある研究開発の集積の基に、近畿経済局、大阪科学技術センターなどの公的なコーディネータ機関とのネットワークを活用して、当研究部門ではナショナル・プロジェクトや研究コンソーシアム等を通したオープン・イノベーションのハブ（研究・連携拠点）としての役割を果たします。特に蓄電池などの省エネルギー技術を主体とする環境エネルギー技術分野で、関西地域の産業競争力の向上に貢献へ大きく期待される中、東日本大震災の復興も踏まえた、わが国の産業競争力強化に貢献する役割も果たしたいと考えています。

内部資金：

次世代型大容量・高出力二次電池の研究開発に関する研究

外部資金：

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化物の活性化技術に関する研究」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
「ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究」

経済産業省 平成23年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化推進事業委託費（国際標準共同研究開発事業：燃料電池に関する国際標準化））

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

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

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

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／大容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／基盤技術開発／次世代自動車用高性能蓄電池基盤技術の研究開発（劣化解析・抑制手法の開発）」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／エネルギー密度の革新を目指した金属-空気電池の二次電池化」

研究

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)

「s-ブロック金属負極のデンドライト析出制御と表面観察」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)

「構造の解析と設計及び触媒探索」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST)

「自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「シングルレットフィッションの太陽電池への活用」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「水素による蓄電を実現する燃料電池/水電解可逆セル基盤技術の開発 (高活性可逆セル酸素極触媒の開発)」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「レドックスメディエーターレドックスフロー電池システム」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (ALCA)

「二酸化炭素と水素からの炭化水素製造技術の実用化に向けた基礎研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 産学共創基礎基盤研究プログラム

「ハミルトニアンからの材料強度設計」

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

「バイオマス由来工業原料ピロリドン生産法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業

「高性能室温熱電酸化物材料の探索」

国立大学法人東京大学

「計算材料科学「研究支援」の推進」

国立大学法人東北大学

「超高压法による高水素吸蔵材料の合成などに関する研究」

国立大学法人奈良女子大学

「IMSによる土壌由来カビ検出データベース構築」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (A)

「金微粒子触媒における微細構造と触媒機能に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B)

「電極触媒のナノ界面研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B)

「リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子・電子レベル解析」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「高励起状態への遷移による有機分子の短波長励起二光子吸収特性の解明とその機能化」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)

「積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究」

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

液晶内包シリカナノ粒子の研究

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「高性能液相化学水素貯蔵材料の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「新しい液相窒素系水素貯蔵材料の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「新しい窒素-ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「高性能水素貯蔵システムの研究」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費

「高性能水素貯蔵材料としての多孔質金属配位高分子の研究」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 動物衛生研究所

「畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発」

財団法人日本自動車研究所

「車載電池の性能評価手法の技術開発」

財団法人新産業創造研究機構

「高性能ディスプレイ用有機半導体の超臨界下合成技術の開発」

一般財団法人電気安全環境研究所

「定置用リチウムイオン二次電池の安全性評価技術等の開発」

発表：誌上発表155件、口頭発表436件、その他52件

ナノ材料科学研究グループ

(Materials Science Research Group)

研究グループ長：香山 正憲

(関西センター)

概要：

ユビキタスエネルギーデバイス開発の鍵を握るのは、ナノ界面機能材料（触媒、燃料電池電極、蓄電池材料、水素吸蔵材料等々）など優れた機能材料の開発であり、特に金属/無機ナノヘテロ界面は優れた機能が期待される。電子顕微鏡観察や走査プローブ顕微鏡観察と第一原理計算との連携は、こうした材料の構造や機能の基礎的解明に威力を発揮し、解明を通じた設計技術の確立や新規材料探索が期待される。当グループは、第一に、電子顕微鏡観察や走査プローブ顕微鏡観察、第一原理計算など、ナノ・ミクロの解析技術を用いて、金属/無機ナノヘテロ界面系をはじめとするナノ界面機能材料の原子・電子構造や機能のメカニズムの解明を行い、ナノ材料科学のフロンティアを切り拓く。第二に、ユビキタスエネルギーデバイスの新機能材料開発や蓄電池、PEFCの機能や劣化メカニズムの解明など、材料開発・デバイス開発に基礎解析からの具体的貢献を行う。第三に、ナノ・ミクロ解析技術とコンビケム技術の連携・融合により、基礎解析を材料開発に積極的に活かして効率的に新材料を開発する新しい方法論—マテリオミクス—の基盤技術の確立を図る。以上により、当ユニットの本格研究の一翼を担い、ユニットのコア技術の醸成を図る。

新エネルギー媒体研究グループ

(New Energy Carrier Research Group)

研究グループ長：清林 哲

(関西センター)

概要：

消費者側での省エネルギー、省資源を進めるための技術として、高いエネルギー密度でサイクル特性に優

れる蓄電池・キャパシタなどの電気化学デバイスの研究、ならびに燃料電池に水素を供給するための水素貯蔵材料・システムの研究を行う。本年度の具体的研究課題・対象材料としては以下を想定している。(一) 環境負荷の大きい遷移金属などを含有しない、有機物で構成される蓄電池電極材料、(二) 資源的制約のあるリチウムに代わる、ナトリウム・マグネシウムなどの電荷担体に適した電極材料ならびにそれを用いたデバイス、(三) 水素貯蔵材料の安全性に関する研究。

次世代燃料電池研究グループ

(Advanced Fuel Cell Research Group)

研究グループ長：五百蔵 勉

(関西センター)

概要：

次世代の燃料電池に資する新技術に関する基礎技術研究を進めるとともに、新たなコンセプトの萌芽的研究テーマに取り組んでいる。高い耐酸化性を有する酸素欠損型チタン酸化物を用いた新規触媒の開発を継続し、従来の酸素欠損に加えニオブ等不純物イオンの導入による高電位安定性および担持 Pt 触媒活性に与える影響を検討した。また、一酸化炭素 (CO) 酸化活性の高い新規な有機錯体系電極触媒の開発についても継続して行い、高い CO 酸化活性を有するロジウムポルフィリン・白金ルテニウム (PtRu) 複合触媒への添加剤の効果や劣化要因の検討を行った。アニオン交換膜を用いる燃料電池の研究開発を進めるとともに、ペロブスカイト型酸化物など金属-空気電池の可逆空気極触媒の開発を行い、可逆動作が可能であることを確認した。この他、レドックスメディアを用いた新規なレドックスフロー電池システムに関する開発（触媒・電池構造など）、固体高分子形燃料電池・水電解可逆セルに関する高性能酸素極触媒の開発、錯体系酸素還元触媒材料の開発、アニオン交換膜型燃料電池における炭酸イオン挙動の理論的解析に関する研究等を行った。

蓄電デバイス研究グループ

(Advanced Battery Research Group)

研究グループ長：小林 弘典

(関西センター)

概要：

携帯型電子機器の利用拡大や電動クリーンエネルギー自動車の利便性・効率向上のため、更なる高エネルギー密度化を図りつつ、十分な信頼性・安全性を確保した低コストの蓄電池が必須であることから、リチウム系電池を中心とする新規電極・電解質材料の創製に関する研究を行うとともに、共通基盤技術として車載用リチウム電池の劣化機構の解明及び劣化抑制手法の開発等に取り組んでいる。1) 新型蓄電デバイスの研

究：硫化リチウム-炭素複合体を正極に用いた全固体電池を対象に、負極への黒鉛の適用を試み、黒鉛と固体電解質を通電焼結法で複合化することによりレート特性等を改善できることを見出した。2) 高エネルギー密度・高出力密度型電極材料の研究：負極については、イオン液体の PP13[FSA]と EMI[TFSA]をベースの溶媒として用いた場合を調べることで、イオン液体が高い還元安定性および高い粘度を持つ場合にデンドライト析出が抑制されることを明らかにした。正極については、出発原料に酸化リチウムを用いることで高容量を示す Li_2MnO_3 及び Ti 添加 Li_2MnO_3 を1段階プロセスで合成する方法を見出した。3) 車載用リチウム二次電池の劣化機構の解明および劣化抑制：NMC 系正極材料を用いた PHEV 型モデル電池の、サイクル試験に伴う出力劣化については正極表面近傍の構造変化に起因することを明らかにした。劣化抑制のためアルミナを表面被覆した NMC 系正極材料と未被覆の材料について電子顕微鏡で断面観察し比較検討したところ、粒子のクラックの増加が特性劣化の主要因であることを見出した。また、電池安全性試験法確立に資するべく、定置用大型蓄電池の耐熱試験用単電池熱暴走方法の調査および予備検討を実施した。

電池システム研究グループ

(Battery System Collaborative Research Group)

研究グループ長：境 哲男

(関西センター)

概要：

本研究グループでは、主に企業との資金提供型共同研究を実施しており、多様な専門化から構成される連携チームを結成して、新材料開発とそれらの高度解析、電池システムでの性能実証、安全性評価までを総合的に推進し、その中で材料開発からシステム実証までを総合的にマネジメントできる研究開発人材の育成を図っている。1) ニッケル水素電池；負極では、コバルトフリー化 La-Mg-Ni 系積層型合金の国際特許が成立して、本格的な実用化を開始。正極では、カーボンファイバー上に水酸化ニッケルをめっき析出させるファイバー型電極の連続製造装置を開発し、1Ah クラスの密閉型電池で性能実証。2) リチウムイオン電池；負極では、従来の黒鉛系負極の3-5倍の高容量化が可能なシリコン系やスズ系高容量材料を用いた電極を開発して、長寿命化と低温特性、耐熱性を実現しつつ、釘刺し試験でも発火しにくいことを実証。正極では、熔融塩合成法を用いたシリケート系正極や、ガラス合成法を用いたリン酸系正極、長寿命な有機イオウ系正極も開発して、高安全性を確認した。3) リチウムイオン伝導性ポリマー系電解質；ポリビニルブチラール (PVB) を用いたリチウム二次電池用ゲル電解質の液溶媒やポリマー極性基とイオンとの相互作用状態を

調べた。PVB ポリマーの OH-基サイトはカチオンと強く吸引相互作用してリチウム塩の解離を促進するとともに、OH-基濃度に相関してカチオン易動度を抑制することが分かった。4) 常温熔融塩の開発；新規に合成してきた FTA アニオン系イオン液体によるコバルト酸リチウムモデルセルの出力評価の結果、従来の有機溶媒電解液を上回る出力が得られる可能性を示した。一方 LiFTA 塩が従来のリチウム塩の中では最も融点が低く、中温域においてリチウム熔融塩電解質として、リン酸鉄リチウム正極が比較的高いレートで作動することを明らかとした。5) メンブレンリアクターの開発；金属多孔体上に緻密なパラジウム系合金薄膜をめっきにより形成することで得た水素分離膜と、400℃以上の高温で耐久性を有するメタノール水蒸気改質触媒を組み合わせることにより、メタノールから高純度水素を直接に得る技術を開発した。

デバイス機能化技術グループ

(Photonic Device Application Group)

研究グループ長：谷垣 宣孝

(関西センター)

概要：

省エネルギー社会の実現にむけ、効率的な光エネルギー変換を目指した次世代デバイス開発を目標とする。材料プロセス技術と計測技術、理論解析を駆使し、有機・高分子材料のナノ構造制御した薄膜を創成し、デバイス開発に活用している。特に薄膜中の分子配向に着目し、これを積極的に生かした有機デバイスの開発を行っている。ディスプレイ・照明に利用できる高効率、高機能の発光素子、及び光電変換素子の開発を行っている。独自技術である摩擦転写法による高分子配向膜作製、及び有機色素の配向制御によって、白色偏光 EL 素子の高効率化に関する研究を行った。また、有機 EL 素子の取り出し効率向上のための光モード配分に関する理論的解析を行った。半導体高分子の配向制御により、電荷輸送能を向上させることによる光電変換素子の効率向上を確認した。さらに、磁気共鳴イメージングにおける雑音低減などの計測技術の研究も行っている。

光波制御デバイスグループ

(Nano-structured Photonic Device Group)

研究グループ長：太田 浩二

(関西センター)

概要：

ユビキタス情報社会を支えるためには、様々な光学材料や光機能デバイスが求められている。当研究グループでは、ガラスや有機材料をベースとして、情報家電に応用可能な高機能な光学材料、光機能デバイスの研究開発を行っている。特に、家電メーカー等との連

携によって、微細構造デバイスの精密成形技術の開発に注力している。超硬モールドの表面に最適化したサブ波長構造を形成し、インプリント法でガラス成形により反射防止付きレンズを作成することに成功するとともに、一枚のレンズに収差補正機能を付与することを目的として、鋸歯構造のインプリント成型技術も開発している。さらには、光機能デバイスに対する高度な要求に応えるために、大容量の光データ記録のための高感度に応答する二光子吸収材料の研究開発や、照明の高性能化のための研究開発も行っている。以上のような研究を通して、省エネルギー化と省資源化に貢献するデバイス製造プロセスと同時に、省エネルギー化に貢献する高性能な光機能デバイスの実現を図る。

ナノ機能合成グループ

(Synthetic Nano-Function Materials Group)

研究グループ長：清水 洋

(関西センター)

概要：

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

高機能ガラスグループ

(Advanced Glass Group)

研究グループ長：赤井 智子

(関西センター)

概要：

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

照明の省エネルギー・省資源を目的として、当グループでは、(1) 希土類を使用する高効率蛍光灯用蛍光体の使用量低減技術、(2) LED 照明用蛍光材料、材料設計基盤技術の開発を行っている。また将来的な照明省エネを達成するために蓄光材料の開発も行っている。

ランプ用蛍光体技術として、希土類蛍光体を高磁場勾配磁選を用いて緑色蛍光体 $\text{LaPO}_4:\text{Ce,Tb}$ のみを取り出す方法を開発し、実際の工場の廃棄物等への適用性を検討した。その結果、実際の廃蛍光体でも分離が可能なことがわかった。また、シリカ中に $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ の結晶を析出させることで、高輝度な蛍光ガラスが得られることを見出した。蓄光材料については、蓄光顔料 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu,Dy}$ と同等程度の屈折率を示すガラスと焼成したところ、蓄光材料とガラスとの界面の散乱が低下する効果が認められた。

バイオベースポリマー研究グループ

(Bio-based Polymers Research Group)

研究グループ長：中山 敦好

(関西センター)

概要：

持続可能社会の実現、地球温暖化問題の解決のためには効率的な炭素資源の利活用が重要であり、再生可能なバイオマスから製造されるプラスチックの本格的普及が待たれている。本研究グループでは、情報家電等の筐体や自動車部品等への応用を目標に、バイオマス由来原料からのバイオベースポリマーの製造及びプロセス開発を行い、また、バイオベースプラスチックの普及のための環境負荷評価、バイオマス利用分野のネットワーク構築等に取り組んでいる。今年度はアミノ酸から合成できるポリアミド4の原料合成をラージスケールで効率的に行えることを実証し、実用化のブレイクスルーとなる一連の成形加工技術を開発した。また、重合開始剤の工夫により生分解しない環境中で安定なポリアミド4を開発した。産総研バイオポリマーコンソーシアムでは3回の講演会を実施し、計11件のバイオベースポリマー開発に関する講演を得た。

エネルギー材料標準化グループ

(Research Group for Standards of Energy-related Material)

研究グループ長：境 哲男

(関西センター)

概要：

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

燃料電池技術に関しては、日本電機工業会と連携し、マイクロ燃料電池等の標準化推進に必要な評価を実施するとともに、燃料電池の評価に資する研究開発を行っている。水素技術に関しては、新エネルギー媒体研究グループと連携し、水素貯蔵材料の特性・耐久性に関する評価・標準化、水素製造用シフト反応触媒の研究開発、水素利用脱硝技術に関する研究開発を行った。蓄電池技術に関しては、蓄電デバイス研究グループ及び技術研究組合リチウムイオン電池材料評価研究センターと連携して、リチウムイオン電池の標準化及び研究開発動向について調査し、性能及び安全性の標準化推進に資する研究開発に着手した。熱電変換技術に関しては、ナノ機能合成グループと連携し、熱電変換材料及びモジュールの評価技術に関する標準化の可能性に関する検討を行っている。

イオニクス材料研究グループ

(Ionics Research group)

研究グループ長：谷本 一美

(関西センター)

概要：

リチウムイオン電池及び燃料電池のための新規な電池材料の創製を目指し、リチウムイオン電池では、高いエネルギー容量化及び長期でのサイクル特性に優れた材料の開発を進め、燃料電池では高効率でクリーンとなる新たな材料系による固体高分子形燃料電池の開発に取り組んでいる。さらに、それらのエネルギーデバイス用途の新材料について、電池材料の機能発現や機能変化の状態・形態変化を計測分析法の開発も進めている。これらの研究活動を受託研究で実施すると共に、産業界との連携による共同研究を通して取り組んだ。特に、固体高分子形燃料電池に関して技術研究組合FC-Cubicへ参画し、電池特性に密接に係る電極触媒での電解質と電極の界面現象の計測解析法の高度化に資する研究を進めている。

⑩【環境管理技術研究部門】

(Research Institute for Environmental Management Technology)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：田尾 博明

副研究部門長：竹内 浩士、近藤 裕昭

主幹研究員：田中 幹也

所在地：つくば西

人員：64名(64名)

経費：774,250千円(389,168千円)

概要：

1. 部門のミッション

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

2. 研究開発の方針

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

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

3. 重点研究課題等

[重点課題1] 環境診断技術の開発

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

[重点課題2] 環境負荷低減技術、修復技術開発

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

に、既存法に比べて除去コストを1/4に縮減する浄化技術を開発する。

〔重点課題3〕レアメタル等金属・化成品の有効利用・リサイクル技術の開発

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

〔重点課題4〕地球温暖化関連物質の環境挙動解明と二酸化炭素対策技術評価

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

内部資金：

標準基盤研究

「溶存酸素測定に基づく光触媒及び応用材料の環境浄化性能の評価手法の開発」

「工場排水中のクロム（III）とクロム（VI）の分別定量法」

外部資金：

経済産業省 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「PFOS/PFOA 前駆体物質の分解・無害化反応システムの開発」

「分子内プロトン転移と錯形成を吸着原理とする新規ホウ素回収剤の開発」

「アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究」

「南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

「多核金属錯体のCO₂多電子還元機構の解明」

環境省

「溶融塩電解精製による太陽電池用 Si のリサイクルおよび製造方法の開発」

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構

「高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, EU 削減技術の開発」

省水型・環境調和型水循環プロジェクト

「省水型・環境調和型水循環プロジェクト／水循環要素技術研究開発／有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業（A-STEP）フィージビリティスタディステージ探索タイプ

「ストレス診断用簡易発光キットの試作」

「活性酸素種の殺菌プロセスへの応用と評価モニタリング技術の開発」

「バイオマス由来溶媒を用いたボンド磁石からのネオジム回収技術の開発」

その他（国立大学法人東京大学）

「残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究」

その他（国立大学法人東京大学）

「大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用」

その他（国立大学法人名古屋大学）

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

その他（国立大学法人広島大学）

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

その他（独立行政法人物質・材料研究機構）

「天然鉱物等の無機材料を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術等の開発ーハイドロタルサイト系層状化合物の利用検討ー」

その他（独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構）

「平成23年度貿易投資円滑化支援事業（実証事業・鉱物資源案件）における技術改良試験に関する委託」

「平成23年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る選鉱・製錬技術調査研究（海底選鉱について）」

「平成23年度海底熱水鉱床採鉱技術開発等調査に係る選鉱・製錬技術調査研究（選鉱特性の把握について）」

その他（民間受託）

「1,4-ジオキサンの分解特性に関する研究開発」

「電子部品破砕物から貴金属を濃縮選別するプロセス技術の検討」

「電子基板等からのタンタル回収の実用化に向けた研究開発」

「低品位貴金属含有廃棄物からのパラジウム回収技術の開発」

「廃電気電子機器に含まれるレアアース磁石のリサイクル」

「マイクロナノバブルによる環境対応型半導体ウエハ洗浄装置の開発」

「石綿含有震災廃棄物無害化及び廃棄物再資源化処理の実証研究開発」

「光触媒建材を用いた NOx 浄化に関する研究」

その他（東京大学先端科学技術研究センター）

「空気浄化用可視光応答型光触媒の標準試料の作製・ベンチマーク試験および光源・フィルターの検討」

その他（独立行政法人製品評価技術基盤機構）

「JNLA 技能試験「光触媒材料空気浄化性能試験」における「標準試験片の均質性試験及び参照値の付与」

文部科学省 機関補助金

「国際共同研究の推進 アジア GEO Grid イニシアチブ」

文部科学省 科学研究費補助金

「複雑地形地におけるフラックス観測の代表性と広域化に関する研究」

「希少金属回収を目的とする廃小型電子機器の高度識別分離・選択粉碎システム」

「希土類抽出剤プレドープ型樹脂を用いるクロマトグラフィーの構築と分離分子過程の解析」

「分子制御による融合マテリアル形成の計算学シミュレーション」

「バクテリア氷核タンパク質と昆虫不凍タンパク質の類似性および相違性の計算科学研究」

「陸上植物活動における酸素、二酸化炭素交換比の精密観測と呼吸、光合成量の分離評価」

「温室効果気体の発生・吸収源の高精度分離評価を目指した同位体連続観測手法の開発」

「健康影響が懸念される PM2.5 粒子状物質のわが国風上域での動態把握」

「海洋における真の密度測定」

「西部北太平洋域における炭素同位体観測による黒色炭素粒子の発生源寄与・広域分布評価」

「富栄養化内湾堆積物における異種微生物間長距離細胞外電子伝達の実証」

「高効率メカノケミカルプロセスによる高密着性 DLC の皮膜の迅速創製」

「白金族抽出における外圍サイズ認識効果の解明及び新規分離試薬開発」

「乾性沈着表面抵抗の定量法の開発」

「アロステリック電気化学アプタザイムに基づく高感度遺伝子センサ」

「心臓組織におけるストレスホルモン様化学物質評価系の構築」

「融合マテリアル：分子制御による材料創成と機能開拓の総括研究」

「ヒマラヤ氷河融解によるガンジス河生態系への影響評価研究」

「光学活性超原子価ヨウ素による不斉酸化反応の機構探究に基づく展開」

「物理気相蒸着法により作製したガス吸着膜の特性解明とガス検知センサへの応用」

「生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究」

「グラファイト状窒化炭素の構造制御と光触媒性能の向上」

「ボロン酸を用いた糖検出チップの高速応答化とマルチカラーセンサーアレイへの展開」

「タワー観測のネットワーク化による東南アジアの大気-森林相互作用の解明」

環境省 科学研究費補助金

「熔融炭酸塩を用いた使用済み電子機器からのレアメタルの回収」

「溶融塩および合金隔膜を用いた廃棄物からの希土類金属分離・回収プロセスの開発」

その他（財団等助成金）

「富栄養化内湾堆積物からの硫化物溶出抑制機構」

「増えずに生き続ける代謝戦略-地球炭素循環の鍵ににぎる微生物新機能-

「バイオマス由来溶媒を用いた使用済み電気電子機器からの資源回収とコークス炉原料化」

「代替フロン加水分解反応速度再評価と省エネルギー処理システムの提案」

「酸素吸着および過酸化水素生成能に優れた還元反応促進型酸化物質光触媒の開発」

「陸上地下圏の金属元素動態に関わる未知微生物群の同定」

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

「アルミニウム資源循環の高度化を目的とする建材スクラップ選別技術の研究」

発 表：誌上発表120件、口頭発表326件、その他62件

計測技術研究グループ

(Measurement Technology Research Group)

研究グループ長：鳥村 政基

(つくば西)

概要：

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させた次世代環境診断技術を開発するため、その基盤となる分析装置、センサ類の試作と性能評価を実施している。平成23年度は、1) 有害試薬を使わない重金属類のモニタリング法として、オンライン連続監視システムのプロトタイプについて性能評価を行った。また、環境負荷として重要な石炭中微量重金属の分析法の国際標準化に向けて、産総研コールバンクの石炭について詳細な分析データを蓄積した。2) オンサイト型計測法として土壌・地下水の重金属や環境基準濃度レベルの VOC が測定可能な高感度振動子センサを開発した。また、水晶振動子センサの応答性能を向上させるため、センサ界面における各種重合膜の性能について作成条件の最適化を図った。3) 測定対象遺伝子の存在により自ら電気信号を発現する遺伝子プローブの高性能化と、それらのプローブを集積化するために試作している二次元微量液体ハンドリングデバイスの実用化を推進した。また、性ホルモン様化学物質の生体への影響を計測するための生物発光プローブの改良を行い、測定操作の簡便化に向け測定キット化を行った。4) 複雑なマトリックスからなる環境試料から検出対象菌を簡便に分離して微生物分析に供するための新たな前処理技術を探索した。また、環境微生物の質量分析装置を利用した迅速識別法の汎用性を高めるために、マススペクトルのデータベース充実を図った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目7

未規制物質研究グループ

(Potential Pollutants Group)

研究グループ長：忽那 周三

(つくば西)

概要：

未規制物質研究グループは、化学物質の環境対策指針構築に必要な、環境分析法の開発、環境動態の解明（環境分析、関連物理化学定数の測定・推算）、分解・無害化・有効利用のための反応系の開発等を行う。23年度は、①国際的な規制物質であるペルフルオロオクタンスルホン酸等 PFOS/PFOA 関連物質の地球規模環境動態、②光化学大気汚染等に関わるアルデヒド類の環境動態、③二酸化炭素の有効利用、④成層圏オゾン層破壊物質であるヒドロクロロフルオロカーボン類 (HCFCs) の分解等に関する研究を実施した。①では、国際合同調査航海や現地調査等により地球規模で環境試料を採集するとともに、分析法の開発・検証を行った。また、自然環境下における PFOS/PFOA 関連物質の光分解の可能性を初めて見

出した。②では、乾性沈着パラメータを評価する室内実験装置を試作した。また、アルデヒド類の水和反応について、複数の水分子が触媒として働く水クラスター反応モデルを構築し、文献値がないアルデヒド類の水和反応速度を決定した。③では、二酸化炭素の酸化還元一体型光還元反応について、直接の前駆体と多核ユニット間の電子移動など反応効率の向上に関わる反応機構を高速分光法により解析した。④では、数種類の HCFCs の加水分解が文献等の報告よりも容易に進行することを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目8

環境分子科学研究グループ

(Environmental Molecular Science Group)

研究グループ長：脇坂 昭弘

(つくば西)

概要：

気相、液相、及び固体表面におけるクラスターの生成・反応特性、錯体の生成・分解過程、粒子（ナノ粒子、微粒子、エアロゾル）の生成・分散・回収過程に関する分子科学的研究法を確立し、環境診断技術、資源リサイクル技術及びリスク評価・削減技術の開発に資する以下の研究を行った。1. ナノ粒子・エアロゾルの特性評価手法に関する研究、2. レアメタル等金属の選択的錯形成・分解過程に関する研究、3. 産業由来発生源ダスト計測法の標準化に関する研究、4. 大気中化学反応モデル系の分光学的研究、5. 生体分子構造変化解析法に関する研究、6. エレクトロスプレー反応場によるナノ粒子合成法に関する研究、7. 液相プロセス制御に係る液相クラスター構造の解析に関する研究、等を行った。

研究テーマ：テーマ題目9

環境負荷制御研究グループ

(Environmental Purification Technology Research Group)

研究グループ長：根岸 信彰

(つくば西)

概要：

有害化学物質リスク削減を目的として、1) 大気及び水中の環境汚染物質・有害化学物質の光分解除去技術の開発、2) 低温プラズマと触媒を複合化した揮発性有機化合物の分解に最適な触媒の探索、3) 光触媒材料の性能試験方法の標準化を行った。1) 大気及び水中から有害汚染物質を除去する光触媒技術開発を行った。水中有機リン化合物の除去では、有機リン酸が TiO₂ 表面に理論式通りに吸着し、水中から効率的に除去できることを見いだした。また、新規光触媒としてグラファイト状窒化炭素の高機能化と機構解明を行った。2) Mn 系触媒だけでなく Ag 系触媒もオゾン

援用触媒として有望であったことから、各種 Ag-ゼオライト触媒の分解性能評価を行い、2層化した ZSM-5/ Ag-ZSM-5が高分解特性を示すことを明らかにした。3) 可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関し、標準試料を産総研で一括して作製し、各 WG に提供した。また、NO_x、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、トルエンの4種の物質を対象とした空気浄化性能試験方法の JIS 原案をまとめ、規格協会に提出した。また、光触媒反応に伴う酸素の消費量から光触媒の能力を評価する手法の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目10、テーマ題目

11

吸着分解研究グループ

(Adsorption and Decomposition Technology Research Group)

研究グループ長：加茂 徹

(つくば西)

概要：

当グループは、吸着技術や分解技術を駆使して VOC や廃プラスチック等による環境負荷を低減するための革新的な技術やシステムの開発を目指している。

1) プラスチックリサイクルに関する研究

地域分散型の資源循環利用システムを構築して資源の有効利用の促進および最終処分量の削減を目指し、分離回収技術（ハロゲン、金属、熱硬化性樹脂、熱可塑性樹脂等）の開発と装置化、並びに個別プラスチックリサイクル技術の高度化やバイオマスとの共処理による革新的なリサイクル技術を開発する。平成23年度は、エポキシ基板やフェノール基板の混合炭酸塩共存下の水蒸気ガス化において、初期熱分解で生成されるチャーに熔融混合炭酸塩が浸入し、試料粒径が十分小さい場合には試料粒子内部で均一に、粒径が大きい場合には炭酸塩が浸入した外殻層内で反応が主に進行することを明らかにした。また、実際の使用済み電子機器から取り出した電子基板や部品をガス化した結果、熔融状態にある混合炭酸を極微量に添加するだけで有機成分が十分ガス化されて除去でき、金属を還元状態で容易に回収できることを明らかにした。さらに外熱式ロータリーキルンを用いてポリプロピレン系、石油樹脂系、ナイロン・PET 複合材等の食品包材端材をガス化し、ガス化収率とガス組成のデータを得た。特に従来の水平移動床熱分解装置では処理速度が砂を供給しながら0.4kg/h程度であったのに対し、循環移動床を用いたロータリーキルン炉では砂の補給なしに1.2kg/h処理することができた。

2) 大気環境のリスク削減に関する研究

VOC の吸着回収技術並びに触媒分解技術に取り組み、前者においては脱離工程に高い温度による加

熱処理が不要な新規吸着剤の開発を行い実用化のための要素技術の高度化を行う。また、オゾン援用酸化分解触媒実用システム開発に資するナノリアクターとして利用可能な金属元素を含む多孔体を合成し、VOC 転化率、CO₂選択率、エネルギー効率の向上を図る。平成23年度、新規吸着剤に関しては、二元細孔構造を有するシリカ系多孔体の水蒸気を含む複成分系において、各成分の吸着挙動を検証可能なシステムを作製し、水蒸気と VOC 分子、並びに VOC 分子間の競争吸着データを評価し、高い動的 VOC 吸脱着能を発揮する条件を明らかにすることができた。また、分解除去システムの開発に関しては、オゾン援用酸化触媒として、種々の組成を持つ (Zr,Ce) 系複合酸化物とシリカとのナノ複合体について、オゾン共存下において、特に Zr を約 20mol%含む多孔性材料が、ギ酸等副生成物の発生を抑制し、高い VOC 転化率と CO₂選択率を発揮することを明らかにした。さらに180℃の水熱処理条件下で単糖類からテンプレート法を用いて酸素系表面修飾基を豊富に有するナノ炭素材料を合成し、電極材料としての基礎性能評価を行った。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6

浄化機能促進研究グループ

(Advanced Remediation Group)

研究グループ長：竹内 浩士

(つくば西)

概要：

有害化学物質によるリスク削減のために、省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究と、省エネ・低環境負荷型排水・廃液処理技術の研究を行っている。

1) 省エネ・低環境負荷型土壌修復技術の研究では、自然が持つ浄化能力を強化した環境修復技術の開発を目指す。重金属汚染サイトにおいて代謝活性を有する微生物を同定するための新手法「Stable Isotope Probing」の立ち上げと最適化を行った。また、重金属還元能を有する鉄還元微生物群の集積培養系を得ることに成功した。重金属の収奪能力の高い植物の汚染土壌対策への利用に関しては、特に鉛について実汚染現場における試験を行った。その結果、鉛の溶出量超過を抑制し、環境基準値内に低減させることを可能とした。

2) 省エネ・低環境負荷型排水・廃液処理技術の研究では、重金属を含むスラッジや有機汚染泥の削減ができる排水・廃液処理技術の確立を目指す。本年度は、無電解銅めっき廃液及び排水中の有機成分をフェントン酸化処理し、残留する鉄・銅イオンを沈殿生成処理する複合処理法を検討した。その結果、廃液に含まれる酒石酸・ギ酸などのベンチスケールでのフェントン酸化における最適処理条件を明らかに

した。さらに、酸化処理後に残留する銅イオンをコンパクトな沈殿として除去する最適条件を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目2

リサイクル基盤技術研究グループ

(Advanced Recycling Technology Research Group)

研究グループ長：大木 達也

(つくば西)

概要：

戦略メタルの資源確保に資するため、未利用の人工及び天然資源を対象に、安価で安全かつ効率的に金属成分を濃縮する粒子の粉碎・選別・制御技術の開発を推進した。都市鉱山開発実現に向けて、プリント基板から電子素子を種類別に回収する「複管式気流選別機」と「傾斜弱磁力磁選機」の研究用試作機の開発に成功し、企業とライセンス契約を締結した。また、電子素子選別シミュレーションソフト「AESS (アエス)」を試作した。また、都市鉱山を有効活用し、我が国の国内資源循環を達成させるため、生産とリサイクルを一貫するビジョンの基礎を築いた。蛍光体については、ユビキタスエネルギー部門と共同で色選別用高勾配磁選機の導入を支援するとともに、色度を識別指標として、レアアースが使用される3波長蛍光ランプとハロリン酸系蛍光体を使用される白色蛍光ランプを非破壊で識別することを可能にした。一方、レーザー3次元解析法によるソーティング技術では、Al スクラップの選別回収物の平均元素組成を調べた結果、3倍程度の低希釈倍率で展伸用 Al 合金として再生できる見通しを、また、Mg スクラップの AZ 系と AM 系合金の選別が可能であることを確認した。2次電池に関しては、Ni-MH 電池焼成物の破碎選別特性を明らかにし、乾式処理によるリサイクルの可能性を明らかにした。海底熱水鉱床に関しては、我が国研究機関に標準試料を配布するハブ機能を果たすとともに、鉱石の鉱物組成と単体分離性、主要元素の共存性等を調査、また、世界で初めて海底選鉱機の開発を開始し、その試作機を作成した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6

金属リサイクル研究グループ

(Metals Recycling Group)

研究グループ長：田中 幹也

(つくば西)

概要：

近年、途上国の急速な経済成長による金属資源の枯渇懸念や価格高騰、また国内での廃棄物処分場の逼迫を背景に、金属循環型社会の構築が重要課題となっている。当グループでは、これを実現するための技術の確立に貢献することを目指して、省エネルギー的で高

選択的な金属分離回収技術の開発を行っている。特に、溶媒抽出法や電解採取法といった湿式プロセスを用いた二次資源や鉱石からの金属回収に関する新規プロセスを提案することを目標としている。今年度は、アミド系化合物に着目した貴金属分離精製用抽出試薬開発、無電解ニッケルめっき工程を対象とし抽出法を適用した排出抑制およびリサイクル技術、ネオジム磁石廃棄物を対象とした希土類等レアメタルの回収等について研究した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目6、テーマ題目12

大気環境評価研究グループ

(Atmospheric Environment Research Group)

研究グループ長：村山 昌平

(つくば西)

概要：

大気環境評価研究グループでは、大気環境における観測・シミュレーション技術を基盤として、持続可能な社会の実現をめざし、森林生態系の炭素固定メカニズムの解明とそのモニタリング技術、産業活動の環境影響評価手法および地球温暖化防止のための対策評価手法の開発に関する研究を行っている。H23年度は、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林サイトおよびタイの熱帯林サイトにおいて、大気-森林生態系間のフラックス観測を継続して行った。国内外の多地点で行われている地上連続観測データを現地から収集・集約・処理し、衛星観測などと統合する環境情報ネットワークシステムの開発を進めた。大気-陸上生態系間のCO₂交換量を呼吸と光合成量に分離して評価することを目指し、大気中酸素濃度およびCO₂安定同位体比の高精度連続観測装置の改良を進めた。定期航空機で観測されたCO₂濃度分布から全球の放出源・吸収源の推定を高精度化する作業を継続して行った。日本上空における酸素濃度の長期観測結果から全球二酸化炭素収支を推定した。福江島と福岡でのPM2.5の成分分析より、都市大気汚染物質の一つである黒色炭素が、福岡において長距離輸送の影響を強く受けていることがわかった。福江島における黒色炭素中の同位体分析より、寒候期には石炭燃焼起源の寄与が増える傾向が見られた。南大洋において得られた大気硫化ジメチル濃度とエアロゾル粒子数濃度の時間変動を説明するために、大気化学反応モデルを構築した。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目13

海洋環境評価研究グループ

(Marine Environment Study Group)

研究グループ長：鈴木 昌弘

(つくば西)

概 要：

海洋環境評価研究グループは、海洋を利用した産業活動が海洋環境に及ぼす影響や想定される対策の効果を評価する手法を開発することにより政策策定の根拠としうる知見の提供を目的としている。平成23年度は、温室効果ガス排出抑制技術として期待される二酸化炭素の海底下地層貯留技術の評価に向けて、海水中二酸化炭素濃度測定装置の検討と実現現場環境における二酸化炭素漏洩実験プロトコルの構築を行った。合わせて海洋の持つ二酸化炭素固定能を評価するために海洋環境中での粒子状および溶存有機物の動態について検討した。沿岸海洋生態系の再生技術評価の一環として、製鋼スラグおよび航路浚渫土を造成材料として用いた藻場・干潟造成技術の評価を行い、スラグおよび浚渫土の化学特性の解明と造成土壌として用いた際の海底環境下での物質フローの解明を行った。海洋環境中での微生物群集、特にバクテリアなどの原核生物の生理活性・生死判別手法を検討し、光触媒を用いた新しい殺菌・水処理技術の評価判定法として展開した。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目14

水環境工学研究グループ

(Hydro-environmental Technology Research Group)

研究グループ長：清野 文雄

(つくば西)

概 要：

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

有害化学物質の吸着回収技術の研究では、トシル化シクロデキストリンとキトサンビーズ表面のアミノ基の求核置換反応によるシクロデキストリン結合吸着剤の調製を行い、様々な調製条件を検討した結果、反応溶媒を工夫することによりシクロデキストリン結合量が多いものが得られることを明らかにした。さらに、1,4-ジオキサン水溶液を用いて吸着試験を行い、市販品のシクロデキストリンポリマーよりもジオキサン除去率が高いことを実証した。また、放射性物質除染に関して、セシウムを吸着するためのゼオライトと陰イオン性放射性物質を吸着するための LDH を複合して陽イオン・陰イオン両用の吸着剤を検討した。

水素、触媒等を利用した還元無害化技術の研究では、Pd-Cu バイメタル触媒を多孔性繊維型触媒固定床に

固定し、これに試料水を H₂ガスと共に通水して試料水中の NO₃⁻を分解除去する技術を開発している。今年度は、触媒固定床と H₂/N₂混合ガスマイクロバブルを併用したシステムを開発し、混合比を最適化することにより10ppm 以下に分解できることを明らかにした。

マイクロバブル、オゾン等を用いた酸化無害化技術の研究では、1,4-ジオキサンの排出状況に関して排出が危惧されている染色事業所での実態調査を行い、排出の要因および現状を明らかにするとともに、促進酸化法による分解機構および分解能についても明らかにした。また、VOC 除去、閉鎖性水域の環境浄化、トナー排水の処理、ウェハー洗浄等の分野でマイクロバブル利用技術の進展に尽くした。

[テーマ題目1] 部門重点化：化学物質の生体影響解析技術に関する研究

[研究代表者] 鳥村 政基 (計測技術研究グループ)

[研究担当者] 鳥村 政基、青木 寛、金 誠培
(常勤職員3名)

[研究内容]

国内外での化学物質の規制強化に伴い、多数の物質の生体影響評価が必須となるため、膨大な数の生体影響試験を高速かつ分子レベルで解析するシステムの開発を推進する必要がある。安全安心な社会の実現に向けて、製品や産業プロセスから排出され環境中に存在する化学物質やアレルゲン、ナノ粒子等の測定、及びこれらへの暴露によって引き起こされる体内の健康状態の変化をモニタリングすることができる迅速で信頼性の高い分析法が必要とされている。このため、特定配列を持った遺伝子の存在をわずかな量でも検知できる高性能遺伝子プローブと、これらプローブがそれぞれ異なる遺伝子配列を持ったものを高密度に並べて利用できる遺伝子センサアレイチップの技術を発展させ、両者の技術を高度に融合することで、実試料をターゲットとしたハイスループットな遺伝子発現解析システムを構築する。また、遺伝子組み換え技術を生物が持つ酵素やタンパク質の持つ発光機能や化学物質認識機能へと融合することにより、環境中や生体内の化学物質やホルモンを高感度にモニタリングする分析システムを開発する。平成23年度は、人工酵素を組み込んだ遺伝子プローブをデザインし、その性能の電気化学的な評価を行い基本性能を確認することができた。極微量の液体試料を正確にかつピッチを任意に変更してアレイ状にスポッティングする技術については、これまで用いてきたスポッティング用のキャピラリー素材を見直すことで高い位置精度のスポッティングを実現した。これらアレイスポットを利用した遺伝子センサアレイチップの作製では、配列選択的な遺伝子検出能力が高いチップの作成条件を見いだすことができた。また、これまで開発を進めていたストレスホルモンを検出するた

めの分子発光プローブについては、さらに高感度な超高輝度生物発光酵素を見いだすことができ、これを用いたヒト唾液からのストレスホルモン測定に成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 分子プローブ、ストレスホルモン、可視化、細胞

〔テーマ題目2〕 部門重点化：自然浄化機構強化型環境浄化技術に関する研究

〔研究代表者〕 根岸 信彰（環境負荷制御研究グループ）

〔研究担当者〕 根岸 信彰、飯村 洋介、市川 廣保、堀 知行、佐野 泰三、平川 力、小岩 史子、西本 千郁、筒井 咲子（常勤職員6名、他3名）

〔研究内容〕

水中に存在する有機リン等化学汚染物質の太陽光による処理に伴う無害化機構を解明するため、代表的な有機リン化合物15種類の分解反応を追跡した。検討した全ての有機リン系化合物は光触媒分解でギ酸等の有機酸及び無機酸を生成するが、この酸性環境が中間体としての有機リン酸及び最終生成物としての無機リン酸の TiO_2 表面への吸着促進効果を高め、有機リン酸及び無機リン酸の溶出を抑制できることを pH の連続測定より明らかにした。一方、有機リン酸の光触媒分解では、元々酸性環境であるため有機リン化合物ほど顕著な pH 変動は見られなかったが、当初より酸性環境のため TiO_2 表面に吸着して水中濃度が低くなることを明らかにした。この吸着量はリン吸着能が知られている赤泥（アルミナスラグ）より約10倍高く、すでに市場化されている赤泥（*Bauxsol*）やアルミナマグネシアケイ酸塩鉱物（*Palygorskite*）とほぼ同等であった。有機リン酸以外の化合物に関しては分解速度を求め、自然環境中での加水分解より数桁早く光触媒分解の方が進むことを見いだした。今回検討した全ての物質の分解機構をまとめて論文投稿を行った（印刷中）。汚染サイトに適合した自然の浄化機能の促進的浄化手法に関しては、汚染サイトの重金属類の低レベル毒性化および固定化（還元反応）に関わる環境微生物群を標的として、酸化鉱物を電子受容体基質とする独自培養技術を用い、55種以上の集積培養系を取得することに成功した。さらに、その抽出 DNA を大規模シーケンシングによる分子系統学的解析へと供することで、重金属類還元能を有する *Geobacter* 属や *Anaeromyxobacter* 属の新規細菌群が高度に優占化していることを確認した。植物の重金属収奪機能を利用した汚染土壌の対策技術の開発においては、昨年度選抜したタマリユウを実汚染土壌に適用したところ、鉛の溶出量が70-96%に削減され、環境基準値内に抑制することを可能とした。震災による放射能汚染土壌への対策については、様々な高等植物による放射性セシウムの吸収試験

を行ったが、効率的な除去は不可能であると結論付けた。一方、既に繁茂する雑草の伐根により線量率が20%に削減することが判明した。これは植物の根が汚染土壌を抱え込むことに起因すると結論付けた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 酸化チタン光触媒、太陽光、水処理、表面反応、微生物

〔テーマ題目3〕 部門重点化：レアメタル等希少金属の高度資源循環技術開発

〔研究代表者〕 田中 幹也（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 幹也、大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、林 直人、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄、加茂 徹、小寺 洋一、田崎 友衣子（常勤職員11名）

〔研究内容〕

先端的材料・製品に不可欠なレアメタル等の希少金属は、希少性・資源偏在性から資源制約が、また、散逸による環境制約が懸念されており、その資源循環システム構築は喫緊の課題である。本研究においては、多様な形態を有するこれらの使用済み材料・製品や未利用資源からレアメタル等を安全で効率よく採取・回収・再生するための、地域に適合し、多様なニーズに対応可能なコンパクト、フレキシブル、ユニバーサルな高度資源循環技術の開発を行うことを目標とし、(1)物理的分離技術、(2)化学的精製技術、(3)プラスチック処理技術につき研究を行っている。

非常にコンパクトな装置で、0.1mm 以下の微粒子群に含有する希少金属を、高精度に多成分同時に選別するコリオリセパレータの開発を推進した。理論的計算により予測されていたコリオリセパレータの比重分離性能を、実験的検証が可能な比較的径の大きな粒子を用いて確認した。粒子径100 μm のガラス、チタン、ジルコニア、銅について分離実験を行ったところ、最適な回転数の下で運転することにより、コリオリセパレータ内の回収ポケットにおいて、非常に重なりが少ないシャープな比重選別を達成することに成功した。また、その再現性が高いことも明らかにした。実験により、コリオリセパレータ内の各粒子の軌道は、理論計算の予測とも良く一致していた。以上の結果を踏まえ、現状認識しているコリオリセパレータの性能を超えた領域を実現するために、コリオリセパレータの様々なパラメータを最適化する計算シミュレーションに着手した。

パラジウム抽出剤チオジグリコールアミド (TDGA) の実用化へ向けた研究として、廉価に合成可能な N,N,N',N' -テトラブチル-TDGA による白金族金属の抽出挙動を調べたところ、 N,N,N',N' -テトラオクチル-TDGA に比べ、パラジウムをより迅速に抽出しかつ高いパラジウムの逆抽出率を示したが、疎水性の点でやや劣った。また希土類元素の分離を目的として新規吸着剤

の開発に取り組み di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid が形成する配位高分子が陽イオン交換により希土類金属イオンを吸着することを明らかにした。

使用済み電子機器から取り外したエポキシ基板、フェノール基板、ポリイミドフィルムおよびタンタルコンデンサーなどの電子部品を600~700℃で水蒸気ガス化する場合、極微量の混合炭酸塩（炭酸リチウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウム）を添加するだけで試料中の有機成分はほぼ完全にガス化して除去され、銅やタンタルなどの有用な金属資源が容易に回収できることを明らかにした。また粉末状のネオジム磁性体をエポキシ樹脂が固めたネオジムボンド磁石に各種のアルカリ化合物を添加してメチルベンジルアルコール中で処理すると、常圧下220℃の温和な条件下でボンド磁石はほぼ完全に可溶化され、粉末状のネオジム磁性体が回収できることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】レアメタル、リサイクル、物理選別、微粒子選別、白金族金属、抽出剤、吸着剤、配位高分子、プラスチック処理

【テーマ題目4】部門重点化：二酸化炭素の生態系内隔離とその監視技術に関する研究

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、田口 彰一、兼保 直樹、古賀 聖治、前田 高尚、石戸谷 重之、鈴木 昌弘、左山 幹雄、鶴島 修夫、山田 奈海葉（常勤職員11名）

【研究内容】

低炭素社会への道筋の中で、現状の高炭素排出型産業からの排出を短期間で急減させることは困難であり、排出された二酸化炭素を安全に大気から隔離する技術が望まれている。この究極の技術は生態系内隔離であるが、本来陸域や海洋の生態系が担っている炭素循環のメカニズムを解明し、これをうまく利用・促進する技術が望まれている。本研究では、陸域や海域における生態系内炭素循環のメカニズムをより詳細に解明するとともに現場実験等により基礎データを取得することをめざす。

陸域生態系における炭素固定メカニズムを解明するために、岐阜県高山市の冷温帯落葉広葉樹林およびタイの熱帯林（サケラート、メクロン）においてフラックス観測を継続して行ってデータを取得し、年々変動や長期変動の要因の解析を行った。観測地の景観映像時系列により生物季節を記録・検出する装置と手法の開発、及び既取得データによる熱帯林の生物季節の解析を行った。熱帯林サイトにおいては、現地観測システムの改修が奏功し、今まで長期欠測を生じやすかった雨季に概ね連続したデータの取得をすることができ、生物活動が活発かつ気候変動に伴う影響を受けやすいと思われるインドシ

ナの雨季の炭素収支について議論する基礎になりうるデータ取得が可能になった。また、炭素固定メカニズムの素過程を分離評価するために、高精度酸素濃度連続測定装置及びCO₂安定同位体比連続測定装置等の各種装置の開発を進めた。酸素濃度測定については、高精度連続観測装置の無人運転化に向けた改良を行うとともに、呼吸・光合成分離評価解析理論の確立を行った。CO₂安定同位体比連続測定装置については、前年度選定した中赤外のCO₂同位体の吸収線波長の光を射出する分布帰還型量子カスケードレーザを搭載した試作器を製作し、性能試験を行った。

沿岸域の二酸化炭素変動モニタリングに適した小型・安価・省電力な二酸化炭素分圧センサー開発として、昨年度の検討結果より小型の非分散型赤外分析モジュール2種を選定してプロトタイプ測定装置を作成し、臨海実験所における試測定を行った。測定結果は二酸化炭素分圧の大きな日周変動によく追従しており、沿岸域観測において実用的な精度・正確さでの測定が可能であることが示唆された。

二酸化炭素の海洋中深層隔離技術に関しては、海域の生態系に正のフィードバックをもたらす可能性が示唆されている。より現実的な影響評価を行うため、優占生物である原核生物を評価対象とし、中深層環境を再現可能な高圧培養装置の設計・作成を行った。ステンレス管、PEEK チューブ、HPLC 用ポンプ、テフロンチューブ製培養器等を組み合わせ、水深3000mまでの高圧環境を再現した、微生物培養に適した装置を作成できた。海底下地層貯留技術に関しては、英国における海域漏洩実験（QICS プロジェクト）と環境管理技術研究部門および日本の関連研究機関間でMoUを締結した。産総研としては特に堆積物中の栄養塩の挙動の解明をテーマに同プロジェクトに参画しスコットランド・アドマッキニッシュ湾での実験プロトコル策定に携わった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素固定、陸域生態系、海域、影響評価

【テーマ題目5】水質監視用スマートセンサーの開発

【研究代表者】田尾 博明（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】田尾 博明、鳥村 政基、中里 哲也、愛澤 秀信（常勤職員4名）

【研究内容】

上下水道などの社会インフラに関する水ビジネスの競争力向上が喫緊の課題となっている。現在、これらの水質監視には、実験室で使用する大型装置が用いられているが、これを小型化・メンテナンスフリー化してインラインやオンサイトで監視できるようにすれば、工場排水処理設備だけでなく、水ビジネスに係る広範な設備の維持管理、運転効率の改善が期待される。また、水資源の循環利用・有効活用を可能とする環境都市（スマートコミュニティ）にも有用である。本研究では、紫外線ラ

ンプを用いる全有機体炭素（TOC）計の開発を行った。従来の TOC 計では、有機物を酸化分解して CO₂に変換し、CO₂を非分散型赤外吸収計で分析しているが、有機物を分解するために、試料に過硫酸カリウム等の強力な酸化物を添加し、高温で加熱する必要があった。本研究ではこの試薬を用いることなく紫外線を水に照射して OH ラジカルを発生させ、この OH ラジカルの強い酸化力を利用して有機物を CO₂に変換する。OH ラジカルは短寿命であるため、TOC 計から排出されると、短時間に消滅し、外部に悪影響を及ぼすことはない。このため、分析廃液処理等も必要なく、メンテナンスが非常に楽になる。本法によれば、数分間の紫外線照射によりフミン酸等の難分解性有機物を CO₂に分解できることが可能となった。紫外線照射用のセル構造、光学窓材料、CO₂分離膜等の条件を詳細に検討し最適化を行った。また、本反応は試料中の酸素濃度にも比例することから、溶存酸素濃度を増加する方法についても検討した。これらの基礎的な検討を基に、プロトタイプ装置の設計、試作を行った。今後、様々な試料への適応性を評価するとともに、装置の小型化についての知見を集積し、更なる小型化、簡易化を追求する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水質モニタリング、全有機体炭素、オンサイトセンシング

【テーマ題目6】リサイクルが容易な製品の設計標準研究

【研究代表者】田中 幹也（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】田中 幹也、大木 達也、古屋仲 茂樹、西須 佳宏、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄、加茂 徹、小寺 洋一、増井 慶次郎（常勤職員10名）

【研究内容】

本研究では、使用済み製品のリサイクル容易化のため、リサイクルプロセスとそれを前提とした製品設計のあり方について検討した。

リサイクルが困難とされる場合、その理由は製品特徴により異なり、製品回収など社会システムの問題や、分離技術など技術上の問題がある。ここではまず製品の社会での分散度と材料回収のためのエネルギー消費という2軸で製品を分類し、プロセス技術上の制約によりリサイクルが進まない製品をターゲットとして、設計からのアプローチでリサイクルの容易化を検討した。

リサイクルの設計標準としては、ISO（Guide64など）から社内設計標準までさまざまなレベルで標準化活動が行われているが、その他にも環境ラベル認証取得のための規準や実際の設計業務（デザインレビュー）で使われる製品アセスメント項目などもある。今回これらの広範な設計標準に係る情報を収集・整理し、実際のリサイクルプロセスにおける有用性を調査するとともに、

製品開発にともないリサイクルプロセス上で新たに発生する可能性のある問題点（例えば強磁場磁石の使用・処理など）を整理し、設計上の工夫・標準化の必要性を検討した。さらに、これまでマテリアルリサイクルを前提とし資源の再利用を検討してきたが、リサイクルプロセスの省力化や経済性も考慮し、プラスチックの水蒸気ガス化によるエネルギーとしての再利用を前提とした場合、回収プロセスが製品設計に及ぼす影響についても検討した。

また、リサイクル設計が不可欠な場合においても、その過度の導入は、製品自体の市場競争性を損なう恐れがある。このことから、中間処理・製錬技術を円滑に実施する上で、必要最小限度のリサイクル設計導入の考え方を提唱し、将来、我が国における国内資源循環を念頭に、戦略的な都市鉱山形成の概念を提案した。

さらに、廃無電解ニッケルめっき液中の有価金属回収、不純物除去を容易にするため、抽出技術とめっき液設計の関係について考察した。すなわち、事例研究として、廃めっき液中の不純物である亜鉛を対象とし、まず亜鉛-亜リン酸、亜鉛-次亜リン酸の錯体生成定数を、それぞれ、亜リン酸、次亜リン酸溶液からの抽出実験により求めた。次いで求めた生成定数ならびに他の錯体生成定数の文献値を使用して、酸性有機リン試薬である PC88A によるモデル廃めっき液からの亜鉛抽出挙動を定量的に予測することが可能であることを見出した。このことは、めっき液の組成を、できるだけ抽出にとって有利になるように設計できることを示している。

また、プラスチックリサイクルを容易にするための研究も行った。すなわち、電気電子機器には安価・軽量で耐衝撃性が高く、しかも発色性が良くどんなデザインにも対応できるプラスチックが多用されている。大型家電の筐体などは容易に回収できるためにマテリアルリサイクルすることが可能であるが、電子基板や電子部品および小型機器の筐体などを素材としてリサイクルすることは困難であった。本研究では、高純度なプラスチックが容易に回収できる場合にはマテリアルリサイクルし、基板や電子部品などの多様なプラスチックはガス化してエネルギー資源に転換し、従来の手解体や粉碎・比重分別に比べて効率的に金属を回収しプラスチックを有効に再利用するハイブリッド型のリサイクル利用技術を開発することを目的とした。混合炭酸塩共存下での水蒸気ガス化では、エポキシ基板、フェノール基板、ポリイミドフィルム、ポリ塩化ビニルを600~700℃の比較的穏和な条件下で完全にガス化し、水素を主成分とするガスに転換することに成功した。本実験条件下では、基板に含まれる臭素やポリ塩化ビニル中の塩素は、安定で安全な無機塩として回収された。

【分野名】環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】都市鉱山、リサイクル、中間処理、製錬

処理、リサイクル設計、製品アセスメント、溶媒抽出、無電解ニッケルめっき、プラスチックリサイクル、ガス化、炭酸塩

谷保 佐知、山下 信義、堀 久男、
三浦 直子、村山 美沙子
(常勤職員5名、他3名)

〔テーマ題目7〕環境診断のための高感度モニタリング技術の開発

〔研究代表者〕鳥村 政基 (計測技術研究グループ)

〔研究担当者〕鳥村 政基、長縄 竜一、佐藤 浩昭、
中里 哲也、青木 寛、野田 和俊、
愛澤 秀信、田村 守孝、後反 克典
(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

従来の環境計測技術にバイオ・ナノ技術を融合させた次世代環境診断技術を開発するため、その基盤となる分析装置やセンサ類の開発とその性能評価を実施する必要がある。水中の毒性量を評価する水質監視技術確立のため、毒物応答速度や再現性が悪い魚等を利用した既存システムに代わり、応答速度や分析誤差に優れた生物等の分子認識系を利用した毒物センサを開発してきた。ヒ素の検出技術に関しては、光反応技術の組合せにより従来法に比べ二桁近い高感度な測定技術を構築した。環境中有害微生物を迅速に検出するため、数十分以内で分析可能なマトリックス支援レーザー脱離イオン化法質量分析装置を利用した分析技術についても開発を進め、株レベルでの微生物の迅速識別において利用するゲノムデータ等の利用手法について現状の問題点を指摘し、より汎用性の高い識別システムへ発展させる道筋をたてた。さらに、細胞内の分子形態や遺伝子発現を利用して、化学物質の有害性を評価するトキシコゲノミクスの分析法の確立を目的とし、高性能遺伝子プローブおよび高密度遺伝子センサアレイチップに基づく、遺伝子発現解析システムの構築を進めた。また、ナノ粒子の体内分布の測定では、ラット体内マルチウォールカーボンナノチューブに続きシングルウォールカーボンナノチューブの分離法を確立し、体内でのカーボンナノチューブの挙動評価を行った。石炭中微量成分の分析手法の規格化に資するデータ蓄積では、新たにホウ素の定量手法を見いだした。高感度な水晶振動子センサを有害物質検出技術へ適用させるため、種々の重合膜を振動子表面に形成し、水銀測定や VOC ガスのセンサとしての性能評価を進めた。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕毒物センサ、環境微生物、カーボンナノチューブ、微量元素、ガスセンサ

〔テーマ題目8〕PFOS/PFOA 関連物質の環境分析法の開発、環境動態解明と分解・無害化法の開発

〔研究代表者〕忽那 周三 (未規制物質研究グループ)

〔研究担当者〕忽那 周三、小池 和英、瀬戸口 修、

〔研究内容〕

ペルフルオロオクタン酸 (PFOA) 等のペルフルオロカルボン酸類や、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 等のペルフルオロアルキルスルホン酸類およびそれらの誘導体 (PFOS/PFOA 関連物質) は界面活性剤等として使用されてきたが、近年その環境残留性や生体蓄積性が懸念されている。我々はその環境対策の指針構築のために必要な環境分析法の開発と標準化並びに環境分析の実施、および環境分析、室内実験、計算科学に基づく環境動態の解明、さらに分解・無害化反応の開発に取り組んでいる。

23年度は、東京大学大気海洋研究所、ドイツライプニッツ研究所とともに国際合同調査航海に参加し、外洋海水、底質、雨水、大気試料を採集した。採集試料は、PFOS/PFOA 関連物質のより高精度な地球規模動態解明に用いる。また、インドの共同研究者の協力のもと、ヒマラヤ氷河からガンジス河、ベンガル湾までの現地調査を行い、PFOS/PFOA 関連物質の空間変動を明らかにした。さらに、自然環境下における PFOS/PFOA 関連物質の光分解の可能性を初めて見出し、PFOS/PFOA 関連物質の地球規模環境インベントリーの再考が必要なことを示した。一方、揮発性の PFOS/PFOA 関連物質の大気サンプリングのため、新たに低温大気捕集装置の試作品を開発し検証した。また、起源推定に有効な同位体分析を行うため、PFOS/PFOA 関連物質の誘導体化方法を検討し、安定同位体分析を試みた。

PFOA の酸解離定数 pK_a は環境動態解明に必要な物理化学定数であるが文献値が大きくばらついている。環境分子科学研究グループと共同してメタノール-水混合溶媒中の PFOA 及び酢酸周辺の溶媒和を液相クラスター質量分析法により観察し、両者の溶媒和の様子が大きく異なることから、混合溶媒中のみかけの pK_a 値から外挿して求めた PFOA の pK_a 文献値が過大に評価されている可能性を指摘した。

昨年度までに開発した PFOS/PFOA 代替物質のペルオキシ二硫酸イオンを用いた処理法について、実試料の処理で問題となる共存イオンの影響を塩化物イオンについて調べた。反応活性種である硫酸イオンラジカルが塩化物イオンと反応して消失するため、塩化物イオンにより PFOS/PFOA 代替物質の分解反応は阻害されるが、塩化物イオンは塩素酸イオンとして除去されるので相当量のペルオキシ二硫酸イオン添加により分解反応が進行することを確認した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕PFOA、PFOS、標準化、環境動態、分解・無害化反応

〔テーマ題目9〕分子・クラスター・微粒子の計測と制御技術の開発

〔研究代表者〕 脇坂 昭弘（環境分子科学研究グループ）

〔研究担当者〕 脇坂 昭弘、小暮 信之、伊藤 文之、小原 ひとみ、和泉 博、大古 善久、田崎 友衣子、岩上 透、中川 美樹（常勤職員7名、他2名）

〔研究内容〕

分子、クラスター、微粒子等の多様な化学物質の存在形態を制御する技術、及びそれらの構造決定を行うための計測・解析技術を開発し、化学物質によるリスク削減とリサイクルに寄与する以下の研究を行った。

1) ダブルエレクトロスプレー極微小液滴反応場の開発：

電場中で液体試料が電荷を有する微小液滴に断片化される現象を利用したエレクトロスプレーマイクロリアクターを開発した。本リアクターは、正及び負に帯電した微小液滴を静電的に衝突・融合させることによって、液滴の粒径が約1 μm 程度（体積0.5フェムトリットル）の反応場を形成し、極微小体積による化学反応制御を可能にした。本反応場で金イオンを還元して金ナノ粒子を合成する反応を試みたところ、通常の溶液中で進行する金粒子の自己会合が抑制され、5nmの金ナノ粒子が生成することを確認した。また、エレクトロスプレーを安定に持続するために、雰囲気ガスの効果が大きいことを明らかにした。窒素雰囲気下では高電場内で窒素カチオンが生成しスプレー効率を低下させたのに対し、2%程度の酸素が共存すると窒素カチオンの生成が抑制され、スプレー効率が低下しないことを見出した。液相の化学反応制御と反応場の設計に対する新たな指針となることが期待できる。

2) コンパクトガス吸収分離システムの開発：

イオン液体および界面活性剤溶液を超音波霧化法及びエレクトロスプレー法によりマイクロメーター以下の微細液滴に断片化し、液滴の表面積を大きくしてVOCの吸着除去効率を高める技術を開発し、トルエンの吸着除去に効果的であることを確認した。

3) 高分解能分光法による分子錯体の構造解析：

環境負荷物質の不均一反応に関する知見を得ることを目指して、高分解能分光法による分子クラスターの構造解析に関する研究を行った。マトリックス単離赤外分光法と計算科学的手法により、ベンズアルデヒド-水錯体の構造解析を行った。

4) たんぱく質立体配座コード構造解析技術：

赤外円二色性（VCD）分光解析から派生した立体配座コード構造解析技術を有機分子の構造解析技術に適用し、医薬品等の構造活性相関解析への適用について検証した。

5) 金属回収高分子材料の開発：

有機リン酸系化合物と種々の金属イオンが配位性高分子を形成して固体化し、イオン交換材として機能すること、及び金属回収剤として有効に機能することを見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エレクトロスプレー、ナノ粒子、クラスター、高分解能分光、計算科学、立体配座、金属リサイクル、配位高分子

〔テーマ題目10〕国際共同研究

〔研究代表者〕 根岸 信彰、金 賢夏（環境負荷制御研究グループ）

〔研究担当者〕 根岸 信彰、金 賢夏、佐野 泰三、小岩 史子（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

国際共同研究として公式・非公式を合わせ9件の国際共同研究を実施した。

1. CNRS（フランス）-AIST 共同研究（ECSAW）の実施延長。本研究課題では、CNRS との共同研究をECSAW の枠組みの中で実施するものである。平成23年度は本研究グループで開発したグラファイト状窒化炭素（ $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ）の水素発生活性に関する研究と、紫外線光電子を用いる表面分析をフランスにおいて開始した。
2. ITRI（台湾）- AIST 共同研究の最終年度。本共同研究では、水中溶存酸素の効果について新たな知見が得られたため、主に台湾側が中心となって国際誌への投稿を行い、共著論文が掲載されるに至った。ITRI 側の組織改編に伴い、一旦共同研究は本年度で終了することとした。
3. NSTDA（タイ）-AIST 共同研究。NSTDA 傘下のNANOTEC と光触媒による水質浄化の研究に関し、国際的外部資金の獲得を目指して新規提案を実施した。平成23年度は日本並びにタイの両者が自然災害に見舞われて外部資金獲得に向けた準備が十分取れず、結果は不採択であった。研究に関しては光触媒による水質浄化に関し共著の論文投稿を行った（平成24年度に掲載予定）。以上は産総研との間でMOUのある研究機関である。
4. ITDI（フィリピン）との共同研究。TiO₂への水中農薬吸着挙動について共同研究を実施し（日本側が実験を進め、ITDI は反応挙動について検討）、論文の投稿準備を進めた。
5. SIRIM（マレーシア）との共同研究。大気浄化に向けたTiO₂薄膜光触媒の新規合成法についてSIRIM側で開発を進め、その活性評価を当該研究グループが分担した。その結果、極めて高活性な材料が得られることが分かった。
6. パドバ大学（イタリア）との共同研究。研究員一名をパドバ大学に3ヶ月間派遣し、水中プラズマと吸着

剤の併用による水中 VOC の処理技術の開発について研究を行った。

7. KIMM (韓国機械研究院) との共同研究。プラズマと触媒技術を用いる汎用性低温化学反応技術に関する基礎研究について KIMM プラズマグループとの研究交流の定例化に関する議論を行った。また、共著論文の投稿を行った。
8. ハンソ大学 (韓国) との共同研究。ハンソ大学とプラズマ技術開発に係わる研究交流を行い、共著論文を投稿した。
9. SIMTEC (シンガポール) との共同研究。JSPS フェローシップとして SIMTEC の研究者を受け入れ、可視光応答性薄膜光触媒の研究開発を行った。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 国際共同研究、光触媒、プラズマ

【テーマ題目11】 プラズマ放電併用型光触媒反応による水質汚染物質除去

【研究代表者】 平川 力 (環境負荷制御研究グループ)

【研究担当者】 平川 力、金 賢夏、西本 千郁

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、プラズマを中心に行っているグループと光触媒を行ってきたグループとの融合研究である。光触媒単体による水質浄化には限界があり、水中での効率が著しく低下することが知られている。一方、水中プラズマ放電技術はエネルギー的には高価であるが、水質浄化能力では効果のある手法である。これら両者の技術の弱点を相補完するために、光触媒技術と水中プラズマ放電技術を併用することで、水中における光触媒反応効率の向上、及び水中プラズマ放電技術の省エネルギー利用方法を検討し、光触媒反応効率低下の抑制と水中プラズマ放電のエネルギー使用量の削減を行いながら水質浄化能力の向上を目指した。これまでに、水中放電に関する技術やノウハウの習得および設備の設置などを行った。水中放電試験を行うために必要な簡易装置を試作し、放電時間の制御や強度に関しては一定条件であるが、水中での放電を確認することができた。また、水中放電を行い易くするために、マイクロバブルの併用を試みたところ、肉眼で確認できる範囲でのマイクロバブルでは安定な放電が得られなかったが、それらマイクロバブルが目視確認できない時間範囲では、安定な放電が見られた。マイクロバブルの粒径と放電効率の関係を確認するために、バブルの粒径を計測したところ、装置のカタログ値の粒径以上のサイズのものが存在しており、それらは本試験装置の設定範囲において、放電には寄与しないことが分かった。水質浄化性能を評価するためにモデル化合物として、ビスフェノール A とサリチル酸の2種類を選定した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 光触媒、水中プラズマ、水質浄化、マイクロバブル

【テーマ題目12】 金属の分離・精製・回収に関する基盤研究

【研究代表者】 田中 幹也 (金属リサイクル研究グループ)

【研究担当者】 田中 幹也、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄、横田 昌幸
(常勤職員5名)

【研究内容】

レアメタル等有価金属の採取、リサイクル、高純度化に関し、民間企業等と複数の共同研究を推進した。これらは、溶媒抽出法や吸着法を利用する湿式プロセスに関するものであり、基礎研究から実プロセスへの適用まで様々なフェーズのものがあつた。

グループ内設定課題として、溶媒抽出系における有機相-水相界面への抽出剤の吸着挙動に関する研究を行った。キレート抽出試薬である LIX84I と酸性有機リン試薬である PC88A を混合した有機相と硫酸塩水溶液間の界面張力測定データを Gibbs-Langmuir 式に基づき解析し、界面では LIX84I よりも PC88A が優先的に吸着していること、PC88A は pH3以下では未解離の2量体として、pH5以上では解離した2量体および解離した単量体として吸着していること、を示唆するデータを得た。これらの情報は、LIX84I-PC88A 混合有機相による金属イオン抽出を解析する際の基礎として重要である。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 溶媒抽出法、レアメタル、界面張力、吸着、リサイクル

【テーマ題目13】 質量分析計を用いた大気中酸素・アルゴン・二酸化炭素濃度の連続観測システムの開発

【研究代表者】 石戸谷 重之 (大気環境評価研究グループ)

【研究担当者】 石戸谷 重之、村山 昌平
(常勤職員2名)

【研究内容】

人間活動に伴う大気中二酸化炭素 (CO₂) 濃度増加に起因する将来の気候変動を予測のため、大気中酸素 (O₂) 濃度の高精度観測を利用して大気・陸上生物圏・海洋間における人為起源 CO₂の分配量を推定する試みが IPCC 等でも注目されている。本研究では質量分析計を用いて、大気中 O₂濃度 (O₂/N₂比) に加えてアルゴン (Ar) 濃度 (Ar/N₂比)、CO₂濃度 (CO₂/N₂比)、O₂、N₂および Ar の安定同位体比を高精度で連続的に同時観測することが可能なシステムを開発した。Ar 濃度は海洋の貯熱量変化のみにより変動し、O₂および CO₂濃度と組み合わせた解析によって海洋生物の一次生産量

を見積もることが可能となる。標準ガスの繰り返し分析において O_3 濃度を約±1ppm の高精度で連続観測することに成功した。Ar および CO_2 濃度に関しても、大気中の変動を捉え得る精度を実現した。開発した連続観測装置を用いて、産総研構内大気連続観測を開始した。また、東北大学・JAXA・ISAS・国立極地研究所との共同観測で、日本上空中部成層圏で採取された大気試料の O_3 濃度等の高精度分析も開始し、成層圏大気主成分の高度分布に明らかな重力分離の影響が見られることを初めて明らかにした。これらの結果から、産業起源で放出された温室効果気体の成層圏への輸送過程や温暖化に伴う全球規模の大気循環の変動を正確に捉えるためには、成層圏大気成分の重力分離と成層圏に入ってから平均経過時間（平均年代）を同時に観測することが有効であると示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気中酸素・アルゴン濃度高精度観測、
全球 CO_2 収支、海洋生物生産、成層圏大気主成分重力分離

【テーマ題目14】富栄養化内湾堆積物からの硫化物溶出抑制機構

【研究代表者】左山 幹雄

(海洋環境評価研究グループ)

【研究担当者】左山 幹雄、小熊 輝美、片山 明美

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

富栄養化海域では、堆積物表層における溶存硫化物 ($\Sigma H_2S = H_2S + HS^- + S^{2-}$) の生成・蓄積・溶出は、底層水貧酸素化・青潮発生の原因であり内湾生態系全体に対して大きな影響を与えている。堆積物表層における ΣH_2S の動態は、硫酸還元反応による ΣH_2S 生成速度と、生物学的・化学的過程による ΣH_2S 酸化（固定化）速度とのバランスにより調節されているが、 ΣH_2S 酸化過程の実態については解明が不十分である。本研究では、 ΣH_2S 酸化過程に着目して、富栄養化海域の堆積物表層における ΣH_2S の動態とその調節機構・調節要因を、現場調査及び室内培養実験により解明する。そして、より自然環境に調和し効率の良い製鋼スラグを用いた青潮抑制技術を開発するための基礎的知見を得る。平成23年度は、東京湾湾央部の堆積物表層における ΣH_2S 酸化過程について実験的解析を行い、酸化鉄による化学的酸化（固定）、細胞内に硝酸態窒素を高濃度に蓄積するイオウ酸化細菌による生物学的酸化、及び微生物が関与する生物電気化学的過程（長距離細胞外電子伝達）による生物学的酸化の3つの過程が重要な役割を担っていること、東京湾湾央部ではこれら3つの過程の重要性は時期により異なっており、これら3つの過程を調節している環境要因や調節機構は異なっていると考えられることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】硫化物、青潮、鉄、イオウ酸化細菌

⑪【環境化学技術研究部門】

(Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：柳下 宏

副研究部門長：大森 隆夫、北本 大

主幹研究員：藤谷 忠博

所在地：つくば中央第5、つくば西

人員：55名 (55名)

経費：654,761千円 (250,858千円)

概要：

1. ミッションと目標

環境影響を考慮しつつ、持続可能な社会とそれを支える化学産業などの進むべき方向を明らかにするために、「グリーン・サステイナブルケミストリー (GSC)」が提唱されている。GSC とは、簡単に言えば「環境に優しいものづくりの化学」である。環境破壊の主因のように言われることもある化学だが、およそすべての製造業の基盤として、化学なくして「ものづくり」はあり得ない。

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

- 1) 再生可能資源を利用する材料・プロセス技術
- 2) 環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術
- 3) 化学プロセスの省エネ化を可能とする分離技術
- 4) 先端化学材料の評価技術

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

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

に、製品をイメージした企業ニーズに適応した研究開発を行っていく。

2. 研究の概要

本研究部門は、独立行政法人の存立のよりどころとなる第3期中期目標・中期計画の達成に向けて全力を傾ける。また、本研究部門が産総研最大の化学技術分野の研究者の集団であることも考慮して、上記の1)～4)の4つの課題を戦略課題として選定し実施している。

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

- ・原油価格は、今後も不安定な状況が続く。
- ・二酸化炭素等による地球温暖化問題が顕在化し、省エネルギー技術の普及とともに循環型資源・エネルギーへの転換加速がより強く求められている。
- ・複数の材料メーカーとユーザーメーカーが集結して拠点を形成し、先端材料の性能を適切に評価する手法を開発することが望まれている。

このため、戦略課題の1)については化学製品原料の石油資源からバイオマスへの転換技術実現の加速が求められる状況であり、急速に注目が集まりつつあるバイオベース材料について、民間企業との協力を視野に入れつつ、研究開発の重点化・加速化を図る。

2)は GSC の中核技術であり、産業界への技術移転を速やかに進める観点から、第二種基礎研究における上流から下流まで、すなわち基礎研究のシーズから開発研究の導入部までを実施する。また、3)については研究開発を分離材料の新規開発に限ることなく、実用化時期とその規模を見据えつつ、ニーズに合った形で広く反応プロセス・分離プロセス・製造プロセスの省エネルギー化に関して研究開発を実施する。さらに、4)については本年度から本格稼働した次世代化学材料評価技術研究組合で行う有機エレクトロニクス材料等の評価・標準化技術、及び基礎解析技術の開発を支援する。

3. 体制・運営

1) 体制・運営に関する工夫・努力

本研究部門は、常勤職員と契約職員及びその他外部研究員を含めて200名以上の規模の研究ユニットである。従って、研究部門長のみによるフラットな組織管理・運営は困難と考え、研究グループ長を一次管理者、研究部門長を二次管理者とする二階層による組織管理・運営を基本とする。研究グループ内の予算配分・個々の研究者の研究課題設定・外部資金への応募等については、研究グループ長が一次判断を行う。研究グループ内の予算・スペース・勤務時間・各種リスクの管理も、研究グループ長が一次管理者を務める。

研究部門長はライン上にある研究グループ長の一次判断を重視しつつ、必要に応じてスタッフである

副研究部門長・主幹研究員等の意見を聞きながら最終決定を行う。また、研究部門長は研究グループ間の調整を行うほか、他研究ユニットや産総研外の組織と研究グループとの関係についても総括責任者として調整する。副研究部門長及び主幹研究員はこれを補佐する。以上のように、部門長を中心とするラインとスタッフの役割分担と責任の所在を明確にした形で運営を行う。

2) 本格研究の考え方

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

3) 産学連携・知的財産・成果普及・広報についての考え方

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

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

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

本研究部門は、ナショナルイノベーションシステ

ムにおける産総研の役割を認識し、学界に止まらず広く社会や産業界を対象として積極的な成果普及・広報を心がける。特に、産総研が主として公的資金に基づく大組織であることを踏まえ、社会的責任を果たす観点からも成果の幅広い普及と、一般への広報活動に積極的に関与する。

内部資金：

標準基盤研究 バイオプラスチック製品中のバイオマスプラスチック度の測定方法の標準化

外部資金：

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 バイオ燃料等の膜分離効率向上を指向した微生物触媒および発酵プロセスの開発

経済産業省 国際標準共同研究開発事業 有機 EL、有機薄膜太陽電池用ポリマーフィルムのバリア評価技術・標準フィルムに関する国際標準化に係るフィージビリティスタディ

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発 革新的酸化プロセス基盤技術開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト 革新的断熱技術開発 次世代断熱発泡剤の研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー革新技术開発事業 先導研究 次世代分離プロセス用カーボン膜モジュールの研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省水型・環境調和型水循環プロジェクト 水循環要素技術開発 革新的膜分離技術の開発 分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省水型・環境調和型水循環プロジェクト 水循環要素技術開発 有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発 バイオマスエネルギー等高出力率転換技術開発（先導技術開発） セルロース系バイオマスエタノールからプロピレンを製造するプロセス開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術研究開発 バイオマスエネルギー等高出力率転換技術開発（先導技術開発） バイオポリオレフィン等のバイオマス由来度の測定・試験方法の研究開発

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 ナノテク・先端部材実用化研究開発 マイクロ波による金属薄膜の形成及びそのパターン化技術の研究開発 導電性付与技術

独立行政法人国際協力機構筑波国際センター 平成23年度マレーシア国別研修「オイルパームポリマー素材開発」に係る研修

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

独立行政法人科学技術振興機構 CREST モデル触媒の in-situ 表面解析

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

独立行政法人科学技術振興機構 A-STEP 化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成技術の顕在化

独立行政法人科学技術振興機構 A-STEP 活性点の配置を精密制御した高性能固定化金属錯体触媒の開発

独立行政法人科学技術振興機構 科学技術コモンズ 磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒の実用性の検証

文部科学省 科学研究費補助金 メソポーラス材料を利用した酵素固定化法の最適化

文部科学省 科学研究費補助金 バイオプロセスを適用したリグニン誘導ケミカルからの有用物質生産

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

文部科学省 科学研究費補助金 遷移金属内包ケイ素ケージ物質群の合成

文部科学省 科学研究費補助金 リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発

発表：誌上発表80件、口頭発表201件、その他15件

精密有機反応制御グループ

(Organic Reaction Control Group)

研究グループ長：島田 茂

(つくば中央第5)

概要：

21世紀の化学産業を地球環境保全と両立させつつ発展させるためには、化学プロセスに派生する環境負荷を低減し、汚染を未然に防止する必要がある。また、原料として化石資源のみではなく再生可能原料の利用や、従来の材料を代替し省エネルギー・省資源を可能とする新高機能材料を開発することも、グリーン・サステイナブルケミストリーの重要な課題である。当グループでは、酸化技術・触媒技術・反応場技術によるプロセスの改善・新プロセスの開発を行うとともに、高機能新素材の開発へ向けた研究を行っている。具体的には、過酸化水素によるクリーンな酸化技術、ケイ素系高機能材料や有機 EL 材料等の開発、二酸化炭素やセルロースを原料とする反応技術等について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

精密有機反応制御第2グループ

(Organic Reaction Development Group)

研究グループ長：韓 立彪

(つくば中央第5)

概要：

機能性化合物は、ハイテク産業を支える鍵物質である。当グループでは、ヘテロ元素資源の有効利用とより機能性の高い材料の創出を目指して、リン・イオウ・ケイ素・ホウ素等の各種機能性ヘテロ元素化合物の省エネルギー・省資源・環境保全型製造法の開発から、含ヘテロ元素機能性材料の試作までの一貫した研究を行っている。具体的には、触媒手法を用いた重合性ビニルイオウ・リン化合物の高効率合成法の開発と、含リン・イオウ・ホウ素・ケイ素機能性材料の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

分子触媒グループ

(Molecular Catalysis Group)

研究グループ長：安田 弘之

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、第3期中期計画における当部門の戦略課題の一つである「環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術」に主として関与し、環境負荷となる廃棄物を生み出さず、最小のエネルギー使用量で選択的に製品を製造するための触媒反応プロセス技術の開発を目指している。特に分子触媒については、その回収リサイクルを重視し、各種無機・有機担体へ

の固定化等についても検討を行っている。研究を進めるにあたってのキーワードは、高効率（高活性・高選択性）、高品質（残留金属低減・ノンハロゲン）、低環境負荷（E-ファクター低減）、再生可能資源（二酸化炭素・ケイ素）利用等である。具体的には、クロスカップリング、ヒドロシリル化、選択酸化など種々の有用反応に対する新たな高効率触媒系の開発、シリカ・磁性ナノ粒子・デンドリマーへの分子触媒の固定化、二酸化炭素を原料とする炭酸エステル等有用化学品の合成等に取り組んでいる。また、基盤技術として固体 NMR による触媒の精密構造解析にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2

固体触媒グループ

(Heterogeneous Catalysis Group)

研究グループ長：藤谷 忠博

(つくば西)

概要：

物質循環型社会を実現するためには、炭素資源や鉱物資源などの多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源や再生可能資源等を原料とする化学品製造プロセスの構築に向けた技術の高度化が必要とされている。当グループでは、バイオマスを原料とする化学品製造プロセスに必要な触媒による化学変換の技術開発を行い、特にバイオアルコールからプロピレンへの化学変換用高性能触媒の開発を行っている。また、セルロースやグリセロール等を出発原料とした有用物質への変換触媒の開発にも取り組んでいる。さらに、表面科学的手法等の高度な *in situ* 計測・分析技術も駆使しながら、実用化に向けた触媒の高性能化を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

膜分離プロセスグループ

(Membrane Separation Processes Group)

研究グループ長：原 重樹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、膜素材の合成から製膜・評価技術の確立と膜応用プロセスの開発まで、膜分離の基礎から応用にわたる基盤研究を一貫して行うことにより、膜利用高効率化学プロセスの構築に貢献することを目的としている。具体的には、膜素材として水素のみを選択的に透過する水素透過性金属膜、及び分子スケールの孔で小さな分子を透過させる分子ふるいカーボン膜に着目している。膜やシステムといった形のあるものの開発はもとより、高精度・高感度な測定解析手法の開発や、計算機シミュレーションを活用した膜・膜モジュールの性能解析等も進めている。得られた技術

や知見は、分離膜以外へも積極的に展開している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

化学システムグループ

(Energy-Efficient Chemical Systems Group)

研究グループ長：遠藤 明

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、化学システムの省エネルギー化や環境負荷低減化の分野において、化学工学及び材料科学の観点から材料技術とシステム技術を一体化してとらえた研究を展開し、得られた成果を積極的に社会・産業界に発信していくことを通じて、持続発展可能な社会の構築に資することを目標としている。具体的には、ナノ空間及び界面での物質移動・吸着現象・化学反応に注目し、材料の合成－構造－機能の関係を意識しつつ、グリーン・サステイナブルケミストリーの発展に貢献するための材料・プロセス開発、ナノ多孔材料の特性を活かした反応場の構築、省エネルギープロセスの解析とプロセス強化・システム化に関する研究を進めている。これらの研究を通じて、二酸化炭素排出抑制等の地球環境問題の解決及び化学産業等の国際競争力強化に貢献したいと考えている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

バイオケミカルグループ

(Bio-Chemical Processes Group)

研究グループ長：榊 啓二

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、バイオマス等の未利用資源の積極的な活用を目的として、各種の生物・化学プロセスを活用した高付加価値製品の開発技術等に取り組むとともに、低環境負荷型反応分離プロセスの構築を目指した要素技術に関する検討を行っている。具体的には、環境適合性と機能性を併せ持つ新しい材料であるバイオサーファクタントの各種産業分野への応用を目指し、酵素や微生物を利用した製造技術の高度化や用途開拓等を進めている。また、バイオディーゼル燃料の製造等において副生するグリセリンを原料として、微生物によるバイオサーファクタントの量産技術及びグリセリン誘導体の生産技術の開発を行っている。さらに、バイオアルコールを低濃度発酵液から効率的に分離するための要素技術として、アルコール選択透過性を有する高性能シリカライト膜の開発、及び発酵と膜分離を同時に行う発酵プロセスの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

循環型高分子グループ

(Renewable Plastics Research Group)

研究グループ長：国岡 正雄

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、持続可能な循環型社会システムに適合し、原料を石油に限定することなく、未利用の再生可能原料（バイオマス・農業廃棄物等）からリサイクル可能な循環型高分子を開発している。その製造のための環境適合型プロセス、利用が促進されるような高機能な性能を持つバイオマスプラスチック、バイオマスからの効率的な生産法、及びその基盤技術を開発している。環境に負荷を与えない廃棄物処理として、生分解・再資源化についても併せて検討している。具体的な研究テーマは次の通り。1)循環型高分子材料の利用促進のために、化学的手法（有機合成化学反応、マイクロ波化学反応、光化学反応）を用いて、熱的・機械的性質や機能に優れた循環型高分子を開発する。2)環境適合技術及びその関連技術を利用して、実際にその製品の实用化に関与している企業とともに効率的な生産法を開発する。3)アジアに豊富に存在するバイオマスを、当該諸国と連携しながら日本の技術を用いて循環型化成品及び高分子に転換する技術を開発する。4)循環型高分子の市場への投入促進のために、循環型高分子に関わる再資源化率・生分解率・バイオマス炭素含有率等の測定法の国際規格の原案作りを行う。

研究テーマ：テーマ題目1

フッ素化合物グループ

(Fluorocompound Group)

研究グループ長：田村 正則

(つくば中央第5)

概要：

フッ素化合物は他の元素からは得られない特別な性質を有し、この性質を有効に利用することで安全性が高く環境負荷の低い材料を開発することが可能である。当グループでは、持続可能社会構築を目指したグリーン・サステイナブルケミストリーの推進という観点から、環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術の確立を目指し、フッ素化合物に関する反応・製造プロセス技術の開発を行うとともに、環境負荷が低くかつ安全な材料開発に必要な環境影響評価及び燃焼性評価に関する研究開発を推進している。フッ素化合物の温暖化への影響や燃焼性を総合的に評価し、その工業化に必要なフッ素化合物の合成技術開発を進めることで、フッ素の特性を利用した環境に優しく安全性に優れた材料の開発を目指している。具体的には、発泡剤等の開発に向けた反応・製造プロセスを検討するとともに、関連化合物の温暖化・環境影響評価・燃焼性評価・特性評価を進めている。

研究テーマ：テーマ題目2

化学材料評価基盤グループ

(Chemical Materials Evaluation Group)

研究グループ長：須田 洋幸

(つくば中央第5)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】再生可能資源を利用する材料・プロセス技術

【研究代表者】 榊 啓二 (バイオケミカルグループ)

【研究担当者】 榊 啓二、大森 隆夫、北本 大、
 藤谷 忠博、池上 徹、根岸 秀之、
 井村 知弘、羽部 浩、森田 友岳、
 福岡 徳馬、佐藤 俊、国岡 正雄、
 竹内 和彦、田口 和宏、大内 秋比古、
 船橋 正弘、八木 久彰、大石 晃広、
 長畑 律子、伊達 正和、中村 功、
 三村 直樹、高橋 厚、原 重樹、
 吉宗 美紀、遠藤 明、山本 拓司、
 富永 健一 (常勤職員28名、他14名)

【研究内容】

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

(バイオアルコールからの基幹物質製造プロセス開発)

バイオエタノールからプロピレンを製造するための反応プロセス、及び分離プロセスの開発を行った。反応に酸化物系触媒を用いると、水の添加がプロピレンの選択性を向上させることと、高圧下ではプロピレンの選択率が向上することを見出した。また有機硫黄不純物のジメチルジスルフィドは、酸化物系触媒の反応によって硫化

水素などに転換されることを確認し、それを選択的に除去可能な吸着剤を見出した。さらに、膜孔径の異なる炭素膜モジュールで模擬反応ガスの脱水試験を行うとともに膜構造の最適化を検討し、ベンチスケールでの必要膜面積を算出した。

(バイオ基幹物質製造技術・利用技術の開発)

グリセリンの微生物発酵で得られるグリセリン酸製造について、微生物触媒の解析を行った。バイオディーゼル燃料の製造で副生するグリセリンの原料化を目的として、グリセリン酸生産性低下の原因と推定される不純物(メタノール)の影響を、生産微生物の遺伝子比較解析により検討した。その結果、メタノール解毒に必要と推定される複数の遺伝子機能が增强されていることを明らかにした。さらに、当該遺伝子の一つが、メタノールから誘導される毒性の高いホルムアルデヒド解毒のための機能を有することを実証した。また、各種のバイオ原料から生産される糖型バイオサーファクタントの利用技術に関する開発を行った。特に、両末端に親水基を有する双頭型のバイオサーファクタントは、各種の有機溶媒や中鎖アルコールに対して、低濃度で機能するゲル化剤として有効であることを見出した。さらに、それ自身に生理活性があるバイオサーファクタントの特徴を活かして、得られたゲルの抗菌性等についても評価した。

レブリン酸はセルロース系バイオマスから合成可能な化学品の中でも、基幹物質として高いポテンシャルを有している。我々は、これまでブレンステッド酸とルイス酸を組み合わせた触媒系が従来より高効率にレブリン酸を合成可能であることを示してきたが、今年度は反応後の溶液から触媒回収に成功した。回収した触媒はほとんど活性を失っておらず、繰り返し再利用可能であることが示唆された。

(プラスチック製品の組成毎のバイオマス炭素含有率の測定法の開発)

プラスチック製品は多くの化合物の混合物であり、どの成分にバイオマス由来炭素が含まれているかが重要な要素となっている。プラスチック製品を樹脂部分と添加剤部分に溶媒分離法により分離し、それぞれのバイオマス度を求めることにより、バイオマス炭素の分布を求めることを可能にした。また、様々なプラスチック複合体に関するデータを収集し、この手法が適用可能であることを確認するとともに、これを基に ISO 国際標準規格の委員会案を作成し国際審議を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

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

【テーマ題目2】環境負荷物質の排出を極小化する反応・プロセス技術

【研究代表者】 島田 茂 (精密有機反応制御グループ)

〔研究担当者〕 島田 茂、小林 敏明、清水 政男、
富永 健一、萩原 英昭、今野 英雄、
今 喜裕、五十嵐 正安、韓 立彪、
内丸 祐子、山下 浩、安田 弘之、
坂倉 俊康、高橋 利和、藤田 賢一、
小野澤 俊也、崔 準哲、深谷 訓久、
田村 正則、徳橋 和明、陳 亮、
権 恒道、高橋 明文、水門 潤治、
滝澤 賢二、内丸 忠文
(常勤職員26名、他32名)

〔研究内容〕

21世紀の化学産業を地球環境保全と両立させつつ発展させるためには、化学プロセスに派生する環境負荷を低減し、汚染を未然に防止するグリーン・サステナブルケミストリー (GSC) プロセスの開発が必要である。中でもファインケミストリーや機能性物質合成関係では、廃棄物が多く出る E-ファクターの高い反応の効率化と選択性向上が求められている。本テーマでは、酸化技術、触媒技術、反応場技術、錯体・ヘテロ原子技術等の高度化により、GSC のコンセプトをさらに一歩進め、高効率・省資源かつ高性能・高機能部材製造につながる基盤技術開発を行っている。

(過酸化水素による選択酸化技術)

過酸化水素を用いた酸化反応技術において、タングステン・相間移動触媒・添加剤からなる三元系触媒について詳細に検討し、オレフィン類のエポキシ化反応をベンチスケールの反応に拡大するための指針を得た。ケトン類のバイヤービリガー酸化反応においては、反応系中の爆発性過酸化物の確認法を開発し、反応の安全性を向上させることができた。また、過酸化水素酸化の基盤技術を拡大するために、白金黒を触媒に用いる単一触媒からなる反応系を設計し、アリルアルコールから医薬品中間体の合成に有効な α 、 β -不飽和ケトンへの新規触媒反応を開発した。本反応における触媒は、単一成分で複数の機能を果たしている。この成果は、これまで一段階の反応にしか適用できないと考えられてきた過酸化水素酸化技術が、より精密な有機合成にも適用できる可能性を示唆している。

(分子触媒のリサイクル技術)

分子触媒をシリカ表面に強固に固定化できる多点結合型リンカーを利用することにより、臭化アリールを基質に用いた鈴木カップリング反応において、金属リーチングの大幅抑制 (ICP 質量分析の定量下限以下) を維持しつつ、5回以上の触媒リサイクルで活性低下のない (収率90%以上) 固定化分子触媒を開発することに成功した。また、塩化アリールを基質に用いた鈴木カップリング反応においても、二座配位子用多点結合型リンカーを用いてリン系配位子を導入することで、単座配位子と比べてリサイクル性能が著しく向上することを明らかにした。オレフィンのジヒドロキシル化反応に有効な固定

化酸化オスミウム触媒の開発については、デンドリマー支持体のコア部の中心に三級窒素を導入することでオスミウムのリーチングが抑えられることと、マグネタイト支持体に酸化オスミウム活性種を共有結合により固定化することで磁石を用いた分離・リサイクルが可能であることがわかった。チイランと二硫化炭素との反応による環状チオカーボネート合成を高効率で促進し、かつリサイクル可能な固定化分子触媒を開発した。担持金属触媒を調製する際の金属前駆体として、有機金属錯体を利用する新規な触媒調製法を開発した。優れた触媒性能を示す Al-MCM-41の固体 NMR による構造解析を行い、六配位²⁷Al 励起からの磁化移動に基づき、最近接²⁹Si のシグナルを選択的に取得する方法により、六配位 Al がシリカフレームワークの表面に埋め込まれていることを推定した。

(ヘテロ元素系反応技術)

ケイ素材料の研究については、独自に開発した無水条件によるシラノールの合成反応を、ハロゲン化ケイ素共存下で行うことでシロキサンクロスカップリング反応に成功した。この反応は、高機能シロキサン化合物の合成において鍵となる反応である。また、ケイ素原子を含む高分子化合物として、官能基を有するポリカルボシランを、トリヒドロシランとジイン及び修飾アセチレンとのパラジウム触媒によるワンポット反応により合成し、得られたポリカルボシランの物理化学的特性を明らかにした。ビニルリン類を工業生産するための触媒プロセスの開発では、触媒の配位子の構造最適化を行った。ホウ素を含む安定化合物であるボラジンと環状ポリシロキサン類及びジアミン類との脱水素縮合によりホウ素系高分子を合成した。

フッ素材料の研究については、発泡剤候補となる化合物の効率的な合成法を検討し、工業原料を用いて製造を行う複数の製造法を開発した。また、候補化合物について温暖化評価及び気体熱伝導率や安定性の評価等も進め、これらは温暖化への寄与が極めて小さく、発泡剤としての特性も優れていることを明らかにした。冷媒化合物の評価に関して、二つの候補化合物について燃焼速度の温度依存性を明らかにするとともに、微燃性冷媒に関する最小着火エネルギーの推算式を提案した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 選択酸化、過酸化水素酸化、遷移金属触媒、固定化触媒、ヘテロ元素化合物、ケイ素材料、リン材料、フッ素材料

〔テーマ題目3〕 分離技術等を応用した省エネルギー型化学プロセス技術

〔研究代表者〕 原 重樹 (膜分離プロセスグループ)

〔研究担当者〕 原 重樹、柳下 宏、大森 隆夫、
藤原 一郎、向田 雅一、吉宗 美紀、
原 伸生、遠藤 明、川合 章子、

山本 拓司、片岡 祥、榎 啓二、
池上 徹、根岸 秀之
(常勤職員14名、他12名)

〔研究内容〕

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

(膜及び膜分離プロセスの評価・解析手法の開発)

水素を効率よく透過して分離する膜として、パラジウムなどからなる金属膜が知られている。しかし、パラジウムは希少金属であることから、使用量を減らすために薄膜化の技術が求められている。その結果、厚さ20 μm に満たない無欠陥のパラジウム箔が開発されている。こうした箔状金属膜を有効に活用するため、今年度は体積あたりの膜面積が大きい積層型モジュールのプロトタイプを開発した。さらに、設計通り6L/分を超える水素精製が可能であることを実証した。

(化学プロセスのための新規分子ふるい分離膜の開発)

化学プロセスに適用可能な分子ふるい型無機膜である分子ふるい炭素膜を用いて、有機溶剤の脱水分離の検討を行った。細孔径0.4~0.45nmの炭素膜を用いた場合、炭素数3以上のアルコールやエステル等の有機溶剤に対して高い脱水性能を示すことを見出した。また、細孔径を0.3~0.35nmに制御することで、炭素数2の有機溶剤に対して脱水性能を向上させることに成功した。さらに、操作温度・供給濃度・供給圧力等の運転条件が分離性能に与える影響を検討し、水の透過速度は供給水濃度が高いほど大きくなることなどから、分子ふるいに加えて吸着の影響があることを明らかにした。

(低温廃熱の有効利用が可能な新規ナノ多孔質吸着剤の開発)

メソポーラスシリカを吸着剤として使用したデシカントサイクルと、蒸気圧縮式冷凍サイクルのハイブリッドシステムにより、冬季におけるノンフロスト運転と、夏季におけるノンドレイン運転を可能とするノンフロストヒートポンプの開発について、細孔径が約3.8nm及び9.6nmのメソポーラスシリカを合成し、その水蒸気吸着等温線の温度依存性について検討した。-20 $^{\circ}\text{C}$ ~25 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で吸着等温線を求めたところ、細孔径が大きいと-10 $^{\circ}\text{C}$ 、小さい場合でも-20 $^{\circ}\text{C}$ において細孔内あるいは表面に吸着した水が凍結したと思われる吸着挙動を示した。細孔径と凍結の関係は、以前に検討したDSCによる相

変化と細孔径の関係から予測できるものであった。また、デシカントローターの吸着特性評価として、メソポーラスシリカを紙に抄き込んだものの細孔構造評価及び水蒸気吸着挙動を評価した。泳動電着法により作製したメソ多孔体の吸着モジュールと比較して、バインダーの影響が懸念される結果となった。ほう素吸着剤については、ポリアリルアミンをベースに架橋及びグルコースを導入する方法において、吸着サイト導入手法の最適化によりほう素吸着量が増大することを示し、従来よりもほう素吸着量が2倍以上となる新規吸着剤を合成した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕省エネルギー、膜分離プロセス、水素分離、分子ふるい分離膜、脱水分離、デシカント空調、ノンフロスト、ナノ多孔質材料、泳動電着法、ほう素除去

〔テーマ題目4〕先端化学材料の評価技術

〔研究代表者〕須田 洋幸

(化学材料評価基盤グループ)

〔研究担当者〕須田 洋幸、向田 雅一、萩原 英昭、高橋 利和、水門 潤治、国岡 正雄、船橋 正弘、大石 晃広、原 重樹、原 伸生(常勤職員10名、他1名)

〔研究内容〕

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

そこで本テーマでは、化学材料の耐久性評価としての加速劣化試験法の開発、構造・機能評価法の高度化、材料設計指針の確立を3本の柱として研究を実施している。具体的には、加速劣化試験法開発においては、汎用耐候性試験装置を用いた加速劣化試験の実施とともに、OHラジカル等に関する大気化学の知見を積極的に活用した独自の加速劣化試験法の開発を目指す。構造・機能評価法の高度化においては、多様な評価・分析装置を用いた新しい構造・機能評価法の開発と、これに基づく劣化機構の提案を目指す。材料設計指針の確立においては、加速劣化試験及び劣化機構の解析結果等をフィードバックして、既存材料の改良や新規材料の製造を目標とする。今年度は、主に加速劣化試験法の開発と構造・機能評価法の高度化に関する検討を行った。

(加速劣化試験法の開発)

プラスチック材料の長期間使用を保証するための劣化現象の定量的評価及びメカニズム解明を行い、その材料を使った製品の寿命予測に資する技術を開発する。そのために、外部環境での使用を視野に入れたフィルム材料の屋外暴露劣化の促進評価を目的として、汎用耐候性試験装置を用いた劣化評価を行っている。今年度は装置特性の確認のために、標準ポリエチレンフィルムの促進劣化試験を行い、カルボニルインデックスによる評価を実施した。また、そのメカニズムを解明するために、劣化の程度と光強度及び槽内温度の関係を詳細に検討した。また、大気化学技術や酸化技術等の知見を取り入れた独自の加速劣化試験法の開発を目指して、大気化学チャンバーを用いた加速劣化試験の検証を行った。モデル材料としてポリエチレンフィルムを用い、雰囲気や湿度等の条件を制御した試験を行った結果、高濃度酸素や紫外線照射により劣化が加速されることを確認し、さらにカルボニルインデックス法により劣化加速度を定量化した。

(構造・機能評価法の高度化)

これまで系統的な研究が少なかった、新しい構造・機能評価法の開発及び高度化を目指し、多様な評価分析手法の適用可能性について検討した。特にポリマーフィルムの水蒸気バリア性評価に注目し、評価方法の国際標準化に向けた活動を開始した。さらに次世代化学材料評価技術研究組合と連携して、高感度水蒸気バリア性評価技術の課題を抽出した。また、有機・高分子材料等の耐久性評価においては、化学結合の切断や組み換えなど、いわゆる一次構造的な変化だけではなく、分子集合体の結晶構造や運動性などの高次構造の変化との関係、さらにはこれらの一次構造と高次構造、及び機械的強度や色度・電子移動性等の部材性能の変化とを相関付けて評価・解析することが重要であることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】先端化学材料、耐久性評価、加速劣化試験、構造・機能評価法、材料設計指針、水蒸気透過

⑫【エネルギー技術研究部門】

(Energy Technology Research Institute)

(存続期間：2004.7.1～)

研究ユニット長：長谷川 裕夫

副研究部門長：上野 和夫、角口 勝彦、宗像 鉄雄

上席研究員：周 豪慎

主幹研究員：山崎 聡、小原 春彦、竹村 文男、
羽鳥 浩章

所在地：つくば中央第2、つくば中央第5、つくば東、
つくば西

人員：121名 (121名)

経費：1,731,643千円 (552,761千円)

概要：

1. ミッションと目標

二酸化炭素等の温室効果ガス排出量を削減しつつ、資源・エネルギーの安定供給確保を図るグリーン・イノベーションを推進し、持続的発展可能な社会の実現に貢献することを目標とする。

2. 主要研究項目

上記目標を実現するために、以下の主要研究項目について研究開発を行う。

1) 高効率エネルギーマネジメントシステム技術に関する研究

時間変動の大きな再生可能エネルギー群を蓄電システムへの依存をできるだけ少なくしつつ大量に導入するために、電力および熱のエネルギーネットワークにおけるエネルギー平準化のための要素技術、これらをつなぐ高効率電力変換素子、電力変換器等のハード技術および、それらをインテリジェントに制御するソフト技術の開発を行い、新しいエネルギーマネジメントシステムを開発する。

2) 住宅用エネルギーシステム技術に関する研究

超高エネルギー密度二次電池、キャパシタ等、次世代のエネルギーシステムに革新的な変革をもたらす、革新的蓄電デバイスや、室内でも運転が可能な小型発電システムなど、住宅用途に適した革新的要素技術の開発を行うとともに、これら次世代技術を統合し、系統エネルギーとの協調機能を備えた、住宅用エネルギーマネジメントシステムを開発する。

3) 次世代高効率分散電源技術に関する研究

熱電発電、スターリングエンジン等による、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) システムの高度排熱利用によって HHV50%を超える次世代高効率 SOFCの可能性を明らかにするとともに、高効率 SOFCを実現するための材料開発もおこない、次世代高効率燃料電池を提案する。

4) 水素エネルギー技術に関する研究

水素貯蔵材料の特性と反応機構を解明し、水素を限られたスペースに高密度に貯蔵するための水素貯蔵材料の設計指針を明らかにする。また、太陽光による水素製造等、高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術及び燃料電池等からなる水素エネルギー利用システムを開発する。

5) エネルギー資源変換技術に関する研究

未利用低品位炭、再生可能エネルギーを併用した分散型エネルギーシステム構築のための先進的水素製造と転換技術、及び、石炭ガス化プロセス等に関わる基盤技術の開発を行う。

6) エネルギー技術評価に関する研究

二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたシステ

ム等の革新的エネルギー関連技術について、開発・導入シナリオの分析・評価を行う。

7) 萌芽的・革新的エネルギー技術

新たな展開やブレイクスルーをもたらす萌芽的・革新的エネルギー技術の研究に積極的に取り組み、次世代プロジェクトの芽を育てる。

内部資金：

融合・連携推進予算（戦略予算）「エネルギー資源を活用した分散型エネルギーマネジメント技術の開発」

標準基盤研究「固体酸化物形燃料電池単セル・スタック性能試験法 JIS 規格化研究」

外部資金：

経済産業省

平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）

「蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析」
「ハイブリッドキャパシタ電極用ナノ構造材料の合成と評価に関する研究」「燃料改質ガスの燃焼モデルの基盤研究」「高効率 CO₂還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究」「色素増感起電力を利用した水分解水素製造」「再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究」「ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料」「固体酸化物形燃料電池の燃料多様化に関する研究」「クリーンアップ石炭ガス化のための SOFC 燃料極開発」

環境省

平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）

「非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究」

文部科学省

平成23年度原子力試験研究委託費

「高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

ナノテク・先端部材実用化研究開発

「カゴ状物質を利用したナノ構造制御高性能熱電変換材料の研究開発」「ハイブリッドナノカーボン電極による水系電気化学スーパーキャパシタの開発」

革新的ゼロエミッション石炭ガス化発電プロジェクト

「発電から CO₂貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー／全体システム評価（発電から CO₂貯留に至るトータルシステムの評価）」

固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発事業

「基礎的共通的課題のための研究開発」

最先端研究開発支援プログラム

「超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索（低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発）」

次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発

「ナノ界面制御による高容量電極の研究開発（次世代技術開発）」

バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）

「低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発」

水素貯蔵材料先端基盤研究事業

「金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

戦略的の石炭ガス化・燃焼技術開発（STEP-CCT）

「水素ガス化およびチャーの燃焼の基礎研究（次世代高効率石炭ガス化技術開発）」

産業技術研究助成事業

「3次元集積型錯体における配位空間・ヘテロ界面の融合制御による革新的エネルギー貯蔵材料の開発」

「大電力密度電子デバイスの実現に向けた n 型ダイヤモンド半導体の低抵抗化ならびにオーミック接合技術の開発」

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

国立大学法人京都大学

「持続可能な発展へ向けた環境政策・経済システム研究：GS 等の動態分析による政策評価業務」

「幸福度等主観的福祉を考慮した、資源環境に関わる持続性指標の将来推計の検討作業」

国立大学法人筑波大学

平成23年度環境研究総合推進費再委託

「アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究」

国立大学法人東京大学

平成23年度エネルギー使用合理化技術開発等委託費再委託

「革新炭素繊維基盤技術開発」	「不凍タンパク質及び不凍合成高分子の凍結抑制メカニズムの解明」(基盤研究 B)
最先端研究開発支援プログラム再委託 「高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基盤研究」	「CO ₂ を作動媒体とする地中熱利用ヒートポンプの実験および数値解析による研究」(特別研究員奨励費)
財団法人国際科学振興財団 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業再委託 「電子デバイス用超平坦性ダイヤモンド基板の自動切削研磨技術開発」	「太陽光・風力発電大量導入のための直接負荷制御法に関する研究」(若手研究 B)
財団法人石炭エネルギーセンター 『コールバンクの拡充』における『石炭試料の受入れと微粉碎他』	「微細構造による蓄熱材の過冷却度制御の研究」(基盤研究 C)
社団法人石油学会 「レジン・アスファルテンの詳細組成構造解析技術に関する調査、構造解析技術の高度利用」	「鉄系超伝導体の強い電子-格子相互作用の研究」(基盤研究 C)
独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「SOFC 高機能化のためのイオン-電子流れ解析技術の開発」(エネルギー高効率利用のための相界面化学)	「高強度超短パルスレーザーによって駆動された電離波の構造と安定性に関する理論的研究」(基盤研究 C)
「超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築」(二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出)	「レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用」(基盤研究 B)
戦略的創造研究推進事業 (ALCA) 「リグニンとその反応生成物の平均分子構造解析」(天然多環芳香族からの構成単環芳香族類の単離回収基盤技術開発)	「電子とのハイブリッド加速を用いたレーザー陽子ビーム生成」(挑戦的萌芽研究)
「多孔性配位錯体における高速イオン拡散を利用した高出力型マグネシウムイオン2次電池の開発」	「フェロアロイを用いた V 系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明」(若手研究 B)
「超高耐圧高効率小型真空パワーデバイス」	「燐光寿命を利用した気体流れの温度速度相関計測」(基盤研究 B)
「超電導変換器(インバータ)のシミュレーション」(超電導変換器の実現可能性の検討)	「原子クラスターの形態を制御した硫化物熱電材料の開発」(若手研究 B)
栃木県森林組合連合会 平成23年度森林資源活用型ニュービジネス創造対策事業再委託 「ガス化合成ガス製造の実証」(未利用森林資源のバイオオイル化等による小規模分散型・トータル利用システムの構築)	「リチウム電池用電極材料の二相共存反応における核発生と相境界移動メカニズムの解明」(若手研究 B)
独立行政法人日本学術振興会 平成23年度科学研究費助成事業 (科学研究費補助金) 「YBCO 薄膜の磁束ピン止め研究のための制御されたナノ欠陥の作製」(若手研究 B)	「水蒸気由来水素による水素化を伴う重質油からの軽質燃料油製造技術の開発」(若手研究 B)
	先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム 「太陽エネルギーの化学エネルギーへの革新的変換技術の研究」
	公益財団法人松尾学術振興財団 松尾学術研究助成 「レーザー加速電子線を用いた非線形コンプトン散乱 X 線発生」
	発表：誌上发表270件、口頭発表496件、その他38件

エネルギーネットワークグループ

(Energy Network Group)

研究グループ長：安芸 裕久

(つくば中央第2)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目1

ターボマシングループ

(Turbomachinery Group)

研究グループ長：壹岐 典彦

(つくば東・西)

概要：

持続可能社会の実現をもたらす分散型エネルギーネットワーク技術の開発を積極的に推進している。[1] 風力発電に関して、NEDO 次世代風力発電（基礎・応用技術研究開発）プロジェクトを推進し、風洞実験、CFD 等を援用した複雑地形風特性モデルの開発・評価を進めるとともに、IEA-Wind などの国際協力を行っている。また小形風車に関して民間企業との共同研究を通して1kW 級小形風車の性能向上のための実験を継続している。[2] ガスタービンシステムの研究に取り組んでおり、タービンを石炭ガス化装置や燃料電池と組み合わせたシステムなど様々なサイクル計算にも取り組んでいる。[3] ガスタービン、圧縮機、風力発電などを出口として想定した基盤技術を研究している。コーティングや複合材料のプロセス技術を用いた、セラミック熱交換器などのエネルギーデバイスの開発やその評価技術、ターボ機械を用いた、燃料電池の燃料再循環技術に取り組んでいる。流れの能動的制御に関して、誘電体バリア放電プラズマアクチュエータ (DBD-PA) の開発を進めている。小型風洞の測定部に、タービン動翼の負圧面側の速度・圧力分布を模擬

した湾曲面を設置し、プラズマアクチュエータを用いて、減速領域にできる剥離を抑制することを試みた。今年度は、アクチュエータに加える電圧を変化させた時の剥離抑制効果が、レイノルズ数の違いによりどのように変化するかを明らかにした。また、流体制御技術の応用として非接触吸着技術の開発も進めている。

研究テーマ：テーマ題目2

燃焼評価グループ

(Combustion Control Group)

研究グループ長：土屋 健太郎

(つくば西)

概要：

燃焼に伴って生成するダイオキシン類、多環芳香族化合物等の有害物質の排出低減に向けた研究を行っている。

有害物質の生成機構を明らかにして本質的な生成抑制を可能にする方針の下、実機の燃焼条件を模した基礎的な燃焼装置を用いて、クロロベンゼンやダイオキシン類に代表される有機塩素化合物の生成挙動や反応機構の解明に取り組んでいる。PCB に代表される有機塩素化合物を分解し無害化処理する研究も行っている。本年度は、昨年度開発した脱塩素反応に高活性な新規触媒の構造を XRD、TEM 等を用いて解析し、パラジウム微粒子が触媒上に分散していることを明らかにした。

燃焼は一般に燃料と酸化剤の組み合わせによってその特性を大幅に異にする。燃焼速度等の燃焼特性を再現する数値シミュレーションに必要な素反応モデルの構築にも取り組んでいる。本年度は、 $(\text{H}_2, \text{CH}_4) / \text{N}_2\text{O}$ 系および $(\text{H}_2, \text{CH}_4) / \text{NF}_3$ 系において、重要と思われる素反応を抽出し、その速度定数を量子化学計算等を用いて推定した。

また、金属とその酸化物の酸化還元反応を利用した新しい燃焼器の開発を目的とする研究も進めている。本年度は、大型の実験装置を改造してメタンを燃料とする燃焼実験を行い、これらの実験から明らかとなった実用化に向けて解決すべき課題に取り組んだ。

安全評価グループ

(Safety Assessment Group)

研究グループ長：小杉 昌幸

(つくば西)

概要：

地下貯蔵施設の断層監視技術について、現場サイトの断層における三次元挙動の監視継続によって装置の長期監視の実用性を検証し、岩盤内三次元ひずみの長期挙動を分析してまとめた。また、ノルウェーとの国際共同研究においてインド断層監視プロジェクトの議論を継続した。エネルギー事業所などの環境対策技術

の導入評価法について、産総研のデータベースを利用した「全体管理」法を自治体などに紹介し、施設エネルギー消費データを集積してデータベースの充実を図り、エネルギー消費効率やCO₂排出原単位分布からベンチマークなどの分析を進めた。私立大学などの省エネ対策推進管理への適用を進め、本年度から慶應義塾大学、東京電力との共同研究プロジェクトをスタートし、キャンパス単位の定量管理の検証を行った。エネルギー事業所のための対策技術開発として、自己防災機構及び通気口閉塞防災材料の共同研究を継続し、チューブ状熱膨張性複合樹脂の難燃性最適配合に関する実験のまとめから熱風・火災に曝された場合に通気口を閉塞する類焼防止技術の実用化開発を進めた。

統合水素システムグループ

(Integrated Hydrogen System Group)

研究グループ長：中納 暁洋

(つくば東)

概要：

温暖化抑制のための低炭素、かつ持続可能な社会の実現には、太陽光や風力といった再生可能エネルギーの導入促進を図るとともに、分散型エネルギーシステムの高度化、革新的利用技術の開発を行う必要がある。不安定な再生可能エネルギーを最大限利用するための分散型エネルギーシステムを構築する上で欠かせないエネルギー貯蔵・変換技術において、エネルギー媒体としての水素の有効性に着目し、水電解装置、燃料電池（または水電解-燃料電池一体型セル）、水素貯蔵装置等からなる統合型水素利用システムの開発を中心に研究を進めている。統合型水素利用システムは電気に加え、熱や物質（水素）も併給可能な特長を持ち、再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、かつ優れた省エネルギー性を併せ持つ、低炭素化社会の公共インフラとなり得る定置型の水素システムである。本研究開発を通して国内外の研究者・技術者とネットワークを醸成し、国際戦略的視点を踏まえたエネルギー技術開発を目指す。

研究テーマ：テーマ題目3

熱電変換グループ

(Thermoelectric Energy Conversion Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概要：

熱電変換は特殊な半導体や金属（熱電材料）を用いて熱エネルギーと電気エネルギーを直接変換する技術である。熱電材料に温度差を与えると起電力が発生する効果（ゼーベック効果）を用いて、熱エネルギーから電気エネルギーを取り出したり、逆に熱電材料に電流を流すことで吸熱現象を起こす効果（ペルチェ効

果）を用いて物を冷やしたりすることができる。また、熱電変換は温度が低く捨てられている低品位な未利用排熱でも、電気エネルギーに変換することができる。一方、熱電変換の効率は熱源の温度、熱電材料、モジュールの性能に依存するため、その実用化普及には材料からモジュール開発まで幅広い研究開発が必要である。当グループでは、未利用排熱を効率よく電気エネルギーとして回収するための材料とモジュールの開発を進めている。さらに、熱電変換用の材料評価技術、モジュール性能評価技術の開発にも力を入れている。

研究テーマ：テーマ題目4

エネルギー貯蔵材料グループ

(Energy Storage Materials Group)

研究グループ長：児玉 昌也

(つくば西)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6

先進プラズマ技術グループ

(Innovative Plasma Technologies Group)

研究グループ長：榊田 創

(つくば中央第2)

概要：

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

発を行っている。

平成23年度は、主に次項に関して研究を進めている。

プラズマ医療に関して、経済産業省「医療機器ガイドライン策定事業」、及び経済産業省「国際標準開発事業」が採択された。更に、経済産業省の医療現場における課題・ニーズ調査において、「止血操作による侵襲性改善のためのプラズマ照射処置」がニーズの大きい課題として評価され、日刊工業新聞(2012/1/23)に掲載された。また、第2回プラズマ医療・健康産業シンポジウムを主催し、盛況の内に終了した。

放電による高効率ガス処理に関する研究に関して、還元雰囲気ガスの繰り返し利用や装置の多目的利用によるコスト低減方法を考案すると共に、直流重畳放電を適用することで電源効率を含めた総合エネルギー効率の向上を確認した。

大気圧プラズマ源として開発中のパルス電子ビーム装置において、構成要素の設計・製作を進め、構成部品のおおまかな整備を完了した。また小型 X 線遮蔽ボックスの製作等、電子ビーム発生 X 線に対する安全対策を進めた。

炭素電極を用いてアーク放電を行い、不安定ながら RF 放電により定常維持に成功した。アーク放電自動制御の準備、及び200ワット級 RF 放電の為にフィーダー等の設計を行なった。常温での簡易的な成膜を試み、ガラス基板上にグラファイトとダイヤモンドのラマンスペクトルを観測した。

アルカリ金属熱電発電 (AMTEC) の高効率化に関する研究として、電極の試作を進めた。

再生可能エネルギーに関する数多くの出前講座を行い、啓蒙活動に貢献した。

水素エネルギーグループ

(Hydrogen Energy Group)

研究グループ長：中村 優美子

(つくば中央第5)

概 要：

水素エネルギー社会を実現するためには、気体で希薄なエネルギーである水素の効率的な輸送・貯蔵法を確立することが不可欠である。水素貯蔵材料は、液体水素と同等以上の高い体積水素密度で水素を貯蔵できる材料であり、燃料電池自動車の燃料タンクを始めとする、多くの用途に利用できるものと期待されている。自動車用としては、現状では質量水素密度が十分ではないため、これを向上させることが課題とされている。当グループでは、これまでに軽量な水素貯蔵材料の開発を進め、世界最高レベルの約3質量%の水素吸蔵量を持つ材料の開発に成功しているが、さらに軽量な金属からなる新規材料の提案及び開発を目指している。また、定置用水素貯蔵システムに利用する材料として、体積貯蔵密度が高く、コストの低い材料の開発も進め

ている。これら材料開発を支える基盤研究として、水素貯蔵材料の結晶構造および局所構造を解析するための水素雰囲気下 (in-situ) における X 線回折法、中性子回折法、陽電子消滅測定法、固体 NMR 法など各種測定手法の開発と材料解析への適用を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 7

太陽光エネルギー変換グループ

(Solar Light Energy Conversion Group)

研究グループ長：佐山 和弘

(つくば中央第5)

概 要：

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

研究テーマ：テーマ題目 6、テーマ題目 8、テーマ題目

9

新燃料グループ

(Advanced Fuel Group)

研究グループ長：鷹薮 利公

(つくば西・第5)

概 要：

未利用炭素資源 (低品位炭、重質油、超重質油等) のクリーン燃料化技術、高度転換技術、及びその新規用途開発に関する研究を行っている。褐炭、亜瀝青炭を含む高範囲の石炭から製造可能なハイパーコール (無灰炭) は、灰分を含まず、均質で反応性が高いことから、クリーンで高品質な炭素資源、炭素材料として注目されている。そのハイパーコールの用途技術として、現在、高強度コークス製造のための高性能粘結材の開発、並びに次世代の低温触媒ガス化用燃料への応用に関する研究開発を行なっている。また、今後の重要なエネルギー資源として位置付けられている重質

油、超重質油から、クリーンな液体燃料を製造することを目的として、溶剤緩和法を用いた重質油アップグレード技術（SMART）、水蒸気雰囲気下で酸化鉄系触媒を用いた重質油軽質化技術、超臨界水条件におけるピチュメン分解技術、並びに高度酸化脱硫技術等の研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目10

クリーンガスグループ

(Clean Gas Group)

研究グループ長：鈴木 善三

(つくば西)

概要：

石炭・バイオマス・未利用廃棄物などの有機物をクリーンに、かつ、高効率で使用することを目的として、石炭・バイオマス等を対象に主として流動層技術を応用した装置によりガス化・熱分解し、燃料・化学原料に転換する方法の研究を実施している。この他に、加圧条件でのバイオマスの固定層ガス化、触媒循環流動層を用いたメタンからのベンゼンの選択的合成プロセスの開発、アンモニアを水素媒体とする新エネルギーシステム、中国を念頭に置いた低温脱硝触媒の開発等、固体を含む多相系の反応装置を中心としてエネルギー・環境問題に資するための研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目6

エネルギー社会システムグループ

(Socio-economics and Policy Study Group)

研究グループ長：村田 晃伸

(つくば東・西)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目11

熱・流体システムグループ

(Thermal and Fluid System Group)

研究グループ長：平野 聡

(つくば東・西)

概要：

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

具体的なテーマとして、固体酸化物形燃料電池(SOFC)とスターリングエンジンの複合利用を目指した研究開発、マイクロガスタービンコージェネレーションシステムの蓄熱実証研究、再生可能エネルギー熱利用計測技術の開発、相変化を利用した高効率の蓄熱技術に関する研究、100℃超の熱利用を可能にする次世代ヒートポンプシステムの研究開発、大地の熱的機能を利用する冷暖房・給湯システムの研究、氷粒子の凝集抑制による冷熱輸送媒体の高機能化の研究開発、感温燐光粒子や蛍光体粉末を用いた流体温度・速度分布の同時計測手法の開発、中空カプセル製造へのマイクロバブル応用技術の研究開発等を行っている。

研究テーマ：テーマ題目12

超電導技術グループ

(Superconductor Technology Group)

研究グループ長：山崎 裕文

(つくば中央第2)

概要：

液体窒素温度で電気抵抗がゼロとなる高温超電導酸化物の電力機器などへの応用を目指して、超電導材料・素子の作製・評価技術、マグネット製作技術と応用技術、冷却技術などの研究を行なっている。

電力系統の短絡事故時の過電流を瞬時に抑制する限流器の実用化のため、高抵抗の金銀合金分流層を有し、高電圧がかかる限流時の発熱を抑制した高電界型超電導薄膜限流素子を開発している。素子の電流容量化に伴って、常電導転移時の急激な発熱で素子が破壊するホットスポット問題が深刻になることが分かってきた。並列した超電導素子間の急速な転流を防止するため適当なインダクタンスを介して並列することが、この問題の解決に有効であることを解明した。超電導マグネット応用に関しては、高温超電導酸化物などの強相関物質の電子物性の研究に用いるためのコンパクトな高磁界ベクトル型マグネットを、高温酸化超電導テープ線材によるパンケーキコイルを組み合わせて製作した。4つのユニットコイルを対向して配置し、通電電流を制御することにより、中心部に最大1テスラの磁界を二次元平面の自由な向きに発生させることができる。また、超電導送電ケーブルに事故電流が流れた時の液体窒素の温度・圧力変化を数値解析し、実際

の電力系統に導入する際の冷却系を含めたシステムの設計・運用指針を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目13

燃料電池システムグループ

(Fuel Cell System Group)

研究グループ長：山本 淳

(つくば中央第2)

概要：

燃料電池システムグループでは、大幅な炭酸ガス排出削減、省エネルギーが期待できる固体酸化物形燃料電池 (SOFC) についてセル、スタック、システム評価解析技術、規格・標準化技術等の研究開発を行い、本格的な SOFC 市場の創製に資する、基盤技術の研究を行っている。また、SOFC システムのさらなる高効率化を目指し、ガスサイクル技術や排熱利用技術の検討、ゼロエミッション SOFC システム等、次世代 SOFC の可能性と、それらの開発時の課題を明らかにするための基礎研究を実施している。これらの研究で蓄積した電気化学技術、セル作製技術を利用し、高温水蒸気電解技術の用途拡大についても研究開発を実施している。

研究テーマ：テーマ題目14

燃料電池材料グループ

(Fuel Cell Materials Group)

研究グループ長：堀田 照久

(つくば中央第5)

概要：

固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の耐久性・信頼性の向上は、商用化・本格普及のために重要な技術課題である。当グループでは、SOFC セル・スタックの耐久性・信頼性の向上に関する研究開発を主として行っており、スタックメーカー及び大学等と協力しながら、その劣化機構解明・耐久性向上を推進している。4万時間以上の耐久性を確保するためには、微少な化学変化や不純物反応挙動を詳細に捉える必要がある。そこで、微量成分の検出感度が高い2次イオン質量分析法 (SIMS)、結晶相の微妙な変化を検知できる顕微ラマン分光法などを適用し、構成部材・材料の特定部位での変化を詳細に分析し、劣化機構を解明している。実機試料に含まれる微量成分を ppm レベルで分析し、劣化に及ぼす影響を明らかにするとともに、不純物による加速劣化試験法も検討している。また、劣化機構・反応機構をより詳細に解明するための新規分析・解析法の検討も行なっている。さらに、次世代 SOFC に適用される材料の基礎研究も行なっている。

研究テーマ：テーマ題目15

エネルギー界面技術グループ

(Energy Interface Technology Group)

研究グループ長：周 豪慎

(つくば中央第2)

概要：

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

平成23年度は、無機・有機ナノサイズ活物質などを利用した高性能リチウムイオン電池やナトリウムイオン電池などの電極の合成と電池性能の評価、中温領域で作動するリチウムイオン電池の構築と評価、リチウムイオン電池の安定性と劣化メカニズムの解明、更に革新的な電解液や触媒などを利用した水系、有機系および全固体型などのリチウム-空気電池の開発、リチウムレドックスフロー電池などの研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目16

電力エネルギー基盤グループ

(Energy Enabling Technology Group)

研究グループ長：西澤 伸一

(つくば中央第2)

概要：

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

研究テーマ：テーマ題目17

BTL 触媒グループ

(BTL Catalyst Group)

研究グループ長：村田 和久

(つくば中央第5)

概要：

循環型資源利用とエネルギーセキュリティーに貢献するため、バイオマス原料からの輸送用燃料製造のための統合化技術構築を目的として、ガス化により得られる合成ガスの液化のための触媒技術の高度化を中心とした開発を行う。BTL プロセスは、ガス化ーガス精製ーFTー水素化分解ー異性化からなり、類似の天然ガス由来の GTL などと比べて小規模分散型になることが想定されている。このため、プロセスのシンプル化、低圧化が求められるため、BTL 触媒チームでは、液化工程である FT 反応の固定床低圧化と、水素化分解技術の簡略化を念頭に研究を行う。また、生成物としては、燃料を目指したガソリン、灯油だけでなく、同じバイオ合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成や、バイオマスの直接熱分解による液体燃料合成についても、併せて触媒開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目18

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

〔研究代表者〕安芸 裕久

(エネルギーネットワークグループ)

〔研究担当者〕安芸 裕久、村田 晃伸、近藤 潤次

(常勤職員3名)

〔研究内容〕

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

本研究は、風力発電、太陽光発電の出力が不規則に変動したときに系統の周波数変動を安定化させるための負荷制御技術を開発し、試作器の開発等により実証することを目的としている。負荷制御技術は高価な蓄電池によ

る制御を補完し、電力系統側にも需要家の側にも大きく負担を増やさずに、風力発電等の再生可能エネルギー発電の導入量を拡大する効果を発揮すると期待される。

先行研究では、系統周波数を検出して系統全体の需給バランスを判断して消費電力パターンを自律的に制御するボードを開発し、ヒータ式の電気温水器に組み込み、動作確認した。しかし、①今後は高効率な CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機が普及すること、②系統周波数検出による自律制御は北海道のような独立系統では有効だが、本州のように交流連系した系統では不充分、という問題がある。そこで、平成23年度は、CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機への適用を検討し、青森県六ヶ所村の複数の一般需要家住宅3軒にて、開発したボードを組み込んだ CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機を設置しての実証試験を実施した。2011年10月から2012年3月までの約半年間、一晩の間に数回 ON/OFF して消費電力を調節する運転を行ったが、朝までには沸き上げて需要家の利便性を損なうことなく運転できることを確認した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕再生可能エネルギー発電、スマートグリッド、周波数変動、CO₂冷媒ヒートポンプ式給湯機、直接負荷制御

〔テーマ題目2〕エクセルギー再生技術に関する研究開発

〔研究代表者〕壺岐 典彦 (ターボマシングループ)

〔研究担当者〕壺岐 典彦、井上 貴博、菊島 義弘、鈴木 雅人、瀬川 武彦、袖岡 賢、藤田 和宏、松沼 孝幸、千坂 文武、湯木 泰親、川添 美智子 (常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

SOFC システム内で発生する熱・未燃燃料を、熱・化学エクセルギー再生と事項熱再生の概念を適用してより高度に利用することを通じて、SOFC および SOFC-熱機関ハイブリッドシステムの高効率化を図るとともに開発上の課題を把握する。そのために、[1]システム構成、評価手法について研究し、自己熱再生に必要な装置の基盤技術を研究する。[2]燃料再循環技術について検討し、プロワの基盤技術を開発する。[3]600~1000℃の高温で使用可能な熱交換技術の開発を行う。平成23年度は、[1]東京大学堤教授が考案したスーパーIGFC (S-IGFC) について、メタン燃料の場合でも発電効率72%HHV 以上のポテンシャルがあることを確認した。[2]燃料再循環プロワについて、セラミック接合による円盤ファンの製造技術、回転軸周りの伝熱の研究をまとめた。黒鉛シートとタンングステンシートを用いた技術で、セラミック (Si₃N₄) 製回転翼とインコネル製回転軸とを銅鍍付けにより接合・試作した。多段焼結工程により、複雑形状においても良好な接合を実現。接合

部の強度は、単材材の970 MPa に対して520 MPa と、50%を維持できることを確認した。回転軸冷却に円盤ファンを用いた場合について、伝熱試験により、燃料再循環ブロウ想定条件での伝熱状態の推測手法を得た。[3] セラミック熱交換器の製造技術として、シート積層による積層構造複合セラミックスの製造について研究を行った。ポリビニルアルコール (PVA) シートに含有する粉末量の制御により、従来の強化繊維サイズと同等の約10mm のマトリックス層と約1mm の界面層の積層構造を目標に、複合材料を作製した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】SOFC、燃料再循環、高温ブロウ、回転軸冷却、熱交換器

【テーマ題目3】統合型水素利用システムの開発

【研究代表者】中納 暁洋
(統合水素システムグループ)

【研究担当者】中納 暁洋、伊藤 博、前田 哲彦、
宗像 鉄雄 (常勤職員4名)

【研究内容】

統合型水素利用システムは純水素をエネルギー媒体とする高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術、及び燃料電池等からなる水素システムである。再生可能エネルギーや余剰電力を水素に変換・貯蔵し、需要に応じて電力、熱のほか、燃料として水素を燃料電池自動車などの移動体に供給する機能を備え、省エネ、負荷平準化、系統安定制御、水素インフラ整備、災害時非常用設備の普及等、社会が求める諸要請に応えることができるシステムの開発を目指している。その実現に向け、システムを構成する各要素技術の更なる高性能化を図る研究を進めている。

定置用水素貯蔵装置の合金利用率及び熱利用率を高めシステムの高効率化を目指すため、昨年度末に組み上げた横置き型水素吸蔵合金タンクの基本性能把握試験を実施した。この合金タンクの開発目標は総重量100kg 以下、合金利用率85%以上、24時間連続運転での熱回収率45%以上であった。開発した水素吸蔵合金タンクの総重量は約90kg で実験の結果、合金利用率100%を達成し、また、24時間連続運転での熱回収率が67%以上と、全ての開発目標を達成することができた。なお、開発した合金タンクを含め、これまで AB5系のミッシュメタル (Mm) と呼ばれるレアアースを含む合金材料を採用してきた。水素吸蔵合金タンクの低コスト化のため、本年度、レアアースを用いないチタンを含む AB2系合金5種と、同じくチタンを含む AB 系合金として TiFe 系合金材料の採用についての検討を行った。蓄圧器に設置した露点計で確認しながら加湿器ユニットを用いて -50°C の露点の水素ガスを作成し、そのガスを用いて吸蔵・放出試験を行った。まず、各合金ともに純水素 (水分なし) の条件においては、統合型水素利用システムに要求される温度・

圧力範囲での水素吸蔵・放出が可能であった。更に、耐水分濃度 (水分含有量40ppm) の劣化評価を行ったところ、水素吸蔵・放出を繰り返すごとに劣化が確認されたが、再現性が得られなかった。また、蓄圧器の加湿水素ガスから供給される水素に含有される水分は蓄圧器ユニットの圧力の低下と共に上昇することが確認された。このことから蓄圧器周辺の温度管理、配管の真空引きのタイミングの改善、常時の露点計測が必要であることが判明し、今後の劣化試験方法について、改善の目途を得ることができた。

一方、再生可能エネルギーを利用した水素製造技術に関し、太陽電池と水電解装置の間に DC-DC コンバーターを介さない、ダイレクトカップリングと呼ばれる制御手法についての実験を実施し、この手法が DC-DC コンバーターを利用するよりも高効率で水素を製造できることを確認した。水電解・燃料電池一体型セルの開発では、酸素極側ガス拡散層 (GDL) にチタン繊維を用いた不織布 (チタンフェルト) を適用した。本年度はこのチタンフェルトにチタン粒子 (平均粒子径 $20\mu\text{m}$) を含浸させたガス拡散層を作製し、単セルを用いた運転試験を行いその効果を検証した。チタン粒子含浸量を変化させた3種類の酸素極拡散層サンプルを用意し、実際に可逆セルに組み込み水電解運転、及び燃料電池運転を行った。その結果、水電解運転においては、チタン粒子含浸の影響はほとんど現れないが、燃料電池運転 (相対湿度100%) においてはチタン粒子を $200\text{mg}/\text{cm}^3$ 含浸させたサンプルにおいて著しい性能向上が見られた。チタン粒子を含浸させることで、孔径のメインピークが下がり、孔径 $10\mu\text{m}$ 以下に別のピークが発生することが分かった。チタン粒子を含浸させたことで、チタンフェルト内部に液体水が浸透しにくい小さな孔径 ($10\mu\text{m}$ 以下) の体積が増加したことで、湿潤条件下においても酸素ガス拡散用の経路が乾いたまま維持でき燃料電池運転において性能向上を図ることができたと考える。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素システム、水素貯蔵、水素吸蔵合金、水電界-燃料電池一体型セル、水電解、燃料電池

【テーマ題目4】熱電変換による SOFC の排熱利用

【研究代表者】山本 淳 (熱電変換グループ)

【研究担当者】山本 淳、上野 和夫、小原 春彦、
李 哲虎、太田 道広、國井 勝、
高澤 弘幸、西当 弘隆、島田 和江
(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

燃料電池システムの内部には、燃料ガス、空気、水蒸気等の様々な物質の輸送経路があり、これらの経路間ではシステム性能を向上させるために効率的な熱交換が行

われている。中には大きな温度勾配を伴うエクセルギーロスが大きい熱交換部位もある。このような部分に熱発電モジュールを取り付けることにより電力を回収し、本来の燃料電池セルスタックの発電出力に加えてさらに出力を得ることができれば、燃料電池システム全体の効率を上げることができる。

本研究では1kW級 SOFC に組み込む事を想定した、小型で信頼性の高い高性能熱発電モジュールの開発を目標としている。ビスマス—テルル系材料よりも高温領域（300℃以上）で利用できる新規熱電材料の開発と発電モジュールの試作を実施している。これまでにスクッテルダイト、亜鉛アンチモン、硫化物、鉄系化合物等の性能向上に取り組み、また実際にこれらの材料を使用した発電モジュールの試作を行なっている。本年度はスクッテルダイトを基本とした効率8%以上の効率が出るモジュールについて、パッケージ化の予備検討を実施した。

また SOFC システムからの低温排熱回収（～100℃）を模擬した熱交換器型発電ユニットを開発し、温水と冷水の熱交換により30W 程度の発電が可能であることや、負荷変動による熱交換特性の変化などについて新しい知見を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池（SOFC）、熱発電、熱電モジュール、排熱利用、熱交換器

【テーマ題目5】高パワー密度電気化学キャパシタの開発

【研究代表者】児玉 昌也

（エネルギー貯蔵材料グループ）

【研究担当者】児玉 昌也、曾根田 靖、吉澤 徳子、棚池 修（常勤職員4名）

【研究内容】

自然エネルギーの出力変動緩和や負荷平準化など、電力貯蔵技術には幅広い用途が期待されている。特に高速充放電（パワー密度）が必要とされる場面においては、電気化学キャパシタが重要な役割を担うことになる。従来、キャパシタの研究開発では、二次電池等に比べて劣る電力貯蔵容量（エネルギー密度）の改善に重点が置かれてきた。しかしながら、エネルギー密度とパワー密度はトレードオフの関係にあるため、ともすればパワー密度が犠牲になり、キャパシタ本来の長所である高速充放電性能が損なわれる傾向が見受けられた。そこで本研究では、高パワー密度電気化学キャパシタの実現を目指して、有機系と水系双方のキャパシタについて検討を行っている。前者においては、電気抵抗軽減とイオンチャンネルの最適化による高パワー密度化を目的として、単層カーボンナノチューブによる電極材料調製とそのデバイス化を行い、後者については、高パワー化に本質的に有利とされる水系電解液を用いて、高速な酸化還元反応に

よる高エネルギー密度化との両立を目的としている。

現在までに、有機系キャパシタにおいては、10kW/kg の高いパワー密度と16年の寿命をデバイスレベル（1000F 級ラミネートセル）で達成した。一方、水系キャパシタにおいては、極めて大きな単極容量（608F/g）を発現する縮合多環芳香族系ポリマーの開発に成功し、マイクログラフアイト構造のエッジ部分の作用により500F/g の容量を示す炭素系正極材料との組み合わせによりハイブリッドキャパシタを構成することで、10Wh/L 級デバイスの達成に目途をつけた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】電力貯蔵、電気化学キャパシタ、ハイブリッドキャパシタ、有機系電解液、水系電解液、カーボンナノチューブ

【テーマ題目6】エネルギーの高効率分散型利用のための化学系エネルギー貯蔵媒体改質技術の開発

【研究代表者】高木 英行

（エネルギー貯蔵材料グループ）

【研究担当者】高木 英行、安藤 祐司、松岡 浩一、倉本 浩司、姫田 雄一郎、山本 恭世、相澤 麻実、熱海 良輔
（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

化石資源や再生可能エネルギーを効率的かつ有効に活用するためには、貯蔵・輸送性に優れたエネルギーキャリアを用いた分散型エネルギーシステムを確立する必要がある。本テーマでは、エネルギーキャリアとして有望な水素を利用したエネルギーシステム構築に対し基盤となる R&D として、「化学系エネルギー貯蔵媒体の効率的な改質および利用技術の確立」を目的とした研究開発を遂行する。メタノールやエタノール等のアルコールは液体化学系水素貯蔵媒体として有望であり、これらを用いることで遠隔地にある水素ステーション等への安定した水素供給が可能となる。また、アンモニアを用いれば二酸化炭素を排出しない水素供給サイクルの構築が可能になる。ギ酸は、二酸化炭素／水素の変換に伴う熱力学的エネルギーの変化が小さいため、改質に伴うエネルギー損失の低減が期待できる。これら化学系水素貯蔵媒体から高効率で水素を製造するための触媒および反応操作を探索し、得られた知見を元に水素製造プロセッサを開発することを目的とする。

本年度は、高効率アンモニア分解プロセスを利用した水素製造技術の開発に向けて、新たに調製した触媒の活性を、流通式触媒活性評価装置を用いて、種々の条件下で評価した。その結果、担体の細孔構造がアンモニア転化率に対して与える効果について新たな知見を見出した。エタノール改質反応に対する金属担持触媒の活性を、流動層反応器を用いて評価した。その結果、マグネシアに

コバルトを担持した触媒は、450℃においてロジウムや白金といった貴金属触媒と同程度の高いエタノール転化率を与えることを見出した。また、コバルト触媒では、反応生成物である水素と二酸化炭素からのメタン生成を抑制できることを明らかにした。

さらに、ギ酸からの水素製造プロセスに対して、新たに開発した触媒を用いたところ、極めて高い活性が発現することを見出した。これらの成果をプレス発表し、大きな反響を得ている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】分散型エネルギーシステム、化学系エネルギー貯蔵媒体、水素製造、アンモニア、アルコール、ギ酸、触媒

【テーマ題目7】水素・再生可能エネルギーに関する研究

【研究代表者】中村 優美子

(水素エネルギーグループ)

【研究担当者】中村 優美子、榊 浩司、浅野 耕太、松本 愛子、榎 浩利、

Kim Hyunjong (常勤職員6名)

【研究内容】

低炭素社会の実現のためには、再生可能エネルギーの導入拡大とエネルギー利用の高効率化を進めていく必要がある。太陽光を1次エネルギー、電力と水素を2次エネルギーとして利用する形態は1つの理想の形といえる。太陽光や余剰電力を利用して水素を製造し、建物や車両において燃料電池により水素を電力や熱に再変換する「水素エネルギーシステム」が社会に導入できれば、その形に大きく近づく。このシステムは既存の電力系統やマイクログリッドとも共存可能で、電力平準化にも寄与できる。そこで、本課題では、水素エネルギーシステムの構築を目指した水素の製造・貯蔵・利用技術の研究開発を行うこととし、当グループでは、本システムに適用するための水素貯蔵材料の研究開発を行った。

定置用水素貯蔵システムに用いる水素貯蔵材料として、コストが高く資源的制約の大きいレアアース元素を用いない TiFe 合金が有望と考え、そのシステムへの適用可能性について検討した。

まず、TiFe 合金をシステムに適用する際の課題として、下記の3つを抽出した。

- 1) 初期活性化処理の低温化(450℃→80℃以下)、
- 2) 水素吸蔵・放出圧力の適正化(吸蔵時1MPa 以下、放出時0.1MPa 以上)
- 3) 繰り返し耐久性、水分など不純物への耐性

この中で最も深刻な問題である初期活性化の低温化(課題1)について、Fe の一部を Mn に置換することにより大きな改善がみられ、室温付近でも活性化が可能であることを確認した。この Mn 置換は吸蔵・放出圧力を下げることに効果があり、Fe の10~20%程度を

Mn で置換することにより、システムの要求する圧力(課題2)に近づくことがわかった。また、熱処理により、Mn 置換で傾斜した吸蔵・放出曲線を平坦化することができた。そこで、今後は Ti (Fe, Mn) 合金をベースに開発を行うこととし、純水素および水分など不純物が含まれる水素を用いた吸蔵・放出サイクル試験を始め、耐久性(課題3)に関する基礎データを収集する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素貯蔵、水素貯蔵材料、定置用水素貯蔵システム

【テーマ題目8】色素増感太陽電池の高機能化と信頼性向上のための基盤研究

【研究代表者】佐山 和弘

(太陽光エネルギー変換グループ)

【研究担当者】佐山 和弘、北尾 修、草間 仁、

小西 由也、小野澤 伸子、舩木 敬、

杉原 秀樹、春日 和行、中澤 陽子、

船越 裕美、田村 光裕

(常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

クリーンで無尽蔵な太陽光エネルギーの高効率な利用を目的として、次世代型太陽電池として注目されている色素増感太陽電池について検討し、高効率な光電変換を実現するための技術開発を行っている。色素増感太陽電池は、酸化チタン粉末などの安価な素材を利用し、製造プロセスが容易なため、大幅なコストダウンが期待されている次世代の太陽電池であり、近年大きな注目を集めている。色素増感太陽電池はパワーデバイス用途だけでなく、電極基板材料や色素を変えることによって形状や色彩に多様性をもたせることが容易な電池である。基板をガラスからプラスチックフィルムに変えることでフレキシブルな電池を作ることが可能であることに加えて、朝夕の斜めからの太陽光や室内などの弱い場所でも高い光電変換性能で発電することからインテリア用、インドア用太陽電池としての利用も期待されている。研究の具体的な内容としては、近赤外光まで利用できる錯体増感色素の設計合成、酸化チタンを代表例とする酸化物半導体電極の製造技術、酸化還元電解質溶液の構成・調製法、対極、セル構成法等の要素技術について検討し、世界最高水準の光電変換特性を持つ色素増感太陽電池を開発する。

平成23年度は、新規ルテニウム錯体色素の開発、電解質溶液系の最適化、新構造セル開発、反応機構解明、色素増感起電力応用研究などを行った。色素増感太陽電池用増感剤としてフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化錯体などの新規ルテニウム錯体色素について様々な置換基効果を検討し、基底状態の酸化還元準位と電池性能の関係を明らかにした。同一条件(同一の厚めの酸化チタン半導体膜、同一の電解液)でブラッ

クダイを超える効率の新規錯体を開発することができた。密度汎関数法 (DFT) 計算で溶媒和効果を取り込んで吸収スペクトルのシミュレーションを行い、実測の吸収スペクトルを良く再現できることを確かめた。ターピリジンの共役系を延ばした配位子を持つ近赤外色素でブラックダイよりも長波長領域の近赤外光を有効利用できる条件を検討した。また、電池の耐久性の向上に欠かせない増感色素の安定性向上を目指して、ピリジンジカルボキシラトを配位子とするルテニウム錯体色素の検討を行ってきた。この色素は配位子の構造修飾により更なる高性能化が期待できるので、アルコキシ基などの置換基を導入した新規色素を開発し、構造と機能の関係を調べた。

計算科学を用いた色素と電解液の相互作用について次の検討を行った。ブラックダイは現在世界最高の電池性能を与えるルテニウム増感色素であるが、いくつかの異性体が存在する。このうち3つの (イソ) チオシアナート配位子について結合部位の異なる4つの連結異性体を密度汎関数法にて理論的に検討したところ、いずれもターピリジン配位子と同一平面にある (イソ) チオシアナート配位子の末端硫黄原子又は窒素原子のみヨウ化物イオンと結合を形成した。また、ヨウ化物イオンとの相互作用の強さはこれら異性体間で大きく異なり、酸化半導体への電子注入後の酸化型色素のヨウ素系酸化還元電解質による再還元反応の起こりやすさ、色素増感太陽電池の短絡電流密度の値に大きな影響を及ぼす。したがって、色素増感太陽電池の性能向上には合成した色素の異性体の存在やその形態を考慮することが必須であることが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、色素増感太陽電池、酸化チタン、ルテニウム錯体

【テーマ題目9】人工光合成技術の研究開発

【研究代表者】佐山 和弘

(太陽光エネルギー変換グループ)

【研究担当者】佐山 和弘、姫田 雄一郎、草間 仁、小西 由也、小野澤 伸子、三石 雄悟、Wang Nini、斉藤 里英、王 万輝、藤吉 聡、和田 真理絵、藤本 一正、間島 悠 (常勤職員6名、他7名)

【研究内容】

太陽光エネルギーの効率的な利用技術の確立を目指し、自然が巧妙に行っている光合成プロセスを手本として、太陽光エネルギーと水と炭酸ガスから、クリーンエネルギーである水素や炭化水素等の有機系資源の製造を可能とする、人工光合成技術の開発を行っている。特に、太陽光エネルギーの大半を占める可視光エネルギーを利用した水の分解による水素製造技術や、炭酸ガス固定化・再資源化に関する技術開発を行い、実用化のための基礎的知見を集積する。また、環境浄化のための高性能な光

触媒を開発する。

平成23年度において、水分解用光電極の高性能化に関しては、ナノ構造を制御した $\text{WO}_3/\text{SnO}_2/\text{BiVO}_4$ の三層構造の多孔質光電極を高濃度の炭酸塩電解液中で反応する事で BiVO_4 系としては最も高い太陽エネルギー変換効率 (外部バイアスロス考慮済み) を得られ、さらに光閉じ込め構造を利用することで全ての酸化物光電極の中で世界最高効率の1.35%を達成した。この値は従来報告されている酸化物光電極の変換効率の約2倍である。通常、電解による水の分解反応では、理論上1.23V以上、実際には過電圧の影響で1.6V以上の電解電圧が必要である。しかし、光電極を用いれば、低い補助電源電圧 (この光電極では0.7V程度) で水を分解して水素を生成できるので水素製造の低コスト化につながる。また、光電気化学的手法による新規半導体の探索と多孔質半導体光電極の高性能化に関しては、n型半導体だけでなくp型半導体の探索を行い、銅との2元系や3元系複合半導体でカソード光電流を向上させる組成を見いだした。また、鉄イオンに替わるレドックスとして $\text{V}^{3+}/\text{V}^{4+}$ イオン対が新規レドックス媒体として有望であることを確認できた。環境浄化のための高性能な光触媒については、耐アルカリ性を持つ酸化タングステン光触媒の高性能化を検討した。ビスマスを添加した酸化タングステンが光触媒活性と耐アルカリ性の両方について優れていることを見だし、その耐アルカリ性の発現機構などを解明した。

また、炭酸ガスの固定化に関する研究では、独自に開発した新規な錯体触媒を用いて、水中常温常圧の極めて温和な反応条件下で二酸化炭素の水素化により高効率・高収率でギ酸を製造することができた。さらに、得られたギ酸を分解することにより、一酸化炭素を全く含まない高圧水素を供給出来ることを見出した。この触媒を用いて、二酸化炭素の水素化反応とギ酸の脱水素化反応を組み合わせた可逆的・リサイクル可能な水素貯蔵を世界で初めて達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒、酸化タングステン、水素製造、炭酸ガス、環境浄化

【テーマ題目10】先進的クリーン燃料製造技術の研究

【研究代表者】鷹觜 利公 (新燃料グループ)

【研究担当者】鷹觜 利公、シャーマ アトゥル、松村 明光、川島 裕之、佐藤 信也、森本 正人、崎元 尚土、丸山 一江、佐藤 豪人 (常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

高い水分量と自然発火性の問題から、これまで輸送が困難であった褐炭、亜瀝青炭等の低品位炭を高効率に利用する技術開発のため、ハイパーコール製造技術を利用して製造した改質無灰炭を用いた触媒ガス化研究を行っている。これまでの研究成果において、水蒸気をガス

化剤とする触媒ガス化では、600～700℃という低温において、選択的に水素と二酸化炭素が生成するため、水素製造と二酸化炭素固定化技術への応用が期待されている。また、ガス化剤として、新たに水蒸気＋二酸化炭素の混合ガスを用いることにより、生成ガスとして水素と一酸化炭素の合成ガスが得られ、水蒸気と二酸化炭素の比率を変えることにより、合成ガス比を制御することができるを見出ししている。この技術開発により、未利用資源である低品位炭を原料として、合成ガスからクリーンな燃料、化学原料であるメタノール、ジメチルエーテル(DME)、メタン等の最終製品の製造が高効率で可能になる。そこでこの一段階での新規の合成ガス製造技術をプロセスへ展開するため、連続式触媒ガス化装置を用いた実証試験を行っている。

平成23年度は、半連続ガス化運転を実施し、ガス化剤(水蒸気と二酸化炭素の混合ガス)比率の調整により、求める組成での合成ガスが製造できることを実証した。また、プロセス評価のために必要となるガス化シミュレーターを開発し、各種条件下でのガス化プロセスのエネルギー効率を推算した。

次年度は連続式触媒ガス化装置を用いて、低品位炭のガス化試験を実施する。反応器の形状、原料流量、ガス流速等を変えた試験を行い、連続的にガス化が進行することを実証する。また、ガス化剤の生成ガス化剤の比率を変えた試験を実施し、安定的に目的とする合成ガスが製造できることを実証する。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】低品位炭、低温ガス化、触媒ガス化、合成ガス製造、水素製造

【テーマ題目11】革新的なエネルギーシステムの分析、評価

【研究代表者】村田 晃伸

(エネルギー社会システムグループ)

【研究担当者】村田 晃伸、遠藤 栄一、西尾 匡弘、近藤 康彦、時松 宏治、関 成孝、福長 加奈子(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

低炭素社会の実現のためには、革新的なエネルギー技術の大幅な導入が必要であり、そのためには政策に立脚した技術開発・導入普及の推進が不可欠となる。その過程において、実現するべき技術のポテンシャル評価と研究開発動向、開発・導入シナリオの明確化等が求められる。

本研究では、①既存のエネルギー技術開発・普及に関するエネルギーシナリオ分析、②環境・資源制約下でのエネルギー・資源需給等に関するモデル構築、等を行った。

①原子力発電に関する3つのシナリオ(基幹電源として存続、段階的に廃止、速やかに廃止)の下で、2050年

までのエネルギー需給とCO₂排出抑制を達成するための最適な技術構成を、我が国のエネルギーシステム構成を分析するツールである MARKAL モデルを用いて分析した。具体的には水素と再生可能エネルギーの大規模導入に関する分析を行い、原子力発電シナリオの選択とともに、水素価格が40円/m³に到達する時期が、2030年頃以降の電気自動車と水素燃料電池自動車のシェアに強い影響を及ぼすことを示した。また、風力発電、太陽光発電の大量導入時に発生する出力変動の影響を緩和するための出力抑制や調整力に関する分析を実施した。

②我々の社会経済活動の基礎となるエネルギーおよび鉱産物資源の需給やCO₂排出など、その活動による環境影響に関わる将来シナリオを提示する分析ツールの開発を継続した。平成23年度においては、鉱産物資源生産・素材製造時のエネルギー消費や地球温暖化の経済影響、再生可能エネルギーや二酸化炭素回収隔離の大幅な導入による地球温暖化2℃目標達成を模擬したゼロエミッション・シナリオを試算した。同時に、持続的発展を測る指標の推計方法の検討と開発も継続した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】革新的エネルギー技術、環境制約、資源制約、シナリオ、持続性指標

【テーマ題目12】SOFCの高度排熱利用技術に関する研究開発

【研究代表者】平野 聡(熱・流体システムグループ)

【研究担当者】平野 聡、竹村 文男、遠藤 尚樹、上山 慎也、稲田 孝明、染矢 聡、高橋 三餘、計良 満(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

一般家庭などの小規模需要に対してコジェネレーションシステムを導入して、省エネルギーを促進する試みが模索されており、実際に都市ガスを燃料とした1kWクラスの小型分散用のガスエンジンやPEFC(固体高分子形燃料電池)システムも試作・販売されている。しかし、大規模発電プラントの発電効率の向上、負荷変動が激しい小型分散発電源の特性、初期コストなどを考慮すると、それらの導入による省エネルギー効果には多くのメリットを見出せない状況にあり、より効率の高いシステムの開発が望まれている。

最近のSOFC(固体酸化物形燃料電池)の技術的發展は目覚しく、DC端出力で60%を超える発電効率を得られる例もある。さらに、SOFCに加え、その排熱でガスタービンを動作させる複合システムでは、発電効率がさらに向上することがサイクル計算により示されている。しかし、高効率が期待できるSOFC-ガスタービン複合システムは、マイクロガスタービンをを用いても、150kW以上の規模が対象となる。他方、スターリングエンジンは、現状の技術レベルでも、数kWクラスに

において20%を超える熱効率を有する上、作動ガス温度も500℃から700℃とSOFCの排出ガス温度に近く、SOFCとの適合性も優れている。また、ガスタービンとは異なり、SOFC内を加圧する必要がないため、現在コジェネレーション用として開発しているSOFC技術の多くを流用できる利点もある。

そこで、SOFCとスターリングエンジンの小型複合システムに注目し、これまでにサイクル計算によるSOFC-スターリング複合システムの性能予測、1kWクラスのスターリングエンジンの開発・評価、高温熱交換部のヒータ構造の研究および起動用バーナの開発、SOFC開発状況の調査と、複合システムの実現に必須となる燃料再循環技術などの検討を行ってきた。その結果、低空気過剰率での動作が可能となれば、複合システム化により10%以上の効率向上が見込まれることがわかった。

SOFCの動作温度は750℃から900℃と高温のため、小型システムにおいては、回転部を持たないエジェクタポンプを燃料の再循環に用いることが有効である。その動作原理は、流速の早い駆動流（ここでは、新気の燃料）から吸引流（ここでは、セル出口のアノードガス）に運動エネルギーを与え、ディフューザで圧力回復させることにある。セル出入口前後の圧力損失を上回る圧力回復ができれば、アノード排ガスを再循環できることになる。モデル解析によれば、セルでの圧力損失が100Paの場合に、その回復に必要な駆動流の流速は、175m/s以上と見積もられた。そこで、燃料再循環用エジェクタの設計・試作を行い、燃料再循環に必要な再循環率と回復圧力が、常温において試作エジェクタでほぼ得られることも明らかにしてきた。

平成23年度は、前年度に引き続いて燃料再循環用エジェクタの高温特性を調べた。実験ではSOFCのアノード側流れを模擬した装置を用い、窒素を駆動ガス、アルゴンを吸引ガスとして、アノード側に相当する抵抗管路前後の差圧と再循環率の測定を行った。窒素とアルゴンの流量比は、密度比がSOFC条件となるように設定した。実験の結果、常温から600℃に至る過程での再循環率と回復圧力の温度依存性を明らかにした。さらに、燃料再循環を行わない状態でのSOFC性能評価装置の運転実験を行い、起動/停止と1kW定常運転時の制御条件、負荷特性等を明らかにし、今後の燃料再循環実験に応用可能な基盤的知見を得ることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、複合システム、スターリングエンジン、エジェクタ

【テーマ題目13】小規模SMES（超電導磁気エネルギー貯蔵装置）の研究開発

【研究代表者】古瀬 充穂（超電導技術グループ）

【研究担当者】古瀬 充穂、山崎 裕文、淵野 修一郎、

名取 尚武、幸坂 紳
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

SMES（Superconducting Magnetic Energy Storage）とは、超電導マグネットに磁気エネルギーの形で電力を貯蔵する装置のことである。本研究では、住宅用に設置可能な、瞬時電圧低下対策または負荷平準化用の実用的小規模SMESの実現を目指している。合わせて、超電導電力機器設計・製作の基盤技術（巻線技術・冷却技術等）を確立して、将来的に風力発電機等の超電導回転機の研究開発につなげることも意図している。当グループで保有している高温超電導導体による巻線技術を高度化し、液体窒素中に微細な固体窒素を分散させたスラッシュ窒素による冷却技術を確立して、小型SMES応用を想定した超電導マグネットの製作・試験を行うとともに、極低温電力変換（クライオパワエレ）の可能性について検討する。

SMESの体積エネルギー密度は、超電導マグネットの磁界の2乗に比例する。そのため、超電導マグネットの高磁界化が小規模SMES実用化の鍵となる。平成23年度は、超電導コイルの大電流量化による高磁界化に取り組んだ。まず、前年度までに開発した高温超電導テープ導体の巻線技術を活用し、超電導テープ導体2本を絶縁テープを挟みながら共巻きして、ダブルパンケーキ形状のコイルを作製した。単に2本の導体を重ねて巻いただけでは、導体の幾何的位置のずれによるインダクタンスの不均衡から、各導体に流れる電流に偏りが生じて通電電流を2倍にすることはできない（偏流現象）。そこで、ダブルパンケーキ構造の最内層部分で2本の導体の接続を入れ替える転位接続方式を採用することにより、実際に偏流を抑えて通電できることを確認した。さらに、超電導コイルを液体窒素に浸漬した状態から、冷凍機によって温度を下げて通電試験を行った。高温超電導導体は低温になるほど通電可能な電流（臨界電流値）が増える。窒素が固化した状態でも通電試験を行い、温度とコイルの臨界電流の関係を評価した。以上のように、SMESの超電導マグネットの大容量化のための要素技術を開発した。

また、高温超電導マグネットの高電流密度・高磁界の特長を活かすことにより、現用の風力発電用発電機を大幅に小型軽量化することが可能である。そこで、高温超電導による超電導風力発電機開発に関する調査研究を、大学・民間企業と共同で行っている。平成23年度は、発電機の低コスト化を重視する観点から、電機設計の見直しを行った。高価な高温超電導線材を大量に使用する空心コイル方式は、発電機の超小型軽量化が可能であるが、発電機の実用化には高温超電導導体の低コスト化に関する研究開発の成果を待たなければならない。即戦力の再生可能エネルギーとして益々の普及拡大が望まれる風力発電用の発電機としては、鉄心利用方式が適当である、

という結論を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超電導マグネット、超電導テープ、超電導風力発電機

【テーマ題目14】ゼロエミッション SOFC の先導研究

【研究代表者】山本 淳（燃料電池システムグループ）

【研究担当者】山本 淳、門馬 昭彦、田中 洋平、佐藤 勝俊、嘉藤 徹、根岸 明、野崎 健、永田 進、飯村 葉子、吉原 美紀（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

50%超の発電効率をもつ固体酸化物形燃料電池（SOFC）システムを目指し、燃料利用率を90%以上まで向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技術の開発、および SOFC システムと二酸化炭素回収システムを組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価することを目標にした研究を展開している。平成23年度は、①燃料利用率の向上による発電効率の向上手法、②SOFC システム内の温度差のある部位に熱発電を適用するシステム効率向上手法について検討した。①については燃料利用率の向上方法の一つである、アノード排ガスをリサイクルを模擬した単セル実験を実施し、メタンを燃料としたとき、燃料利用率90%では DC 発電効率74%が実現できること、アノード排ガスをリサイクルにより同一のセルで発電効率が約2割向上することを明らかにした。②の熱発電技術の利用については、1kW 級の SOFC システムのシミュレーションモデルを構築し、空気予熱用熱交換器に熱発電モジュールを組み入れる検討を行なった。シミュレーションの結果、SOFC セルスタックの発電状態に大きな影響を与えずに熱発電モジュールを導入することが可能であること、理想的な熱交換ができるならば、熱発電モジュールの導入によりシステム効率は3%程度増加することが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率 SOFC、燃料利用率、排熱有効利用

【テーマ題目15】高効率発電における電極高性能化に関する研究

【研究代表者】堀田 照久（燃料電池材料グループ）

【研究担当者】堀田 照久、岸本 治夫、Manuel E. Brito、山地 克彦、西 美奈（常勤職員5名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池（SOFC）の高性能化のためには、セル・スタックの発電効率の向上が必要である。そのためには、高い燃料利用率で安定に作動する電極の開発が必要となる。本研究では、高い燃料利用率（70%以上）でも、信頼性・耐久性が高い燃料極の開発指針を得

るために、SOFC 燃料極（ニッケルと酸化物が接する界面）近傍における、ガスとそのイオン化、固体表面・固体中での移動・拡散などの相互作用を感度よく検出する解析技術を開発している。昨年度は、燃料電池反応をその場で観察できるセルを開発し、顕微ラマン分光法を用いて電解質材料の相変態現象を詳細に観測することに成功した。電解質での相変態の進行が伝導度の低下と良い相関を示し、劣化に影響を与えていることを初めて観測した。また燃料極において、ニッケル粒子と接する酸化物の相互作用を検討し、ニッケル粒子の濡れ性が基板酸化物の特性によって変化することを初めて解明した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率 SOFC、燃料利用率、その場観察、相変態

【テーマ題目16】超高エネルギー密度二次電池の開発

【研究代表者】周 豪慎

（エネルギー界面技術グループ）

【研究担当者】周 豪慎、劉 銀珠、北浦 弘和、岡垣 淳、張 涛、何 平（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

世界で初めて、ハイブリッド電解液（=有機電解液/固体電解質/水溶性電解液）を利用した新型リチウム-空気電池用空気極触媒、固体電解質を利用した全固体型リチウム空気電池の研究開発を行っている。新しい概念でリチウムレドックスフロー二次電池/燃料電池を構築して、作動を確認した。具体的には、

- (1) 酸性条件のハイブリッド電解液型リチウム-空気電池の空気極に、世界で初めて触媒活性と導電性を両立した TiN を利用して、リチウム-空気電池の構築と作動に成功した。また、窒素をドーブしたグラフェンもリチウム-空気電池空気極の触媒として使えることを確認した。これらの関連成果は国際的に一流な学術誌 *Chemical Communications* (2011) と *Energy & Environmental Science* (2012) に掲載されている。
- (2) 非水系リチウム-空気電池では、有機電解液の分解と揮発が大きな課題として存在している。この問題を解決するために、分解かつ揮発しない固体電解質を用いて、世界で初めて全固体型リチウム空気電池を構築した。可逆的な充電・放電が可能であることや、電池のレット特性などを調べた。全固体型リチウム空気二次電池として作動が可能であることを確認した。関連成果は国際的に一流な学術誌 *Advanced Energy Materials* (2012) に掲載されている。
- (3) レドックスフロー電池は、電力貯蔵電池として注目されている。しかしながら、負極側と正極側共に水溶性電解液を使っているため電池電圧が低い。それを解決するために、負極側に有機電解液、正極側に水溶性電解液、真中に固体電解質を有するハイブリッド電解

液を活用し、負極に金属リチウム、正極のみがイオン対を含む水溶性電解液をフローするリチウムレドックスフロー電池の概念を世界で初めて提案した、それを基づいて、充放電可能なリチウムレドックスフロー二次電池、更に長時間の放電後に簡単な燃料添加をすることで、充電しなくても再び長時間の放電が可能なりチウムレドックスフロー燃料電池を構築し、その作動を確認した。関連成果は国際的に一流な学術誌 ChemSusChem (2011)と Advanced Energy Materials (2012)に掲載されている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ハイブリッド電解液型リチウム-空気電池、全固体型リチウム空気二次電池、リチウムレドックスフロー二次電池/燃料電池

【テーマ題目17】環境エレクトロニクスの研究

【研究代表者】西澤 伸一

(電力エネルギー基盤グループ)

【研究担当者】西澤 伸一、大橋 弘通、中島 昭

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

民生領域ではモータが電力使用量のおよそ半分を占め、その省エネルギー化が重要な開発課題になっている。モータの省エネルギー化に関して、インバータ導入率の向上およびその高効率化による省エネルギー効果の促進がキーテクノロジーになる。インバータ導入率向上には、インバータの小型高パワー密度化による低コスト化が重要技術の一つである。現在、特にモータ用インバータはモータ故障に対応する保護回路機能としてのコンデンサーが組み込まれており、これがインバータ回路の小型化の大きな障害になっている。ここでは、モータ故障にともなう過電流を、従来はコンデンサーに回避させていた方法から、耐量の高いワイドバンドギャップ半導体の熱容量を利用して回避させる方法を提案している。そこで、ワイドバンドギャップ半導体の耐量を非破壊で評価する試験回路を作製した。また、キャパシタレス先進モータの試験回路をたちあげ、過電流が半導体に回避電流として流れることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ワイドバンドギャップ半導体、先進モータ、省エネルギー

【テーマ題目18】木質系バイオマスからの液体燃料製造技術の開発

【研究代表者】村田 和久 (BTL 触媒グループ)

【研究担当者】村田 和久、高原 功、稲葉 仁、劉 彦勇、岡部 清美、楊 立群
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

フィッシュヤートロプシュ (FT) 反应用ルテニウム系触媒を用いて1MPa、固定床にて反応を行った。H23年度は、FT 反応評価後のスペント触媒を用いて活性低下の主要原因と想定されるワックス留分の蓄積状態について検討した。FT 触媒上へのワックス留分蓄積状態について各種分析手法 (TPR、XRD、TG/DTA、FT-IR など) による解析を行った結果、触媒上への蓄積物のタイプの違いや、水素還元処理により蓄積物の一部が除去可能なことが明らかとなった。また、FT 触媒とゼオライトを物理混合した触媒や一体化させた触媒のフレッシュ/スペント触媒について、ワックス留分の蓄積状態を解析するとともに、ゼオライトの酸性質 (NH₃-TPD 測定) の面から解析を行い、ゼオライトを組み合わせた触媒の有効性を検証した。

バイオ合成ガスからのエタノール等の混合アルコール合成については、メタノールの脱水、DME の CO 挿入、酢酸メチルの水素化分解といった三つの反応を利用した間接法でエタノールの製造を行った。メタノールの脱水に H-ZSM-5触媒は90%以上の DME 収率を得た。DME の CO 挿入にヘテロポリ酸と Rh を複合した触媒を開発し、27.1%の DME 転化率と94.2%の酢酸メチル選択率を得た。酢酸メチルの水素化分解に Cu/CeO₂触媒を開発し、エタノールとメタノールの収率を90%に上げた。

熱分解によるバイオオイル生成用触媒開発では、パイロライザーによる結果の再現を念頭に、石英反応管を用い熱分解を行うと、酸化物担体より、炭素担体触媒の方が芳香族選択率が高く、逆に、含窒素副生物の選択率は低く、炭素担体触媒が有効であることを確認した。ステンレス反応管を用いた検討では、高級カルボン酸 (脂質)、フェノール類、含窒素有機物などが多く認められ、液収率の改善と共に、生成物における脱酸素、脱窒素を一層進めるための反応管の改良や反応条件の設定が必要であることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】FT 触媒、アルコール合成触媒、熱分解触媒

【テーマ題目19】住宅用エネルギーシステム技術における夏季排熱有効利用技術開発

【研究代表者】幡野 博之 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】幡野 博之、渡辺 泰典、上之原 康弘
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

住宅用エネルギーシステム技術の中で、燃料電池、マイクロガスタービン、ガスエンジン、太陽光・太陽熱利用システムなどの分散型エネルギー機器の導入が望まれている。しかし、いずれも熱の有効利用を行うことで高効率になるが、夏場は排熱の利用先として給湯程度しか

なく性能を十分活用できない。一方、住宅やオフィス用環境を安全で快適にするために計画換気が行われているが、最近の高気密・高断熱化技術の進歩により高温多湿な日本における効率的な潜熱除去方法の開発が望まれている。

本課題では、夏季におけるエネルギー消費の主因である空調とエネルギー供給装置との組み合わせが可能な住宅向けデシカント空調システムの開発を目的とする。これにより、エネルギー供給装置の効率を上げ、さらに、低温排熱の質を上げることが可能となり、安全で快適な空気質を保証する空調を実現できる。

既に商品化されているデシカント空調システムは潜熱除去が効率的に行えるが、除湿部と再生部をロータの回転によって除湿剤が移動するという連続操作を行っている。そのため、機械的信頼性は高いが、除湿と再生が一体でハニカム構造であることから断熱除湿、断熱再生操作となり、変動する排熱の利用が難しい。

平成23年度も平成22年度に引き続き、向流接触・等温除湿が可能な循環流動層技術による除湿方式に加え、粒子流路と空気流路を金網状の透過壁で分けることで粒子の循環時に発塵を抑制する除湿方式について検討を行った。両者とも再生をしながら連続操作を可能とした。また、半導体や電池向けの -60°C 以下の低露点空気大量製造についても検討を加えた。

前者の向流接触方式循環流動層では、除湿区間長を1mとした時に、風速3m/s程度で入口湿度15g/kgDA（乾燥空気：Dry Air）の空気が8g/kgDA程度まで削減できることを明らかにした。また、圧力損失は装置入口からフィルター出口までで100Pa程度に抑えられており、十分低いことを確認している。

後者については、新しく除湿・再生実験装置を作製した。空気流路内の温度分布や粒子流路内の粒子温度分布を測定し、除湿性能については入口と出口の温湿度を測定することで評価した。また、実験前後の含水率についても測定を行い、計算上の含水率と比較した。除湿区間長が60cmでゼオライトを使い、再生時の相対湿度5%とした時に、入口湿度15-20g/kgDAを2-4g/kgDA程度まで乾燥できることが分かった。

なお、低露点空気製造については気泡流動層で検討したところ、露点温度が $-40\sim-60^{\circ}\text{C}$ の空気を製造できることを確認した。今後、大量処理に向けたシステム構成などを検討していく予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】排熱利用、潜熱除去、負荷変動抑制、ピークシフト、等温除湿、向流接触

⑬【安全科学研究部門】

(Research Institute of Science for Safety and Sustainability)

(存続期間：2008.4.1～)

研究部門長：四元 弘毅

副研究部門長：吉田 喜久雄、本田 一匡

主幹研究員：匂坂 正幸

所在地：つくば西、つくば中央第5

人員：43名（43名）

経費：790,895千円（234,128千円）

概要：

近年、産業活動等での災害や安全問題、化学物質による環境リスクの問題に加えて、地球環境や資源枯渇に関する問題への関心が増大している。これまで、こうした問題を克服するために、産総研の旧化学物質リスク管理研究センター、旧ライフサイクルアセスメント研究センターおよび旧爆発安全研究コアが個別に取り組み、それぞれ、高い信頼を得て、国や自治体、産業界などの意思決定の基礎を提供してきた。しかしながら、安全やリスクに関する問題と地球環境問題、資源枯渇問題などの持続可能性の問題は互いにトレードオフの関係にあり、このような困難な課題に対処し、安全で持続可能な社会を構築するためには、従来の研究分野の境界を越えた融合的な取り組みや、融合研究を柔軟に実施できる研究体制作りが急務となっている。

このため、本研究部門は、これまでの化学物質リスク評価、フィジカルハザード評価、ライフサイクル解析等、個別の評価手法を融合させ、持続可能な社会を目指した生産消費を選択するための指針や、それらの指針を考慮した社会要請に応じた政策の科学的知見に基づく提示を通じて、安全で持続可能性の高い社会構築への貢献を目指して、リスク評価戦略、環境暴露モデリング、広域物質動態モデリング、物質循環・排出解析、持続可能性ガバナンス、爆発衝撃研究、高エネルギー物質研究、爆発利用・産業保安研究、素材エネルギー研究および社会とLCA研究の10グループで研究開発を行っている。

本研究部門では、予測、評価および保全技術を融合し、環境・安全対策の最適ソリューションを提供し、新規技術、特にエネルギー開発技術に係る評価を行うことを目指し、以下をミッションとしている。

- ・ミッション1：環境保全・安全のため、産業災害、環境リスク、ライフサイクル評価の分野で影響評価手法を開発し、同時に評価に不可欠となる信頼性の高い基盤データを収集し、これらを蓄積しつつ適切な解析を行うことにより、評価結果を公表する。
- ・ミッション2：従来の化学物質リスク研究、爆発安全研究、LCA研究の枠に捕らわれることなく、領域融合的な課題に取り組む。安全性、環境リスク、持続可能性、経済的影響などの多様なリスクを評価し、複数の拮抗するリスク（リスクトレードオフ）の最適化を図るための評価・管理の枠組、戦略論を

発展させる。

- ・ミッション3：気候変動、資源、生物多様性など、持続可能な社会構築のために必要となる評価技術の確立とその社会での活用方法について、実践的検討を行う。
- ・ミッション4：新技術の社会受容性、産業保安、環境分野でのガバナンス戦略などの分野で、理工学・社会科学・人文科学の境界を超えた、しかし現実的で政策提言につながる研究を行う。これにより、イノベーションを促進し、産業の国際競争力の強化に貢献する。
- ・ミッション5：研究活動により蓄積されたデータ、開発した解析ツールなどを使い易いかたちで社会に提供し、評価結果の公表により、市民・地域・産業・行政、及び国際機関などの合理的な意思決定・基準策定を助ける。

これらのミッションに対応して、平成23年度は、本研究部門のプレゼンスを示す具体的な戦略課題として1)～4)を選定し、融合研究を実施した。

1) 新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

平成23年度は、二酸化チタン、カーボンナノチューブ、フラーレンの3つのナノ材料のリスク評価書の最終報告版、及び、ナノ材料の排出・暴露評価書を完成し、公開した。また、効率的な有害性評価手法の開発、事業者の自主安全管理技術の開発、長繊維カーボンナノチューブの有害性評価に関する研究を実施した。

2) フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

火薬類等の高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、火薬庫土堤の爆風阻止性能などの爆発影響低減手法の検討や高圧ガスの漏えい拡散挙動実験などのハザード評価に関する研究、発熱分解エネルギーの測定法の標準化や、爆発被害予測のための爆源近傍の爆轟生成ガスの状態方程式の提案などの爆発性物質の発火・爆発危険性の解明、産業保安力向上のためのリレーショナル化学災害データベース（RISCAD）の継続的な運用などの広範囲な研究を行った。

3) リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

工業塗装分野における水性塗料代替と RoHS 指令に対応した鉛はんだ代替を対象にヒト健康と生態のリスクトレードオフを解析し、リスクトレードオフ評価書を完成した。また、空間分解能1度の鉛全球グリッド排出量データを作成し、国際応用一般均衡モデルと物質フローモデルの統合モデルを改良するとともに、アジアにおける鉛の将来の環境排出量を推定した。

4) 新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係

だけでなく、システム全体が与えうる新しい影響領域を評価する手法の検討として、夏季の計画停電の影響および空調節電対策の効果の評価、バイオ燃料利用における土地利用、水資源の影響評価手法開発を行った。また、評価の基礎となる環境負荷原単位データベース IDEA の開発およびカーボンフットプリント用の共通原単位データベースの公開を行った。

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／総合調査研究」

沖縄防衛局 請負研究費「嘉手納（H21）保管庫移設解析業務」

経済産業省 原子力安全・保安院 受託研究費「平成23年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素漏えい・拡散挙動調査）」

経済産業省 原子力安全・保安院 受託研究費「平成23年度石油精製業保安対策事業（高圧ガスの危険性評価のための調査研究）」

経済産業省 受託研究費「平成23年度カーボンフットプリント制度構築等事業（カーボンフットプリント共通原単位データ整備等事業）」

経済産業省 受託研究費「平成23年度産業技術研究開発（低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発）」

経済産業省 受託研究費「平成23年度産業技術研究開発（化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発）」

文科省（原子力試験関連） 受託研究費「化学災害の教訓を原子力安全に活かす E ラーニングシステムの開発に関する研究」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団 受託研究費「IST 産学官事業「次世代自動車用エアバッグシステムの開発」」

財団等受託研究費 受託研究費「平成23年度カーボンフットプリント制度構築等事業（カーボンフットプリント

制度試行事業) カーボンフットプリント関連データの保守およびガイドラインの作成等」

独立行政法人科学技術振興機構 受託研究費「複雑化する世界における Natech (自然災害と技術の相互作用) リスクの低減に関する学際的研究: 日本の経験から学び、iNTeg-Risk プロジェクト・NaTech 分野の手法を応用」

文部科学省 受託研究費「タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究」

学校法人東京理科大学 受託研究費「微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価」(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 受託研究費「高効率ノンフロン型空調機器技術の開発」に係る再委託)

社団法人日本化学工業協会 受託研究費「事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発」

東アジア・アセアン経済研究センター (ERIA, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia) 受託研究費「東アジアにおけるバイオ燃料の指標および小規模・大規模バイオマス事業の持続性評価に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金「起爆感度制御を目指したペンスリット爆薬の衝撃起爆機構の解明と起爆感度因子の特定」

文部科学省 科学研究費補助金「重金属複合毒性予測モデルの構築及び生体影響評価手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「吸脱着特性の把握と流体モデルに基づく防虫剤への曝露量評価とリスク評価」

文部科学省 科学研究費補助金「亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金「天然鉱山と都市鉱山の利用可能性に関する統合的評価手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「リレーショナル化学災害データベース」

文部科学省 科学研究費補助金「太陽電池産業におけるグローバルサプライチェーンの最適化に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金「暑熱環境におけるエネルギーの消費による人間健康の改善効果の評価に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金「東南アジアにおけるバイオ燃料生産による温室効果ガス排出量の削減可能量」

文部科学省 科学研究費補助金「住宅の Dampness に起因する健康影響に対するリスク評価」

文部科学省 科学研究費補助金「熱力学解析と MFA の融合による都市鉱山からの金属資源の回収可能性評価手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「酵素阻害反応を用いた有機リン化合物放置量測定器の開発」

文部科学省 科学研究費補助金「LCA に基づく金融商品の環境パフォーマンス定量化手法の開発と活用のための制度設計」

文部科学省 科学研究費補助金「金属資源利用・散逸時間経路及びその温暖化ガス排出の廃棄物産業連関分析」

厚生労働省 科学研究費補助金「妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究」

厚生労働省 科学研究費補助金「労働災害の発生抑制を目指した、経済学(ゲーム理論)に基づくヒューマンエラー発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメントへの導入」

財団法人住友財団 環境研究助成金「循環資源を対象にした国際貿易モニタリングシステムの構築」

発 表 : 誌上発表114件、口頭発表199件、その他45件

リスク評価戦略グループ

(Risk Assessment Strategy Group)

研究グループ長 : 蒲生 昌志

(つくば西)

概 要 :

(研究目的) 主に化学物質に関する具体的な課題についてリスク評価を実施しながら、リスク管理を目的としたリスク評価の考え方の検討を行う。

(課 題) ナノ材料のリスク評価、化学物質の代替に伴うリスクトレードオフ解析(ヒト健康リスク、生態リスク)を中心的課題とする。

(研究内容) ナノ材料のリスク評価については、二酸化チタンのリスク評価書の最終報告版を完成して公開

した。さらに、in vitro および in vivo のための単層CNTの調製方法を完成して自主管理の支援に役立つ見込みを得た。また、ナノ材料の体内動態に関する知見を得るために静脈注射による動物試験を行った。

リスクトレードオフ解析については、ヒト健康リスク、生態リスクともに、はんだの代替に伴う金属類のリスクトレードオフ評価書を取りまとめ、また、それぞれのトレードオフ解析の考え方をガイダンス文書としてまとめた。

加えて、生態リスクについては、生態リスク評価ツールβ版の作成、重金属の生態リスク評価手法の構築、土地利用による生態系影響に関する研究を行った。また、新たな取り組みとして、水産物の放射能検査の効果に関する研究を開始した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

環境暴露モデリンググループ

(Environmental Exposure Modeling Group)

研究グループ長：東野 晴行

(つくば西)

概要：

化学物質のリスク管理において、環境中の濃度を知ることが最も重要な課題の一つと考えられる。環境中濃度は、観測を行うかモデルによる計算で求められるが、新規の物質など観測データが存在しない場合の推定や限られた観測データからの全体状況の把握、将来や過去の状況推定などでモデルの果たす役割は大きいと言える。

このような背景から、当グループでは、化学物質のヒトや生態系へのリスク評価において、最も基礎となる暴露評価技術の開発を行っている。大気、室内、河川、海域等、複数の環境暴露評価モデルの開発と排出シナリオの構築を行い、これらを用いた暴露・リスク評価を他のグループと連携して実施し、その結果を化学物質管理等の政策に反映させる。平成23年度は、以下2つのプロジェクト推進を中心に研究を進めた。

- ① リスクトレードオフ評価・管理手法の研究
- ② 地震・津波および原発事故などの低頻度大規模災害へ最適対応するための次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

また、これまで開発してきたモデルや研究成果の普及や維持管理にも努めた。

研究テーマ：テーマ題目3

広域物質動態モデリンググループ

(Macro-Dynamic Modeling Group)

研究グループ長：吉田 喜久雄

(つくば西)

概要：

当グループは、第3期中期計画の「先端科学技術の

イノベーションを支える安全性評価手法の開発」と「化学物質の最適管理手法の確立」を念頭において新規技術の導入に伴うヒト健康リスクや、代替物質の導入に伴うヒト健康リスクと生態リスクのトレードオフ解析に必要な手法やツール等を開発し、解析を行っている。平成23年度は以下の新規技術の導入に伴うリスクに関する研究とマルチプルリスクトレードオフ評価・管理手法の研究を実施した。

- ① 新規技術の導入に伴うリスクに関する研究
 - ・カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタンについて肺のコメットアッセイ試験を実施し、「閾値のある」リスク管理を行う根拠を示した。
 - ・バイオマス燃料の利用に伴う生態系への影響を評価する共通指標を検討し、ケーススタディーを実施した。
- ② マルチプルリスクトレードオフ評価・管理手法の研究
 - ・金属類の環境媒体間移行・暴露量推定モデルを検討し、公開版の作成を検討した。
 - ・ヒト健康影響の統計学的推論手法の基礎となる生殖発生毒性データベースを作成した。
 - ・開発した生態毒性推論ニューラルネットワーク・プロトタイプモデルの推定精度を向上させるとともに、推定結果の不確実性の定量化を検討した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目4

物質循環・排出解析グループ

(Substance Flow and Emission Analysis Group)

研究グループ長：恒見 清孝

(つくば西)

概要：

新規物質のリスク評価や代替物質のリスクトレードオフ評価を通じて、物質の代替や開発の意思決定や排出抑制対策などの行政、企業のリスク管理に還元することを目標として、物質フロー推定手法や環境中への排出量推定手法の開発、発生源の同定手法、環境中動態推定手法およびヒト・生物の暴露量推定手法の開発を行っている。平成23年度は、以下の研究開発を実施した。

- ① 環境排出量推計手法の開発
 - ・はんだ含有金属を対象とした物質フロー解析モデルを開発し、鉛フリーはんだ代替あり／なしシナリオにおける環境排出量推定のためのライフステージ別投入量を推定した。
 - ・金属の主要発生源である製錬段階と廃棄後のリサイクルと焼却段階について、各金属の物性に応じた排出係数の推定式を構築し、金属の排出シナリオ文書を作成した。
- ② 環境中動態推定手法の構築

- ・ 金属類の環境媒体間移行・暴露推定ツール AIST-MeTra ver0.8を構築し HP 上で公開した。本ツールをリスクトレードオフ解析におけるヒトの金属の暴露量計算に用いた。

③ 工業ナノ材料の暴露評価手法の開発、リスク評価及び適正管理の考え方の構築

- ・ カーボンナノチューブ (CNT) の作業環境計測における炭素分析や小型計測器の有効性評価を行った。また、CNT 等粉体およびその複合材料の飛散性評価試験法の開発を行った。
- ・ 二酸化チタン (TiO₂) ナノ粒子をラットに静脈内注射し、一定時間ごとに血液・肝臓・脾臓・肺等の臓器中チタン濃度を分析し、各臓器への移行速度やクリアランス速度を求めた。

④ アジアにおける鉛のサブスタンスフロー・排出量推定モデルの開発

- ・ 貿易統計の不整合問題に対する改善法の開発と、各国の経済活動レベルに応じた金属の排出係数設定方法の開発によって、アジアにおける鉛のサブスタンスフロー・排出量推定モデルを改良した。
- ・ 使用済み電気電子機器類の不適切処理がされているアジア地域について文献調査を行うとともに、鉛の環境中濃度およびバイオマーカーの濃度を整理しデータベースを作成した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

持続可能性ガバナンスグループ

(Sustainability Governance Group)

研究グループ長：岸本 充生

(つくば西)

概 要：

持続可能な社会に向けて、行政・事業者・市民それぞれが果たすべき役割を支援するための評価手法を開発し、それらが社会に実装されることを目標に次のような研究を実施した。1つ目は、新規技術の社会受容のために必要な評価技術の開発を行った。工業ナノ材料を例に、新しい有害性評価手法の開発、自主的なリスク評価の枠組みの開発、欧米の法規制情報の収集や発信などを実施した。2つ目は、環境や安全のための、インセンティブを利用した制度設計に関する研究を行った。環境に配慮した金融システム構築に向け、環境株価インデックスを組成し、仮想市場を用いた経済実験を実施した結果、環境に配慮した投資が市場で活用され得ることを確認した。また、労働者の安全に向けて、企業の事故データを用いた統計分析、事故報告書の精査を行った。3つ目は、応用可能一般均衡 (CGE) モデルを用いた、東日本大震災の経済波及影響の推計を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4

爆発衝撃研究グループ

(Explosion and Shock Waves Group)

研究グループ長：中山 良男

(つくば中央第5)

概 要：

本グループの研究目的は、固体および液体などの凝縮系の爆発現象の解明および爆発災害防止のための基礎研究を行うことであり、特に高エネルギー物質の起爆現象の解明や爆発により発生する爆風等の低減化手法の開発を行っている。研究の方法論としては、小規模から可能な限り規模の大きい実験を実施することであり、これにより燃焼や爆発現象のスケール効果を把握することを基本戦略としている。このため室内実験では、高速時間分解計測による爆発現象・起爆機構の研究、レーザー衝撃波による高压下の状態方程式研究などの基礎研究を軸に、高エネルギー物質の爆発安全に関する研究を行っている。また、今年度から爆風のモデル生体に及ぼす影響に関する研究 (外傷性脳損傷のメカニズム解明) を開始した。さらに、行政的ニーズに対応するために、室外大規模実験に参加し、新しい構造の火薬庫の安全性評価、爆風や爆発破片等の爆発影響を低減化する技術の開発を行っている。外部予算で実施している主な研究課題は、爆発影響低減化の技術基準作成、新型火薬庫の安全性解析などである。

研究テーマ：テーマ題目2

高エネルギー物質研究グループ

(Energetic Materials Group)

研究グループ長：松永 猛裕

(つくば中央第5、北センター)

概 要：

当グループは、爆発現象を化学的な視点で捉え、高エネルギー物質の反応機構の解明、安全化技術、分子設計、危険性評価技術の開発等の研究を行うことを目的にしている。このため、近年、特にコンピュータケミストリ手法の利用と分光計測技術の導入に力を注いでいる。具体的な研究内容は大きく分けて3つあり、①化学物質の爆発性評価および保安技術に関する研究においては、主として外部の依頼による発火・爆発性の評価を行っている。②火薬類の有効利用に関する研究については、遺棄化学兵器の安全な処理技術、爆発を使った新材料合成等に関する研究を行う。③高制御花火の開発においては、グリーン、ミニマムエミッションをキーワードに人と環境に優しい花火を創成することを目指す。特に、落下物、煙、塩素、硫黄の低減化、および、花火用新素材の探索について研究開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目2

爆発利用・産業保安研究グループ

(Industrial Safety and Physical Risk Analysis Group)

研究グループ長：緒方 雄二、和田 有司
(つくば西)

概要：

本研究グループでは、火薬類に代表される高エネルギー物質および高圧ガス、可燃性ガス等の安全研究および有効利用技術に関する基盤的な研究と産業保安の研究を実施している。火薬類の安全に関する研究では、新型火薬庫の安全性を検証することを目的として、各スケールの模擬火薬庫を用いた室内・室外爆発実験を実施し、飛散物、爆風圧の影響を評価した。実規模数値解析も実施し、新型火薬庫の安全性を検証した。高圧ガスおよび可燃性ガスの安全性に関する研究では、半導体産業など各種の先端産業で利用が拡大している支燃性ガスおよび代替フロンとして着目される微燃性冷媒の爆発危険性評価、化学プラント等における爆発影響予測手法の開発、水素供給用導管保安のための水素漏えい・拡散挙動評価等を実施した。産業保安に関する研究では、事故情報を事故防止に活用するためにリレーショナル化学災害データベース (RISCAD) の継続的な運用を行い、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法 PFA の高度化と普及活動を行った。また、安全技術基盤と安全文化からなる保安力を評価する手法の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

素材エネルギー研究グループ

(Material and Energy Sustainability Assessment Group)

研究グループ長：玄地 裕
(つくば西)

概要：

持続的発展可能な社会に向けて、素材、エネルギーの利活用に関するあるべき方向の提言を導く研究を以下の2つのテーマを中心に遂行している。

① エネルギーの持続可能な利活用評価

バイオマスエネルギーの利活用をはじめとする省エネルギー・エネルギー源多様化等を通じた持続可能な社会の基盤となるエネルギーシステム構築を目指した研究を推進している。その一環として資源作物栽培から新規バイオ燃料製造プロセスまで、実験データなどに基づき直接影響だけでなく間接的な影響を考慮した LCA を実施している。また、海外での資源作物栽培の持続可能性評価について、アジア諸国におけるデータ収集及び分析を行っている。

② 低環境負荷技術・行動による環境改善効果の評価

各種環境負荷低減技術・行動のライフサイクルを考慮した環境改善評価を推進している。このために電動車両の技術評価、家庭での使用についての調査及び分析を行い、また、低環境負荷技術評価のために発展途上国での大気汚染の経済価値換算を主目的とした調査を実施しデータ分析を進めている。

研究テーマ：テーマ題目4

社会と LCA 研究グループ

(Advanced LCA Research Group)

研究グループ長：田原 聖隆
(つくば西)

概要：

社会に対して、ライフサイクル思考に基づいた環境対策、適応策、技術などのシステム化を通じた実現を目的とした研究を行っている。ライフサイクルアセスメント (LCA) 手法やライフサイクル思考を研究手法の中心として、評価手法開発、指標開発、データベースの整備、ソフトウェア作成など、環境影響の低減や持続性に関するシステムの具体化に必要な研究を幅広く行っている。具体的には、①カーボンフットプリント用温暖化ガス排出量原単位の公開や、LCA による環境側面の定量化のためのデータベース (IDEA) 開発と公開、②環境負荷削減に向けたシステム、仕組みに関する研究、③目指すべき社会像検討のための基礎的研究、を行っている。研究成果や研究に用いたインベントリデータベースやソフトウェア、手法、指標などは、論文、HP、ソフトなどにより公開し、ライフサイクル思考だけではなく、リスク評価、ハザード評価などを用いた持続的発展可能な社会構築における環境や安心安全に関する基盤技術として蓄積を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4

【テーマ題目1】新規技術体系のリスク評価・管理手法の研究

【研究代表者】蒲生 昌志
(リスク評価戦略グループ)

【研究担当者】蒲生 昌志、中西 準子、本田 一匡、吉田 喜久雄、納屋 聖人、岸本 充生、五十嵐 卓也、藤田 克英、小倉 勇、篠原 直秀、江馬 眞、米澤 義堯、斎藤 英典、カザウイ 理香、福井 浩子、蒲生 吉弘、篠塚 り、鈴木 貴子 (常勤職員10名、他8名)

【研究内容】

今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指し、その一つの適用事例として、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行っている。

ナノ材料は、その新規な物理化学特性のため、様々な科学技術分野における技術革新をもたらすものと期待されている一方、ナノスケールのサイズに由来する新規のリスクをもたらすという懸念もある。平成23年度は、以下の4つのテーマを実施した。

① ナノ材料のリスク評価

平成22年度までに外部レビューを実施した3つのナノ材料（カーボンナノチューブ、フラーレン、二酸化チタン）のリスク評価書について、外部レビューコメントへの対応を行うなどして最終報告版をとりまとめた。これらを、ナノ材料のリスク評価の考え方を整理した文書とともに、安全科学研究部門のホームページに公開した。作業環境での許容暴露濃度の提案を含み、これまで世界的にほとんど例のないリスク評価事例であることから、ナノ材料を取り扱う事業者や行政機関から多大な関心を集め、平成23年夏の公開から平成24年5月時点でのべ約5000件のダウンロードがあった。評価書のエグゼクティブサマリーと評価の考え方については英訳版も作成した。また、模擬排出試験と現場調査の結果から得られた定量・定性的な排出情報を基礎に、約40種の工業ナノ粒子について、排出・暴露評価書を取りまとめ、同じく安全科学研究部門のホームページに公開した。

これらの成果の普及のため、ナノ材料のリスク評価の分野で著名な海外の研究者6名を招聘して、国際シンポジウムを開催した。この模様は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のホームページ上に動画として公開された。

② 効率的な有害性評価のための手法開発

ナノ材料は極めて多様なものが存在し、また、今後も開発・市場化されると考えられることから、効率的な有害性評価の枠組みが必要とされている。そのために、産総研内の他ユニット、外部の大学や研究機関と連携して、下記の2つを柱とする研究プロジェクトを開始した；1）有害性の観点から同等と見なせるナノ材料をグループ化するための考え方（同毒性判断基準）を構築すること、2）気管内投与試験を、呼吸器系への有害性に対するスクリーニング試験として確立すること。その中で、安全科学研究部門は、ナノ材料の体内動態と影響に関する数理モデルの開発を行う。平成23年度は、文献調査に基づいて、ナノ材料の体内動態や用量反応関係式に関するモデルの骨格を構築した。また、体内での分配を把握するための静脈注射試験を実施し、主要臓器への蓄積を観察した。

③ 事業者による簡易自主安全管理技術の開発

有害性評価に関して、単層カーボンナノチューブ（CNT）について、細胞培地中における安定分散に必要な調製方法を確立し、培地中での特性パラメータの計測と共に、単層CNTの調製・評価の標準的な手法を確立することができた。また、これらの調製計測

技術に基づく細胞（in vitro）試験を実施し、各種エンドポイントのデータを取得した。暴露評価に関して、簡易な計測装置であるデジタル粉じん計やカーボンモニターの、CNTに対する応答やその有効性の評価を進めるなどして、作業環境におけるCNT計測法の手順書の草案を作成した。また、CNT粉体の飛散性を評価する模擬試験系として、攪拌、容器開封、気流による方法の違いや飛散メカニズムの解析を行った。諸外国での法規制の動向についてはNanosafetyウェブサイトにて年間16本の記事を書き、200以上の速報を流した。

④ 長繊維カーボンナノチューブの有害性評価

繊維の長いカーボンナノチューブの有害性を確認する目的で、ナノシステム研究部門、ナノチューブ応用研究センター、計測フロンティア研究部門と連携し、生体毒性が低い界面活性剤を使用して長繊維状態を保存した分散液を作成し、気管内注入試験によるラットに対する有害性評価を実施した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] ナノテクノロジー、ナノ材料、リスク評価、有害性評価、暴露評価、リスク管理、カーボンナノチューブ

[テーマ題目2] フィジカルハザード評価と産業保安に関する研究

[研究代表者] 匂坂 正幸（主幹研究員）

[研究担当者] 角舘 洋三、中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、松永 猛裕、薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢、緒方 雄二、和田 有司、久保田 士郎、椎名 拓海、和田 祐典、SugengWahyudi（常勤職員13名、他2名）

[研究内容]

火薬類等高エネルギー物質や高圧ガスが関与する災害を防止するために、野外爆発実験や漏えい拡散挙動実験などのハザード評価に関する研究、基盤となる計測技術の開発に関する研究、産業保安力向上のための研究を柱として広範囲な研究を行っている。平成23年度は主に下記の研究開発を行った。

① 爆発影響低減手法の検討

火薬庫の周囲に設置される土堤の爆風阻止性能を評価するために、既存の45度勾配の土堤で囲まれた2種類の火薬庫を想定して実験を行った。10分の1スケールの模擬地上式火薬庫で土堤の高さを3水準で変化させ、C-4爆薬40kgの爆風圧等を計測した。その結果、爆風圧等で土堤に対する方位角（0度と45度）、土堤の高さによる差は観られなかった。爆風圧センサーが土堤よりも高い位置であったため土堤高さ効果を確認できなかった可能性がある。また、20分の1スケールの模擬覆土式火薬庫で庫口から土堤までの距離を2水

準で変化させ、C-4爆薬5kgの爆風圧等を計測した。その結果、土堤までの距離を2倍にしても、爆風圧と飛散物の安全性は同等であった。

爆発飛散物実験では、薬量容積比の効果を検討した。薬種は含水爆薬、薬量は1, 2, 3, 4kgの4種類で、換算壁厚は一定の $0.045\text{m/kg}^{1/3}$ の条件で実施した。その結果、換算壁厚を同一にして薬量容積比を大きくすると飛散物の個数及び飛散距離は大きくなる傾向が確認された。

② 爆発性物質の発火・爆発危険性の解明

化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成を爆発現象の基礎的知見に基づき高度化させる。

今年度はテトラヒドロフラン過酸化物の危険性については、爆発反応を顕在化する2つの反応危険を見いだした。ナトリウムカリウム合金過酸化物については、その過酸化物自身の爆発危険性はあまり大きくなく、混合危険に注意すれば危険な現象は起こらないことを示した。これらの研究結果をわかりやすいビデオにまとめ、YouTube産総研チャンネルに公開した。また、シクロペンタン断熱材については、リサイクルに係る爆発危険性および防災対策を詳細に検討し、中小企業での実用化を支援した。発熱分解エネルギーの測定法の標準化についてはJIS原案をまとめた。

③ 爆轟生成ガス状態方程式に関する研究

爆発被害予測のための殉爆現象等の爆源近傍を対象とする爆発影響評価には爆轟生成ガスの状態方程式が必要である。粉状の高エネルギー物質であるPETNについて爆轟速度の実験データを基に初期状態に依存しない状態方程式を求めた。得られた状態方程式を用いて、Chapman-Jouguet仮説に基づき爆轟速度の初期温度依存性と、爆轟圧の評価法について検討した。その結果、爆轟速度の初期温度と初期密度依存との関係を見出した。さらに、爆発速度の初期温度依存による爆轟圧の評価手法を提案した。

④ 産業保安力向上のための研究

産業保安力向上のための研究では、事故情報を事故防止に活用するためにリレーショナル化学災害データベース(RISCAD)の継続的な運用を行い、事故を時系列で整理して分析する事故分析手法PFAの高度化と普及活動を行った。また、安全文化と安全技術基盤からなる保安力評価の実用化のためのシステム開発や事故情報から企業の保安力を評価するシステムを構築することを目的とした事故事例分析を行った。また、保安力評価入力システムの開発を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】火薬類、火薬庫、保安距離、行政ニーズ、地下式、安全性評価、爆風圧、飛散物、地盤振動、可視化計測、BOS法、環境低負荷、爆破解体、破砕デバイス、電子制御、破壊実験、ナノリスク、粉塵爆発、

混合液化ガス、液体酸素、液体酸素濃度、光吸収、高圧ガス、可燃性ガス、支燃性ガス、微燃性冷媒、爆発影響評価、リレーショナル化学災害データベース(RISCAD)、事故分析手法PFA、原因体系化モデル、保安力評価、安全文化

【テーマ題目3】リスクトレードオフ評価・管理手法の研究

【研究代表者】吉田 喜久雄(副部門長)

【研究担当者】東野 晴行、蒲生 昌志、恒見 清孝、岸本 充生、梶原 秀夫、堀口 文男、林 彬勲、小野 恭子、井上 和也、石川 百合子、牧野 良次、内藤 航、篠崎 裕哉、加茂 将史、布施 正暁(常勤職員15名)

【研究内容】

化学物質間のリスクトレードオフ評価手法を開発するとともに、鉛に関するシミュレーターを構築し、国境を越えた物質移動の評価手法を確立することをめざした。

① 化学物質のリスクトレードオフ解析

化学物質の暴露と有害性の情報を補完する環境排出量推計手法、環境動態/室内暴露/経口暴露推定モデル、有害性推論手法、及び共通尺度によるリスク比較手法を基礎として、溶剤・溶媒と金属類の用途での物質代替に伴うリスクトレードオフを解析している。

平成23年度は、実験や測定データによって排出量推定式の妥当性を検証し、溶剤や溶媒と金属類の排出シナリオ文書を策定した。また、製品の室内への持ち込み量および居住者の住環境を考慮できる室内暴露量推定ツールを構築し公開した。環境動態モデルおよび環境媒体間移行暴露モデルについて、二次生成物質あるいは金属に対応できるモデルを構築し公開した。

以上のツールやモデルを用いて、塗料溶剤代替と鉛はんだ代替を対象にヒト健康と生態のリスクトレードオフを解析した。工業塗装分野における溶剤系塗料から水系塗料への代替は他のVOC削減対策より費用対効果が悪く、またエネルギー使用量の増大とのリスクトレードオフが起きうる可能性が示唆された。また、鉛はんだの代替シナリオと代替なしシナリオ双方のリスクが小さく、リスクの増減自体で物質代替を根拠づけることはできない上に、代替によるはんだ購入と鉛フリーはんだ槽追加に関わる費用とQALY1年獲得の効果との費用対効果が、これまでの化学物質対策費用と比較しても非常に悪く、欧州RoHS指令のようなハザードベースの代替物選択を行うことによる効果は若干のリスク低減のみで、国内全体としては費用損失が極めて大きい懸念があることを示した。

これらの解析結果をとりまとめリスクトレードオフ評価書を完成した。

② 鉛に関するサブスタンス・フロー・シミュレーター の構築

日本における鉛使用によるリスクの現状と代替や削減による効果の推定を実現する、鉛のサブスタンス・フロー・シミュレーターの開発プロジェクトを2008年から開始している。

平成23年度は、重油や石炭燃焼に伴う金属の排出係数を、各国の経済活動レベルで変化させる方法を開発して、空間分解能1度の鉛全球グリッド排出量データを作成した。そして、大気中からの鉛沈着量を予測した結果、実測値レベルより過小傾向となり、局所的な発生源の影響が大きい可能性を見出した。また、産業連関表、貿易統計、製品組成や価格を用いて、国際応用一般均衡モデルと物質フローモデルの統合モデルを改良するとともに、化学物質管理政策シナリオによる物質フローのパラメータを変化させて、アジアにおける鉛の将来の環境排出量を推定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リスクトレードオフ、暴露解析、有害性推論、サブスタンスフロー、環境動態モデル、環境媒体間移行

【テーマ題目4】新規社会システムのライフサイクル評価手法の研究

【研究代表者】玄地 裕

(素材エネルギー研究グループ)

【研究担当者】玄地 裕、田原 聖隆、本下 晶晴、井原 智彦、河尻 耕太郎、工藤 祐揮、岸本 充生、本田 智則

(常勤職員8名)

【研究内容】

社会システム（新規技術・施策）の導入による環境・経済・社会への直接的な影響だけではなく、人間の生活行動を考慮した最適なシステム導入やそれに伴う産業構造など、社会全体に波及的に生じる間接的な影響まで動物的かつ包括的に評価されることが求められている。そこで、ライフサイクル評価手法の研究開発として、社会システムの個々の構成要素と環境問題の関係だけでなく、システム全体が与える新しい影響領域を評価する手法の検討を通じ、普及の見込まれる新規社会システムの影響評価手法を開発する。本研究では、持続的発展可能な社会を目指す際に必要となる社会システムの実現に寄与することを目的に研究を実施している。本年度は、①環境負荷原単位データベース IDEA の開発およびカーボンフットプリント用の共通原単位データベースの公開、②夏季の計画停電の影響および空調節電対策の効果の評価、③バイオ燃料利用における土地利用、水資源の影響評価手法開発を行った。

① 環境負荷原単位データベース IDEA の開発およびカーボンフットプリント用の共通原単位データベース

の公開

地球環境問題など環境側面の定量化手法として、LCA は必須の概念である。LCA において環境負荷を求めるためにはインベントリデータが必要不可欠となる。本課題では、商品を網羅し、信頼性を確保したインベントリデータベース IDEA（Inventory Database for Environmental Analysis、2008年開発開始）の開発を行っている。今年度は、各国の統計を用いて、アジア地域のデータ収集を行った。カーボンフットプリント（CFP）試行事業において必要とされているデータを拡充し、アジア地域のデータと併にとも共通原単位として公開した。加えて、経済産業省主催によるデータベース相互利用を議論する国際ワークショップを開催した。

② 夏季の計画停電の影響および空調節電対策の効果の評価

節電対策検討に際し、過去の需要に基づく統計モデルでは大規模に節電行動が変化した場合の需要予測ができないという問題があった。そこで、行動をシナリオで与えて電力需要をシミュレーションできる都市気象-ビルエネルギー連成モデル AIST-CM-BEM を用い、節電行動や対策実施時の業務・家庭部門の時刻別電力需要を再現した。その結果、輪番計画停電（20%停電）では、停電時の室温上昇により、冷房起動時の空調需要増大により、ピーク電力の15%削減は実現できないことを明らかにした。また、サマータイムは、通常時よりも気温の高い状態での在宅数が増え、空調需要が増加するため、ピークが夕方にシフトし、ピーク増につながる可能性を明らかにした。計算結果はいち早く産総研ウェブサイトを通じて公開することで、研究成果の社会への還元を図った。

③ バイオ燃料利用における土地利用、水資源の影響評価手法開発

バイオ燃料利用の評価において、従来の温暖化以外に地域依存性の高い環境問題を考慮する必要があった。そこで、土地利用・水消費による環境影響評価手法を開発した。基盤評価技術の1つとなる水消費による影響評価モデルを開発し、132カ国に対応した水消費による影響評価係数リストを公表した。土地利用に関わる生態系サービスへの影響評価手法の開発と、第2世代エタノールでの事例分析では、日本では土地利用による生態系への影響が大きかった。中国・タイなどアジアでは土地利用だけでなく、水消費の影響が深刻であった。面積あたり収率向上、灌漑用水消費抑制などの地域ごとに効果的な原料生産時の技術改善点を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】LCA、インベントリデータベース、カーボンフットプリント、消費者行動、節電、バイオマス、土地利用、水資源

(2) ライフサイエンス分野

(Life Science and Biotechnology)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

所在地：つくば中央第2

人 員：4名 (3名)

概 要：

産総研として特色ある研究の方向性や、開発技術を社会に還元することを意識し、ライフサイエンス分野の研究資源の最適配置をはじめとした研究管理を行っている。

具体的には、当該分野における研究方針、研究戦略、予算編成等の策定。研究プロジェクト立案や調整。研究分野をまたがる融合研究の立案や調整。BioJapan や BioTech などを始めとする各種イベント出展に対する立案や出展テーマの調整。見学、視察対応。新規採用・任期付研究員のパーマネント審査に関する業務など。

平成23年度は、通常業務に加えて例として以下のような業務を行った。

1. 糖鎖医工学研究センターの期間延長に向けた立案と関連作業
2. 特許生物寄託センターの独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）への承継に向けた各種対応や作業
3. 東日本大震災後の研究分野再構築に向けて、スペースの有効活用（居室・実験室の集約化や地域センターの活用）、動物施設や RI 施設の再構築、使用電力削減に向けた機器の有効利用、そして研究内容の再構築に関する立案と調整
4. 研究戦略に関する調査、解析、立案を行い「研究戦略詳細版」を作成

機構図（2012/3/31現在）

研究企画室長 達 吉郎 他

[生物資源管理グループ]

グループ長 大和田一男 他

②【糖鎖医工学研究センター】

(Research Center for Medical Glycoscience)

(存続期間：2006. 12. 1～2012. 3. 31)

研究センター長：成松 久

副研究センター長：平林 淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央第6

人 員：12名 (12名)

経 費：483,540千円 (229,976千円)

概 要：

「研究目的」

糖鎖遺伝子の網羅的発見、糖鎖合成技術、糖鎖構造解析技術の3大基盤技術を開発し、糖鎖科学の幅広い分野において、さらなる基礎的発見・発明を積み重ねるとともに、それらを産業化へ応用する努力を行い、世界的な糖鎖科学研究中枢としての基盤をさらに強固なものとする。

ポストゲノム研究としてプロテオーム研究が隆盛を極める中、タンパク質機能の発揮には翻訳後修飾が重要であることにより多く多くの研究者が気づき始めた。タンパク質は、リン酸化、メチル化、硫酸化、そして糖鎖付加などの翻訳後修飾を受けて初めて成熟した機能を持つようになる。その中でも最も複雑な過程が糖鎖修飾である。ゲノム配列が解明され、生命の神秘に迫ったとされたが、かえって新たな謎の存在をクローズアップさせることになった。それが糖鎖である。生体内の多くのタンパク質は糖鎖修飾を受けているが、糖鎖はタンパク質の機能を制御する重要な要素である。生体内で働いているタンパク質の機能を解明し、利用するため、糖鎖とタンパク質を一体として解析するグライコプロテオームにより明らかにされる、すなわち、タンパク質部分は同一であっても付加する糖鎖構造が異なる分子「糖鎖修飾異性体」の概念を基本として研究全体を推進する。

糖鎖科学は、ポストゲノム研究において我が国が優位に立っている数少ない分野の一つであることから、当研究センターはこれまでの糖鎖研究資産を生かして、産業化に繋がる糖鎖医工学研究を実施することで、国際的な糖鎖研究のネットワークにおける中核的拠点として研究開発の推進に貢献することを目指している。

「研究手段」

既に終了した NEDO 糖鎖関連遺伝子ライブラリー構築プロジェクト（以下 GG プロジェクト）及び糖鎖エンジニアリングプロジェクト（以下 SG プロジェクト）において中核的研究機関としての役割を果たし、外部からも高く評価される実績を上げてきた。これらの基盤技術を応用面で活用するため、平成18年度より5年間の糖鎖機能活用プロジェクト（以下 MG プロジェクト）を遂行したが、昨年度でプロジェクト終了したため、本年度はプロジェクトの成果を社会還元することを最重点化し、主としてがんなどの糖鎖関連マーカーの実用化に向けた企業共同研究に特に注力した。また、本重点化研究テーマについては理事長戦略予算を効率的に運用した。糖鎖疾患バイオマーカーの

探索に必須である臨床試料については引き続き入手に努め今では産総研ライフの貴重な財産となりつつある。産総研の第3期研究戦略で掲げている、糖鎖を指標とした生体分子による疾病の診断システムの開発については、早期診断による予防医療を実現するための基盤技術開発によるライフ・イノベーションの実現を目指し、とくに迅速計測システムの開発の点で実用化を進めた。具体的な研究課題は以下に掲げる。

「生体反応の分子メカニズムの解明によるバイオマーカーの探索と同定」は、MGプロジェクトの中心課題として、糖鎖関連の主要な疾患である、がん、免疫、再生医療、感染症、生殖医療の5つを中心に、産業上有用なバイオマーカーの発見を目指して以下の研究を継続推進している。以下、共同研究企業名については割愛する。

- 1) がんの悪性度の指標となる糖鎖構造及びその糖鎖の担体となる糖タンパク質を探索し同定する。糖鎖構造、糖タンパク質を鋭敏に検出する技術を開発し、がんの早期診断や治療方針決定を可能にする技術を開発している。
 - 2) 免疫異常の原因となる糖鎖構造、糖タンパク質を探索し同定する。特に IgA 腎症は全腎臓病の約半数を占める患者数の多い重篤な疾患であるが、糖鎖不全との関係が示唆されている。病気の原因究明、診断法の確立、有効な治療法の開発を目指している。
 - 3) 再生医療では、幹細胞に特異的な糖鎖構造を探索し同定する。血液幹細胞、神経幹細胞、間葉系幹細胞などを対象とする。
 - 4) 感染症では、病原微生物の結合する糖鎖構造及びその担体となる糖タンパク質・糖脂質を探索し同定する。この結合を阻害する活性などを指標に、将来的には、阻害剤の候補化合物や抗体の開発が期待される。
 - 5) 生殖医療では、精子、卵子の成熟に糖鎖が関与していると考えられ、糖鎖機能不全により不妊が起きると推測している。その原因究明、バイオマーカーの発見、最終的には不妊診断、治療への道をつける。
- 上記の疾患別研究開発を推進するために必要な技術開発項目を以下に掲げる。
- 1) 産業上有用な機能を有する糖鎖を生体試料から高効率に分画、同定する技術を確立し、糖鎖マーカーを開発している。
 - 2) これに付随して糖鎖マーカーの精製や診断用糖鎖構造解析等に供される新たな装置（自動エンリッチメントシステム）を開発している。
 - 3) 疾患の進行に伴い構造変化する糖鎖マーカーは生体内の重要な機能と結びついている可能性が高いため、発見された糖鎖マーカーの生物学的機能を解析
- することは、疾患の治療手段の開発に繋がる。
- 4) 質量分析計、レクチンアレイによる構造解析技術の改良に加え、より鋭敏で簡便な基盤技術を開発している。
 - 5) 糖鎖合成技術について、微生物の糖鎖合成機能を再開発している。N 結合型だけでなく、O 結合型糖鎖についても、酵母をヒト型糖鎖合成のためのツールとする。
 - 6) 糖鎖研究のためのデータベース開発は、最重要課題である。糖転移酵素データ (GGDB)、MS スペクトルデータ (GMDB)、レクチン結合データ (LfDB)、糖タンパク質データ (GlycoProtDB)、糖鎖合成データ、糖鎖構造などの糖鎖データベース化を進め、ユーザーに利用されやすいように、他研究機関の糖鎖関連データベースを含め、糖鎖統合データベース (JCGGDB) の構築および公開を行っている。
- 「方法論等」
- 研究センター内での全チームの共同研究体制を最重要視している。チーム間の壁がほとんどない「研究センター全体が一つのチーム」体制により、一丸となって研究を推進している。
- 本研究センターの特徴として連携戦略班を設置している。本格研究を推進するためには、今まで蓄えた知財・研究リソース（遺伝子、細胞、モデル動物、解析装置、データベース等）は既に膨大な存在となっており、それを無駄なく有効に活用する新たな仕組みが必要であり、プロジェクトを推進すると同時に、成果普及を別のマネジメントで行っている。特に、独立行政法人工業所有権情報・研修館との連携で知財プロデューサーを派遣してもらい、出願支援、使用許諾及び共同研究など企業等との契約支援、知財マップ作成など、プロジェクト成果の知財の戦略的な管理、運用を行なっている。また、糖鎖産業技術フォーラム (GLIT) を、産総研-バイオインダストリー協会の包括協定の一環として共催で設立し、100社以上の糖鎖関連企業・団体を集め、成果普及に努めている。一方で、良好な研究環境を構築するためにリスク管理は重要であり、安全講習として、RI 実験実施要領、ヒト由来試料実験倫理、組み換え DNA 実験取り扱い要領、微生物実験取り扱い要領について、さらに知的財産と特許、論文/学会発表における承認基準、産学官連携と各種事業、研究者行動規範など、連携戦略班により研究センター内での独自の教育を行っている。コンプライアンス管理活動として、研究センターは、社会の中で活動している存在であり、研究者以外にさまざまな人々が周囲にいて、それぞれ異なった価値観をもって見られていることを理解することに努めている。真に生命科学や糖鎖科学の進展に貢献するかを厳しく吟味し、研究者が情熱を持って取り組んでいる課

題や萌芽的研究は、その実施を積極的に支援している。

外部資金：

独立行政法人 科学技術振興機構 ライフサイエンスデータベース統合推進事業「糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業」

独立行政法人 科学技術振興機構 研究成果展開事業「リボソームディスプレイ糖鎖複合体アレイシステムによる N-グリコリル型シアル酸検出プローブの創出」

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費「糖鎖プロファイリングに貢献する機能強化組み換えレクチンの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 B「新規ヒト内在性レクチン探索と機能解析」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 B「高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「シアル化糖鎖を介した癌の免疫抑制メカニズムの解明と利用技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 C「GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援「新規 POCT デバイスの創出を目指したマルチプローブ親和電気泳動法の開発」

文部科学省 受託研究「高病原性鳥インフルエンザウイルスの受容体シアロ糖鎖結合変異監視 技術の開発と応用」

独立行政法人医薬基盤研究所 基礎研究推進事業「プロサポシンによるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」

国立大学法人京都大学 NEDO歳委託「がん早期発見のためのPET診断技術の開発／インビボ評価（病理学的解析）」

厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金 難病・がん等の疾患分野の医療の実用化研究事業「肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化」

発表：誌上発表29件、口頭発表133件、その他16件

糖鎖遺伝子機能解析チーム

(Glycogene Function Team)

研究チーム長：成松 久

(つくば中央第2、第6)

概要：

1) 糖鎖関連バイオマーカーの開発

これまでに3つの NEDO プロジェクトを遂行し、糖鎖遺伝子プロジェクトでは、生体内で糖鎖合成の担い手である糖鎖遺伝子を網羅的にクローニングし、糖鎖構造解析プロジェクトでは、質量分析装置とレクチンを用いて糖鎖の構造解析が可能になった。それらの基盤技術を背景に、糖鎖機能活用プロジェクトでは糖鎖関連バイオマーカーの開発と生体内での糖鎖機能の解明に取り組み、いくつかの臓器のがんにおけるバイオマーカー候補分子を多数見出している。糖鎖関連バイオマーカーの基本となる考え方は、「修飾異性体」の検出である。細胞の分化やがん化に伴い糖鎖構造が大きく変化することは以前より知られていた。疾患においては、同じタンパク質であっても、産生する細胞の状態によってその糖鎖構造が異なることが予想される。我々はこのような根元のタンパク質部分は同じであるが、糖鎖構造が異なる糖タンパク質を修飾異性体と呼んでいる。糖鎖関連バイオマーカーの開発では、グライコプロテオームの概念に基づき、疾患に関連して変化した糖鎖構造をキャリアーしているタンパク質を同定し、その糖鎖構造とタンパク質の両方を特定した検出システムを構築することで、特異性の高い疾患マーカーの開発を目指している。肝臓がん・肺がん・大腸がん・膵臓がん・卵巣がんなど数十種類の各種がん由来培養細胞や患者由来生体材料を用いて、がんに関連した糖鎖構造変化を同定し、それら糖鎖のキャリアータンパク質を生化学的手法・レクチンマイクロアレイ・質量分析・IGOT 法、糖鎖遺伝子発現プロファイル解析を用いて数多く同定した。5種類の臓器のがん（肝細胞がん、胆管がん、卵巣がん、肺がん、前立腺がん）のグライコプロテオミクス解析から得られたマーカー候補分子に対して、生化学的なスクリーニング解析を行い、候補分子のマーカーとしての有用性について検証した。この過程で当初の数百種類の候補分子の中から先行して、数種類程度までの候補の絞り込みを行った。これらのマーカー候補分子のうち、一部に関しては、タンパク質分子に対するモノクローナル抗体の作製を系統的に進めた。また、並行して入手可能な市販抗体などを用いた各種検証を進めた。その結果、胆管がん、肝細胞がん、卵巣がんの候補分子のうち、有用と思われた候補分子に関しては、糖鎖構造変化を検出するレクチンと

候補分子のサンドイッチ ELISA 検出システムを構築することで迅速化にも成功した。これを用いて患者由来の臨床検体を用いて解析し、その有効性を検証した（少数検体によるバリデーション解析の実施）。さらに胆管がんや肝細胞がんの一部の候補分子に関しては、当該システムを用いて、より多検体での検証試験の実施を行う予定である。肝疾患マーカーでは、先に同定済みの肝疾患マーカー候補分子群について、レクチンクロマトグラフィー、免疫組織学的解析、レクチンアレイ解析等の糖鎖解析技術を応用し、血清マーカー候補分子を絞り込んだ。さらに、絞り込んだ HCC 関連血清糖タンパク質を検出するためのサンドイッチアッセイ系を開発し、100検体レベルでの、血清を用いた正当性検証試験を行った。統計解析の結果、肝細胞がん患者群（肝硬変群含む）は肝炎患者群よりも有意に値が上昇している事が確認された。卵巣がんマーカー開発では臨床施設との共同開発体制を確立した。現在開発中のマーカーに関して、サンドイッチ ELISA による検出系を樹立、卵巣がん患者試料 vs 良性卵巣疾患試料での検証試験を実施した。その結果、検証中のマーカーは現行マーカーよりも特異度が高いことが明らかとなった。さらに実用化を目指し、高感度の検出キットの開発を進めている。また、別途同様の戦略で臨床ニーズの高いマーカー開発に着手することを各臨床機関と同意し、差分解析のための試料収集を開始した。肺がんではサンドイッチ ELISA 検出系での、少数の臨床検体による検証を行っている。解析が未実施の候補分子に関しても、継続して生化学解析によるスクリーニングにより、有用分子の選抜を進めている。

2) 糖鎖遺伝子ノックアウト (KO) マウスの作製と解析

これまでの糖鎖の機能解析の多くは、糖鎖改変細胞を用いた細胞生物学的な解析である。糖鎖の担う重要な生体機能の1つは細胞間コミュニケーションであり、生体内でそれを解析するためには糖鎖合成に関連する糖鎖遺伝子を改変した糖鎖改変モデル動物を作製することが必要である。現在までに186個の以上の糖鎖遺伝子が報告されているが、糖鎖機能活用プロジェクトではその中から、糖鎖遺伝子プロジェクトで新規に見出された遺伝子の中で、がん化により遺伝子発現が変化するもの、組織特異的に発現するもの、*in vitro* で機能性糖鎖を合成する糖転移酵素をターゲットにして KO マウスを作製した。具体的には Le^x (SSEA-1) を合成する FUT9、正常大腸に発現し、がん化により消失するコア3合成酵素、糖タンパク質ホルモン特異的な糖鎖の合成酵素、グリコサミノグリカン合成酵素、ポリラクトサミン合成酵素などである。これらの KO マウスは

個体数が確保できたのから順次、生化学的解析、病理解析などの機能解析に移っており、いくつかのマウスではがんの発生する頻度が高いなどの表現型が見出されている。これらのマウスを用いて、疾患において糖鎖が関連する分子メカニズムの解明を進めている。

3) ポリラクトサミン (PLN) 合成酵素遺伝子ノックアウトマウスの解析

基幹的糖鎖構造の一つである PLN 鎖合成に関与する2系統の KO マウスに関して、免疫系の表現型を中心に解析を行っている。個体レベルでの免疫反応に対する PLN 欠損の影響を確認するため、まずは糖タンパク質上の PLN の合成に関与する酵素である、*B3gnt2* 遺伝子の KO マウスを用いてマウス接触性過敏症モデル系実験での免疫応答の検討を行った結果、*B3gnt2* KO マウスでは免疫応答性が悪くなっている事が分かり、その原因として、*B3gnt2* KO マウスでは PLN 鎖が消失に伴ってセレクトリンリガンドの減少により、好中球の浸潤が著しく減少している事が考えられた。これらの糖鎖合成不全により、免疫応答性の変化が起こっているものと結論した。また、KO での PLN 糖鎖の発現に関する基礎的な知見に関しては、未だ不足していると考えられるため、始めに PLN 糖鎖のキャリア分子の同定を試みることにした。そこで、PLN キャリア糖タンパク質を効率的に捕集するための系（レクチンアフィニティーなどによる捕集の系）の構築を行っている。今後、MS 解析により捕集された糖タンパク質の同定を行っていく予定である。

4) 化学酵素学的手法によるフコース含有糖タンパク質の大規模同定法の開発

グライコプロテオミクス解析において、特定の糖鎖を含有している糖タンパク質をエンリッチする方法の開発は必要不可欠である。現行では植物由来レクチンを使用して、糖タンパク質の捕獲を行っているが、我々は化学酵素学的手法により糖鎖を代謝標識し、それを指標に糖タンパク質を捕獲、同定する手法を開発した。フコース含有糖鎖あるいは糖タンパク質は様々な疾患のバイオマーカーとして知られており、高効率なフコース含有糖鎖のエンリッチ法の開発は新規バイオマーカーの発見に繋がるのが期待される。フコース含有糖鎖の基質となる GDP-フコースの生合成は GDP-マンノースを出発物質とする *de novo* 経路と、L-フコースを出発物質とする *salvage* 経路が知られている。動物細胞は、本来 *de novo* 経路で GDP-フコースを生合成しているが、*salvage* 経路の酵素である L-fucokinase/GDP-fucose pyrophosphorylase を導入することによって、L-フコースを出発物質とした GDP-フコースの生合成が可能となることがわかった。さらに、L-フ

コースの代わりに Click 反応の基質である alkynyl-フコースを培地に添加すると、alkynyl-フコースが糖鎖に取り込まれ、alkynyl 基により標識された糖タンパク質を生成できることが明らかとなった。この新たに開発したフコース含有糖鎖の標識法と Click 反応と IGOT-LC/MS を組み合わせることによって、動物細胞での *N*-グリカン上にフコースを持つ糖タンパク質の大規模同定を行った。また、ルイス X 抗原合成酵素 FUT9 発現細胞を用いることで、FUT9 が基質とするルイス X 抗原キャリアータンパク質の同定にも成功した。

5) Core1 synthase 糖転移酵素のフォールディングに必須な因子 COSMC の機能解析

COSMC は O グリカンのコア1合成に必須なタンパク質として我々により同定されたが、その機能に関しては別のグループによりシャペロン活性があると報告されているものの、試験管内での活性が同定されておらず、具体的酵素活性（何を触媒するのか）は明らかになっていなかった。我々は、小麦胚芽由来のインビトロ翻訳系を利用し、COSMC が Core1 synthase の翻訳時に必須であること、翻訳後では機能しない—すなわちリフォールディング活性を持たない—ことを明らかにした。糖転移酵素に類似で機能未知の配列がゲノム上にいくつか見ついているが、そのようなタンパク質の一部はシャペロン様の機能を有することが予想される。この種のタンパク質の欠失、損傷は糖鎖構造の変異として形質が現れるため、糖転移酵素と同等に解析されるべきと考えられる。また、インビトロ翻訳系がシャペロン活性の同定に有効であることを示すことが出来た。

6) 立体構造に基づいたノロウイルスと糖鎖との相互作用解析

引き続き、ノロウイルスによる Le-a 構造の認識機構について、立体構造を基に解析している。Le-a 構造を認識するために必要なループを安定化および間接的相互作用している重要なアミノ酸残基を同定した。他の株ではこのアミノ酸は保存されておらず、Le-a との親和性の相関が強く示唆された。さらにその置換体を作成し変異の効果解析した。具体的には変異体の立体構造解析を行い、野生型と比較することで、野生型が Le-b への親和性が低い理由が明らかにすることが出来た。また、B 抗原に結合しない理由も水分子の役割から推測することが出来た。本研究はノロウイルスの糖鎖認識について、より包括的な理解に繋がる。

7) 酵母を利用した糖鎖及び糖タンパク質合成

出芽酵母によるムチン型糖鎖を有する糖タンパク質の発現系を構築し、MUC1 や MUC2 ペプチドの生産を行なった。またシアル酸を付加したムチン型糖ペプチドの生産を検討し、質量分析やレクチンア

レイなどによる評価を行なった。さらに酵母の培地成分や培養温度、pH、メタノール添加量等を検討し、物質生産に最適な培養条件を見出し、生産性を向上させた。

糖鎖の大量合成に必要な糖転移酵素を供給するため、酵母による可溶性ヒト糖転移酵素の発現系のブラッシュアップを行なった。特に *N*-結合型糖鎖の生産に関与する糖転移酵素の大量発現を検討し、実際に天然物からの生産が難しい *N*-結合型糖鎖の合成について、グラム単位での糖鎖修飾に必要な酵素の供給を可能とした。

分子医用技術開発チーム

(Molecular Medicine Team)

研究チーム長：池原 謙

(つくば中央第2)

概要：

分子医用技術開発チーム（池原研究室）は、産業技術総合研究所で唯一、病理学を専門とする研究室である。糖鎖医工学研究センターの一員として、I) 糖鎖の関与する生体の免疫応答制御や疾患の病理を明らかにし、その検出（バイオマーカー）や治療介入（ドラッグデリバリーシステム）に関連した技術開発を進めている。また、産業技術総合研究所・ライフサイエンス分野の一員として、環境・エネルギー分野・ナノテクノロジー分野・情報エレクトロニクス分野の研究者と分野を超えて連携を構築し、次世代のII) 治療技術、III) 診断検査技術の開発を進めている。そこでは、それぞれの分野における研究の「強み」を生かしつつ、融合・連携で達成される「革新的医療機器とそれによる医療イノベーション」を実現するための研究開発を進めている。また、臨床全科に渡る検査を統括して最終診断を行う病理専門医としての活動経験を生かすことで、連携グループが進むイノベーションの方向とかじ取り、そして成果技術の臨床へのトランスレーションを担当している。

I) 糖鎖の関与する病理の解析と、検出・治療介入に関連した技術開発

当課題では、a) NEDO の「糖鎖機能活用技術開発 (MG) プロジェクト」における糖鎖バイオマーカー開発、b) 生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）「新技術・新分野創出のための基礎推進事業」における糖鎖被覆リポソームワクチンの開発、そして c) 文部省科学研究費基盤研究(c) 「シアル化糖鎖を介した癌の免疫制御メカニズムの解明と利用技術の開発」を、平行して進めてきた。a) および b) は予定通りに22年度末で終了したため、23年度における研究開発は、c) を行うのみであった。

糖鎖被覆リポソームを活用したドラッグデリバリー

ーシステムについての成果について、製薬会社が「タイレリア原虫感染症に対するワクチンの開発」を引き継ぐこととなり、そのための手続きを進めた。これは、乳牛畜産業における感染症対策のニーズによるものであるが、この研究成果は、NEDOの行う産業技術研究助成事業の代表者として、愛知県がんセンターで池原が助成されてスタートした課題と、愛知県がんセンターで提案した研究課題が生研センターの「新技術・新分野創出のための基礎研究推進事業」が採択助成されて得られた成果を総合的に組み合わせたものである。

畜産領域で実用化を進めたワクチン技術はヒトの疾患においても有望であり、例えば、ポリオや麻疹のように、依然として生ワクチンが使用され、その使用事故が問題となっている感染症で有用となる技術である。実際、リコンビナント抗原を糖鎖被覆リポソームに封入にして使用した場合、生ワクチンと同様の高いワクチン効果が期待される一方で、生ワクチンの接種による感染事故を起しえないと考えられるからである。

キーワード：バイオマーカー、ドラッグデリバリー

II) 医療用プラズマ発生装置の開発

産総研エネルギー技術研究部門・先進プラズマグループの榊田創グループ長と連携し、グロー型プラズマ発生技術をベースとした、安全性の高い新しいタイプの血液止血器具の開発を実施している。これは以下に概略を示すように、環境・エネルギー分野の技術アドバンテージを取り入れて実現する次世代医療機器についての研究開発である。

一般の外科手術で用いられる高周波電気凝固、レーザー凝固や超音波切開凝固などによる処置は、「焼灼損傷による血行遮断」であるため、処置にともなう組織障害を必ず生じる。外科手術における止血処置は、必要かつ不可欠な操作であるため、止血処置に起因する術後障害は、必ず存在するのである。術後の入院期間は、術後障害の強度に依存することから、入院期間短縮を実現する低侵襲性の外科手術の実現には、この課題の解決が必須の状況なのである。

我々の開発した「榊田プラズマ止血装置」は、従来の機器装置を使用した場合に比較して、開腹手術にともなう術後障害を大幅に改善・予防できることを明らかにした。また、プラズマ工学的にこのことを数値化できる「プラズマ評価装置」を開発し、その特許を出願した。なお、平成20年の開腹手術は、72万6千件、腹腔鏡下手術21万2千件と推計されていることから、成果が実用化された折には、年間100万人の患者の手術で利用されると推定されるので、その社会的・経済的な波及効果は大きいと考えている。このため、平成23年度「医療機器開発のガイド

ライン事業：医療用プラズマ装置」の委員会をスタートし、その事務局を担当するなどして、実用化に向けた取り組みも進めている。

さらに、榊田創グループ長と連携して進めてきたプラズマ医療・健康産業フォーラム（Life Innovation by Plasma Technology・Forum: LIP-Forum）では、第2回プラズマ医療・健康産業シンポジウム（平成23年12月15日に産総研・臨海センター）において、同医療機器開発の紹介を行うなどしている。同シンポジウムは、企業を中心に約100名の参加があり、その目的を達成できたと思う。

キーワード：低侵襲手術、プラズマ、病理

III) 次世代の医療機器技術開発

当課題では、a) 文部省科学研究費基盤研究(A)で、近赤外光を活用する医療技術・器機の開発、b) NEDOプロジェクトで、超早期高精度診断システムの研究開発をすすめている。a)は、産総研ナノチューブ応用センターとナノシステム研究部門と連携して実施している研究課題で、生体の窓とされる近赤外波長域を利用できる検査測定システムの開発を進めている。連携チームでの活動により、23年度は産総研で開発した近赤外半導体センサーを導入した検査装置を作成し、プロトタイプとなる装置についての性能評価を進めた。

一方でb)は、NEDOのプロジェクト「画像診断システムの研究開発、がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」(PET)プロジェクトにおいて、京都大学と連携して実施している課題である。ここでは、各種のがんに対して作成されるプローブの画像組み合わせ法について、インビボでの効果判定を進めるとともに、インビボ動物モデルでのターゲットプローブの実用性の検証を行なう際に必要となる新たなモデル評価系の構築を進め、本年度までにすい臓がんモデルを確立した。

キーワード：次世代臨床検査、近赤外光、PET、マウス疾患モデル、

糖鎖分子情報解析チーム

(Glyco-Biomarker Discovery Team)

研究チーム長：亀山 昭彦

(つくば中央第2)

概要：

当チームでは、社会及び臨床ニーズに基づいた糖鎖科学の医療応用を目的として、糖鎖分子に刻まれた癌をはじめとする疾患関連情報の質量分析計による解析を進めている。また、糖鎖の機能や構造を解析するためのユニバーサルなリファレンスとしてヒト型糖鎖ライブラリーの開発を推進し、癌や感染症における機能

糖鎖の発見に挑んでいる。そして、他チームや外部との積極的な連携のもと、センターにおける糖鎖の合成、構造解析、相互作用解析の機能を担うとともに、糖鎖産業の創出を睨んだこれらのイノベーション開発に努めている。

1) 硫酸化糖タンパク質バイオマーカーの探索

当チームでは、腫瘍マーカー候補として期待されながらも解析が難しいためにマーカー探索研究から取り残されていた硫酸化糖タンパク質について研究を進めてきた。これまでに硫酸基の負電荷を強調する化学処理法（SE法）を開発し、複雑な混合物から硫酸化糖ペプチドを濃縮することにより、硫酸化糖タンパク質に着目したバイオマーカー探索を進めてきた。この手法を肺小細胞がんと非小細胞がんを区別するマーカー探索に応用し、肺小細胞がん細胞株の培養上澄から3種の硫酸化糖タンパク質を見出し、専門誌に投稿した。

2) ムチンバイオマーカーの探索

平成21年に亀山と松野が独自に開発した分子マトリクス電気泳動法（SMME）を活用し、ムチンバイオマーカーを探索するための技術開発を進めている。平成23年から科学研究費補助金により「高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法SMMEの高度化研究」という研究題目で、主として分子マトリクス電気泳動法の方法論としての基礎研究を行っている。平成23年度は、SMMEで分離したムチンの新しい検出法を開発し、特許出願した。

3) バイオ医薬品の新規糖鎖分析プラットフォームの構築

バイオ医薬品の多くは糖タンパク質であり、培養細胞などを用いて製造されている。有機化学で作られる低分子医薬は単一化合物からなるが、糖タンパク質医薬は異なる糖鎖を有する糖タンパク質の混合物である。細胞の種類や培養条件によってタンパク質に付与される糖鎖の種類や量が変動することが知られている。糖鎖はバイオ医薬の薬効や安全性、安定性に影響を及ぼす可能性があるため、付与された糖鎖を管理することが求められる。平成23年度は、私たちのチームがこれまでに培ってきた糖鎖分析リソースを軸に、堅牢性、定量性、簡便性、精密性を備えた新たなバイオ医薬糖鎖管理技術の研究開発を開始した。

レクチン応用開発チーム

(Lectin Application and Analysis Team)

研究チーム長：平林 淳

(つくば中央第2)

概要：

レクチン応用開発チームは、その前身である糖鎖工学研究センター・糖鎖構造解析チームの設立時より、

レクチンが糖鎖プロファイリングに適したツールであることを、エバネッセント波励起式レクチンマイクロアレイの開発等を通し世界中に示してきた。本技術の有効性は、すでに疾患関連糖鎖バイオマーカー探索、iPS細胞等各種幹細胞の評価などで示されている（レクチン応用）。さらに、それに先立つアフィニティ基盤技術であるFAC（フロントル・アフィニティクロマトグラフィー）を用い、多種類のレクチンの特異性を詳細に調べ、レクチンライブラリの有効利用を図っている。得られた成果はレクチンデータベース（LADB）として公開している（レクチン開発）。

本チームでは、先のNEDO糖鎖構造解析技術開発プロジェクト（SG）で開発した上記FACやレクチンマイクロアレイなどの糖鎖プロファイリング技術を、産業的に有用なバイオマーカー開発に向け様々な応用展開（NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト、2006.4～2011.3）を行ってきた。これらの基本戦略に付随して、レクチン関連企業との共同研究等を通じた新規レクチン探索と解析、さらにバイオインフォマティクスを利用したヒト内源性レクチンの開発も行ってきた。チーム長を除く常勤職員2名はそれぞれ、上記レクチン応用開発研究における活用側面（マーカー開発と細胞プロファイリング）を担当する他、分子進化工学に基づく高機能レクチンの人工的創造にも取り組んでいる。上記NEDO「糖鎖機能活用技術開発」が昨年に最終年度を迎え、各種マーカーの検証や関連機器の開発は企業等との実用化共同研究段階に達し、このためチーム内もがん等疾病マーカー開発実用化共同研究に注力する研究班（久野担当）とそれ以外を主テーマとする研究班（館野担当）で明確に業務分担した。後者は、平成21年度よりスタートしたNEDO「iPS細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発」を基軸とし、レクチンマイクロアレイを活用したiPS細胞等幹細胞の選別・評価技術の開発を、産総研内関連ユニットと連携のもと推進することで、新しいiPS細胞評価技術を開発した。これら以外にも、イノベーション推進の立場から、上記糖鎖プロファイリング技術の成果普及にも積極的に取り組んだ。平成23年度の主たる成果として、以下を挙げる。

1. バイオマーカー実用化共同研究：上述NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト成果であるがん等における糖鎖関連疾患バイオマーカーの開発を、これに興味を示す企業数社と連携し迅速に糖鎖関連マーカーを測定するなどの実用化研究を、センター横断組織である「がんマーカー開発特命班」として久野が中心となり中核的な役割を担った。詳細については企業共同研究のため割愛する。

2. 糖鎖プロファイリングによるiPS細胞等幹細胞選別評価技術開発

当チームで開発されたレクチンマイクロアレイは

疾患バイオマーカー開発ばかりでなく、細胞を標的とする糖鎖プロファイリングにも高い優位性を示す。このことは、20年度末まで行われた NEDO プロジェクト「基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発：糖鎖プロファイリングによる幹細胞品質管理、安全評価システムの研究開発（先導研究）」においてすでに示されたが、平成21年度からスタートした「iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発」プロジェクトに参画し、評価手法の一環として糖鎖プロファイリング技術の開発を担当した。本プロジェクトは幹細胞工学研究センター、生命情報工学研究センターとのユニット間連携によるもので、さらに国立成育医療センター等が iPS 細胞の作製に加わったが、H23年度においては産総研交付金による研究推進を行うこととなった。すでに、従来のレクチン数を倍加させた高密度レクチンアレイの開発には成功しており、本先端アレイ基板を用いることで、iPS 細胞等のより精密なプロファイリングが可能となった。すなわち、細胞グライコームのカバー率、識別能が格段に改善したことに加え、ES、iPS 細胞等の多能性幹細胞に共通し体細胞（iPS 化前の親細胞）には全く発現していない未分化糖鎖マーカーを特異的に認識するレクチン（プローブ）、rBC2LCN を発見することができた。本成果は米国生化学会誌 J Biol Chem に掲載されるとともに、産総研プレスリリース等報道を通し注目された。さらに、本成果は幹細胞実用化に向けた細胞診断技術として注目されるにおよび、幹細胞工学研究センターを中心とした企業共同研究へと発展した。さらに、高密度レクチンアレイに用いられた多くの組み換えレクチンについても実用化の兆しが見えてきたが、この展開はレクチン工学による新たな研究領域の創生につながることを期待される（後述）。

3. ヒト内在性レクチンの探索と分子進化工学手法による新規レクチンの開発

従来レクチン（糖結合タンパク質）の探索には赤血球凝集やゲノム情報からの機能予測などが用いられてきた。しかし、ヒトゲノムから予想されるレクチン候補遺伝子の活性を証明することは容易ではな。糖結合活性の検出には当チームで開発されたエバネッセント波励起蛍光検出原理による糖鎖複合体アレイが有効であることが多くの共同研究等によって示されている。新規ヒト内在性レクチンの開発ではすでに多くの研究論文で成果を上げることができた。本研究テーマはチーム長である平林が代表を務める科研費基盤 B（2009.4～2012.3）において、カルシウム要求性（C型）レクチン、ジャカリン家系に属する新規のヒトレクチン候補遺伝子の機能探索でとくにうまく機能した。これらについて、タンパク質発現、糖特異性の解析を行うことで、新規レクチン

として同定し、より詳細な解析は FAC により結合定数の決定までを行った。さらに、新規レクチン開発の一環として、既存のレクチンを鋳型とし分子進化工学的手法によって新たな特異性を創出させる研究開発を学術振興機構（JSPS）の海外特別研究員制度（2010.4～2012.3）によって推し進めることができた。中国からの留学生（胡丹氏）がこの研究テーマに新たに挑戦し、優れた結果を残した。当チームの久野らが長らく取り組んできた進化工学技法であるエラー導入型 PCR/改良型リボソーム提示法の組み合わせの全操作過程における系のブラッシュアップと、上記エバネッセント波励起蛍光検出法による糖鎖複合体アレイスクリーニングを効率よくカップリングさせることで、系全体のパフォーマンスが格段に上昇した。実践として、EW29Ch というガラクトース特異的レクチンを親分子として改変を試み、その結果、6-硫酸化ガラクトースに新たに親和性を有する改変レクチンの創出に成功し、このたび J Biol Chem 誌に採択された。このことを契機に、つくば近隣の研究者に呼びかけ、レクチンの機能と構造基盤に関する情報交換・共同研究活性化の場として「レクチン工学研究会」を組織化した。

グライコプロテオーム解析チーム (Glycoproteomics Team)

研究チーム長：梶 裕之

(つくば中央第2)

概要：

糖タンパク質機能の発現や調節に糖鎖が重要な役割を果たしていることは広く知られるようになってきたが、糖鎖の構造や機能、それらの調節機構を解析するためには、糖タンパク質のどの部位に、どのような糖鎖が付加されているかを解明することが重要である。現在一般的には、標的糖タンパク質を精製した後、糖鎖を遊離させて構造解析しているが、付加部位の同定や、多様で不均一な糖鎖構造の解析には手間がかかり、糖鎖が複数箇所が付加されている場合はさらに全体像の把握が困難となっている。そこで、当研究チームでは、液体クロマトグラフィー/質量分析法（LC/MS法）を基礎としたアプローチで、糖タンパク質群（グライコプロテオーム）の網羅的構造解析に向け、ハイスループット分析技術の開発を進めると同時に、既に確立した糖タンパク質同定技術を医用応用して、疾患糖鎖マーカー開発を行っている。

1) 疾患糖鎖バイオマーカー候補の大規模探索

NEDO「糖鎖機能活用技術開発」プロジェクト（2006-2010年度）では、その一課題として、がんの糖鎖バイオマーカー開発を行った。マーカー候補の探索は、がん細胞が周囲の正常細胞とは異なる糖鎖を異所的に発現することに注目し、がん性糖鎖を

もつ標的組織（細胞）特異的なタンパク質を標的とする戦略に基づいて進められた（成松ら、FEBS J(2010)）。このとき、がん性糖鎖はレクチンマイクロアレイ分析で検出し（レクチン応用開発チーム参照）、当チームでは、そのキャリアタンパク質を、標的糖鎖反応性のレクチンで捕集し、IGOT-LC/MS法で同定することで、候補糖タンパク質を多数リストアップした。今年度は、この戦略に則り、厚労省科学研究費の支援のもと、肝がん早期発見マーカーの探索を行った。

[キーワード] 肝細胞がん、バイオマーカー、グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

2) 糖鎖遺伝子ノックアウトマウスの糖タンパク質解析

上述の通り、糖タンパク質に付加された糖鎖の構造機能相関を分析することは非常に困難であるが、注目する糖鎖構造の合成を担う糖転移酵素遺伝子をノックアウト（KO）し、その表現型の解析から糖鎖機能を明らかにする、逆遺伝学的手法が一つの有効な手段と考えられる。糖鎖構造と表現型を関連付けるためには、糖転移酵素の人為的欠損に伴って生じる糖鎖構造変化の詳細や、その変化が生じたタンパク質を知る必要がある。そこで当チームでは、糖転移酵素 KO マウスを利用したディファレンシャルなグライコプロテオーム解析を実施し、糖鎖機能の解明を目的とした、ハイスループット分析法の開発を行った。

はじめに、野生型（WT）マウスの組織より注目する糖鎖モチーフを持つ糖タンパク質の糖ペプチド部分を、注目糖鎖に親和性を示すレクチンカラムを用いて網羅的に捕集し、そのコアタンパク質及び結合部位を IGOT-LC/MS 法により同定した。ついで KO マウスの組織より同様に同定された糖タンパク質（部位）と比較し、この酵素がターゲットとしているタンパク質（部位）を決定した。また基質タンパク質の性状などから、糖転移酵素の作用機構について考察した。

[キーワード] 糖鎖遺伝子、糖転移酵素、ノックアウトマウス、プロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識

3) 糖ペプチド糖鎖不均一性の網羅的解析法の開発

糖転移酵素の変異、欠損や疾患に伴う糖鎖構造変化を検出するため、当チームでは LC/MS を基盤とする分析技術開発を進めている。方法論の検証と確立を目的に、今年度は1分子中に5ないし7カ所の糖鎖付加部位をもつ糖タンパク質をモデルに、糖ペプチド画分の精製、濃縮法の検証、LC/MS 分析条件

の検討、および質量分析データ解析ソフトのパラメータ設定を行った。糖ペプチドの選択的濃縮法として従来は親水性相互作用クロマトグラフィー（HILIC）法を用いてきたが、ゲル濾過法を検討し、その効果を検証した。また注目する糖鎖モチーフをもつ糖ペプチドを選択的に濃縮する方法として、レクチン親和性クロマトグラフィーを利用し、標的糖鎖モチーフの濃縮効率を検証した。さらに、複雑な LC/MS スペクトルパターンより糖ペプチドのシグナルを選択的に抽出し、それらのコアペプチドと糖鎖組成を自動的に検出するプログラムセットの条件を至適化し、モデル糖タンパク質における、糖鎖付加部位ごとの糖鎖組成情報を得た。

[キーワード] 液体クロマトグラフィー、質量分析、糖鎖不均一性、LC/MS データ解析プログラム

4) 糖タンパク質データベース GlycoProtDB の構築

タンパク質のおよそ半数は糖鎖付加を受け、そのうちアスパラギン側鎖に糖鎖付加を受けるタンパク質は全体の1/3、ヒトやマウスでは約7,000種類と予想されている。N 結合型糖鎖は共通配列 Asn-X-[Ser/Thr]の Asn 側鎖に結合するので、結合位置はタンパク質のアミノ酸配列から予測可能であるが、立体構造上の位置や膜タンパク質の場合は膜トポロジー（膜に対する配向）によって糖鎖付加の有無が規定されるため、実際の糖鎖付加位置情報はタンパク質の機能制御の観点から重要な情報となる。そこで、実験的に決定された糖タンパク質の種類、糖鎖付加部位、およびその糖鎖が反応するレクチンの種類などの情報から構成されるデータベースを構築するため、これまでに実施したグライコプロテオーム解析データを整理し、当センターで構築した GlycoProtDB に搭載した。今年度は、マウス由来のタンパク質約2500種のデータを登録し、公開した。

[キーワード] グライコプロテオミクス、レクチン、質量分析、安定同位体標識、糖タンパク質データベース、GlycoProtDB、糖鎖付加位置

③【生命情報工学研究センター】

(Computational Biology Research Center)

(存続期間：2007.4.1～)

研究センター長：浅井 潔
副研究センター長：藤 博幸
主幹研究員：野口 保
主幹研究員：諏訪 牧子

所在地：臨海副都心センター

人 員：17名（17名）

経 費：420,619千円（227,427千円）

概 要：

バイオインフォマティクスの中核拠点として、複雑な生命現象を情報学の立場から総合的に解析し、ゲノム配列、タンパク質、細胞などの生体情報に基づく診断・創薬支援、バイオプロセス利用など産業技術の創出に向けた研究開発に取り組んでいる。

ライフサイエンス分野における計測・実験技術の発展は著しく、特に近年、超高速シーケンサーの登場により、ゲノム配列、発現転写物に関する圧倒的な量の情報が得られる状況において、大規模かつ高速な情報処理が強く必要とされている。当センターでは独自の大規模計算機環境を駆使してゲノム情報、生体高分子の構造と機能、細胞ネットワークなど膨大なデータに対応し、工学的視点に基づく実用的なシステムの開発を行っている。また、センター内外のソフトウェア・データベースを統合し、創薬支援など実用的な応用環境と知的基盤の構築を目指している。

さらに、産学官連携を重視し、民間企業や大学との共同研究、研究員受け入れなど、次世代の生命情報工学を支える研究人材の育成も重要なミッションである。

重要研究課題としては、下記項目を掲げている。

- (1) ゲノム情報解析
- (2) 分子情報解析
- (3) 細胞情報解析
- (4) 情報基盤統合
- (5) 人材養成

内部資金：

理事長配分研究費「生物・情報融合化解析システム（バイオCAD）」

外部資金：

文部科学省 科学技術試験研究委託事業「ターゲットタンパク研究情報プラットフォームの構築運用（ターゲットタンパクプログラムデータの独自解析推進）」

独立行政法人科学技術振興機構「構解析プラットフォームによる統合利用環境の整備」（ライフサイエンスデータベース統合推進事業における、基礎技術開発プログラムの「米澤明憲」を研究代表者とする研究開発課題「データベース統合に関わる基盤技術開発」の中で「解析プラットフォームによる統合利用環境の整備」）

独立行政法人科学技術振興機構 試験研究題目「RNA相互作用予測技術の開発と転写物の網羅的情報解析」（高性能汎用計算機高度利用事業における研究課題「戦略

プログラム」準備研究 分野1予測する生命科学・医療および創薬基盤）

独立行政法人科学技術振興機構 試験研究題目「HPCI戦略プログラムにおける人材養成プログラムの実施」（高性能汎用計算機高度利用事業における研究課題「戦略プログラム」準備研究 分野1予測する生命科学・医療および創薬基盤）

独立行政法人科学技術振興機構 珪藻ゲノムのインフォマティクス解析

独立行政法人科学技術振興機構「ミトコンドリアβバレル型外膜タンパク質の輸送と膜組み込み機構及びタンパク質相互作用の解明」

独立行政法人科学技術振興機構 CREST「エピゲノム研究に基づく診断・治療へ向けた新技術の創出」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価（サブテーマ：超巨大サイバーフィジカルシステム基盤のための情報創発技術とその戦略的社会展開）」

独立行政法人 国立がん研究センター「分担研究課題：高速シーケンサーデータの情報解析とアルゴリズムの開発」

日本学術振興会 平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー

日本学術振興会 科学研究費補助金「In-SILICO 創薬のための機械学習を用いた生理活性配座予測」

日本学術振興会 科学研究費補助金「コンピュータシミュレーションを利用した小分子機能性 RNA の構造及び作用機構の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金「分子進化的観点に基づいた天然変性タンパク質の解析及び分類法の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ギガシーケンスデータの高速解析技術の開発」

日本学術振興会 科学研究費補助金「MAFFT アルゴリズムの拡張による RNA およびタンパク質の構造多重アライメント」

日本学術振興会 科学研究費補助金「細胞分化の人工誘導経路を短時間で最適化する方法の研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「ミトコンドリアβ型外膜タンパク質の輸送と外膜組み込み機構解明に向けての研究」

日本学術振興会 酵母ミトコンドリア蛋白質の mRNA 局在化シグナル解析

日本学術振興会 ヒト細胞・細胞分化データベース

日本学術振興会 EzCatDB：酵素触媒機構データベース

日本学術振興会 マルチスケールシミュレーションによる核酸立体構造予測

日本学術振興会 基質結合部位予測に向けたタンパク質局所構造の高速比較法の開発

日本学術振興会 補酵素結合様式を考慮した次世代活性部位探索アルゴリズムの開発

厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業「ジェノミクス技術を用いたウイルス性肝炎に対する新規診断・治療法の開発」

厚生労働省 科学研究費補助金 肝炎等克服緊急対策研究事業「確率推論型アルゴリズムに対するヒト胚性幹細胞試験データ適用法の標準化」

発表：誌上発表 件、口頭発表 件、その他 件

RNA 情報工学チーム

(RNA Informatics Team)

研究チーム長：光山 統泰

(臨海副都心センター)

概要：

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の研究開発に取り組んでいる。

新規機能性 RNA の発見と、機能推定のための情報処理技術の確立を目標として、基盤技術の開発から応用研究まで、幅広い研究テーマを掲げて活動している。

RNA 二次構造予測技術では世界最高精度の基盤技術、長鎖 RNA の二次構造予測技術でも世界唯一の基盤技術、二次構造を考慮した高速な配列アラインメントでは世界最高速の基盤技術の開発に成功した世界的に見ても高い水準の研究チームと自負している。さらに、RNA に特化したデータベースとしては世界最大

規模の機能性 RNA データベースを開発し、ウェット研究者との連携に活用し多数の成果を出している。

研究テーマ：テーマ題目 1

配列解析チーム

(Sequence Analysis Team)

研究チーム長：ポール ホートン (Paul Horton)

(臨海副都心センター)

概要：

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

研究テーマ：テーマ題目 1

創薬分子設計チーム

(Molecular Modeling & Drug Design Team)

研究チーム長：広川 貴次

(臨海副都心センター)

概要：

計算機を用いたタンパク質立体構造の理論的研究と創薬研究への応用に取り組んでいる。

具体的には、創薬標的タンパク質分子モデリング法の開発、分子動力学 計算法によるフォールディング解析、タンパク質立体構造に基づくリガンド結合予測やケモインフォマティクス技術を融合したバーチャルスクリーニングを展開している。

また、生命情報科学技術者養成コースを通じて、創薬インフォマティクスの人材養成にも取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 2

分子機能計算チーム

(Molecular Function Team)

研究チーム長：福井 一彦

(臨海副都心センター)

概要：

大規模計算応用技術を核に、タンパク質同士やタンパク質と他生体分子 (DNA・RNA・低分子化合物・糖鎖等) の複合体計算や GPCR のインターフェイス予測に基づくオリゴマー化制御に関する技術の開発、加えて2次構造情報を用いた RNA3次構造予測法に基づく生体高分子の機能予測技術の開発を実施している。

また、GPU クラスタ、BlueProtein システム、新規に導入したキメラシステムなど、これまで世界水準のコンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、大規模並列計算機を有効活用し応用技術へと繋がる開発を進めてい

る。

研究テーマ：テーマ題目 2

細胞機能設計チーム

(Cell Function Design Team)

研究チーム長：藤渕 航

(臨海副都心センター)

概 要：

細胞のシステムをターゲットとする新しいバイオインフォマティクス技術の開発を行っている。

細胞情報統合データベース構築のため、細胞や細胞の部品をカタログ化し、そこから細胞の機能情報を抽出するデータマイニング手法や生体モデルの機械学習・予測をする手法を開発している。また、外部資金等により、細胞分化を効率化する因子探索のインフォマティクス技術の開発および ES 細胞を利用した化学物質毒性の検証システムの標準化に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 3

生体ネットワークチーム

(Biological Network Team)

研究チーム長：堀本 勝久

(臨海副都心センター)

概 要：

創薬支援、副作用予測等に応用可能な生体ネットワーク解析技術を開発している。

時間や環境に応じて変化する動的ネットワーク構造の推定技術を改良し、具体的な要因候補分子の絞り込み技術を開発している。さらに、表現型データ解析から分子機能を同定する解析技術を開発し、近年急速に進歩している様々な実験計測技術が生産するトランスオミクスデータ解析が実行できるように努めている。

研究テーマ：テーマ題目 3

[テーマ題目 1] ゲノム情報解析 (機能性 RNA 情報解析転写制御の情報解析)

[研究代表者] 光山 統泰 (RNA 情報工学チーム)

ポール ホートン (配列解析チーム)

[研究担当者] 光山 統泰、津田 宏治、木立 尚孝、

ポール ホートン、富井 健太郎、

マーティン フリス、大里 直樹、

今井 賢一郎、エドワード ウィジャヤ

(常勤職員5名、他21名)

[研究内容]

研究目的：

新規機能性 RNA の発見と機能予測

配列情報に基づいた、遺伝子発現と産物の機能解析

研究内容：

二次構造を考慮した高速・高精度な RNA 配列情報解析とゲノムアラインメント、タンパク質の局在化シグナ

ル解析、次世代シーケンサーのデータ処理技術等を開発すると共に、転写制御機構の解析、新規機能性 RNA 発見等、ゲノムとプロテオーム情報を工学的制御の観点からの解析を行う。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA に特化したバイオインフォマティクス技術の開発、ゲノム配列からの機能性 RNA の網羅的予測、機能性 RNA データベースの構築バイオインフォマティクス技術によって機能性 RNA を解析し、ゲノム情報制御機構の工学的視点からの解明によって産業技術開発に貢献する。

NEDO「機能性 RNA プロジェクト」(実施期間：平成17年度～平成21年度) で得た成果に基づいてさらなる研究開発を展開している。

H22年度からは、新たに NEDO「後天的ゲノム修飾のメカニズムを活用した創薬基盤技術開発」に参画し、エピゲノム情報基盤の構築をテーマに、RNA-seq の情報解析やエピゲノムデータベースの構築を担っている。

配列解析チーム

次世代シーケンサーの普及を見越した研究を行う。その基盤技術であるゲノムアラインメント法を改良し、シーケンサーデータの誤読を修正するプログラムを開発する。また、ゲノム転写制御領域の情報解析、タンパク質アミノ酸配列からの立体構造・細胞内局在予測での優れた技術的蓄積を生かし、配列に基づいた遺伝子機能解析を行う。

平成23年度進捗状況は以下の通り。

RNA 情報工学チーム

機能性 RNA プロジェクトの成果である γ -centroid 推定の応用技術として、RNA2次構造予測においてクエリー配列に加えてその類似配列情報を用いることで予測精度を向上させる CentroidHomFold アルゴリズムを新たに開発した (Hamada et al)。

次世代シーケンサーのための情報解析技術として、最新の整列アルゴリズムを応用して配列間編集距離に基づいたクラスタリングを省メモリ・超高速で実現するアルゴリズムの開発も機械学習研究班との共同で実現することができた (Shimizu et al)。

ウェット研究者との共同研究において、次世代シーケンサーの情報解析により、piRNA 生合成経路に関する新たな知見を見出すことができた (Nagao et al)。

Hamada M, Sato K, Asai K, Improving the accuracy of predicting secondary structure for aligned RNA sequences, *Nucleic Acids Res.* 39(2):393-402 (2011).

Shimizu K, Tsuda K, SlideSort: All Pairs Similarity Search for Short Reads, *Bioinformatics* **27**(4):464-470 (2011).

Nagao A, Mituyama T, Huang H, Chen D, Siomi MC, Siomi H, Biogenesis pathways of piRNAs loaded onto AGO3 in the *Drosophila* testis, *RNA* **16**:2503-2515 (2010).

配列解析チーム

配列解析チームは主な研究課題としてゲノム・アライメントと蛋白質の細胞内局在予測などに取り組んできた。ゲノム・アライメントでは、配列解析チームが開発した配列アライメントツール LAST (Frith et al.) の改良と性能評価を行い、LAST の優れた性能を示した (Kielbasa et al. 2011, Frith et al. 2010)。さらに、ゲノム・アライメントを行う際、繰り返し配列の影響によるホモロジーの誤判定を減らせる手法“Tantan”を開発した (Frith 2010)。蛋白質の細胞内局在予測では、βバレル膜蛋白質の解析対象を植物の葉緑体に広げ、葉緑体外膜のβバレル膜蛋白質である可能性が高い新規候補を同定した (Imai et al. 2011)。また、蛋白質の機能制御機序のひとつである、核外移行シグナルの新規予測法を開発し、従来法より予測精度を大幅に上げたことを示した (Fu et al. 2011)。

"Parameters for accurate genome alignment",
Martin C. Frith, Michiaki Hamada & Paul Horton
BMC Bioinformatics **11**:80, Feb 9 2010.

"Incorporating sequence quality data into alignment improves DNA read mapping",
Martin C. Frith, Raymond Wan & Paul Horton
Nucleic Acids Research, **38**(7):e100, 2010.

"A new repeat-masking method enables specific detection of homologous sequences",
Martin C. Frith
Nucleic Acids Research, **39**:e23, 2010.

"Prediction of leucine-rich nuclear export signal containing proteins with NESsential",
Szu-Chin Fu, Kenichiro Imai & Paul Horton
published online *Nucleic Acids Research*, June 24, 2011.

"Eukaryotic-wide sequence analysis of mitochondrial β-barrel outer membrane proteins",
Kenichiro Imai, Naoya Fujita, M. Micheal Gromiha & Paul Horton

BMC Genomics, **12**:79, 2011.

"Adaptive seeds tame genomic sequence comparison",
S.M. Kielbasa, Raymond Wan, Kengo Sato, Paul Horton & Martin C. Frith
Genome Research, **21**:487-93, 2011.

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 機能性 RNA、次世代シーケンサー、配列解析

[テーマ題目2] 分子情報解析

(複合体立体構造予測 化合物バーチャルスクリーニング (VS) 生体分子の機能解析技術の応用研究)

[研究代表者] 広川 貴次 (創薬分子設計チーム)
福井 一彦 (分子機能計算チーム)
藤 博幸 (生体分子システム研究班)

[研究担当者] 広川 貴次、本野 千恵、亀田 倫史、
福井 一彦、藤 博幸、長野 希美、
市原 寿子、大澤 文、
マイケル グロミハ、根本 航、
横田 恭宣、廣瀬 修一、牛山 祥吾
(常勤職員6名、他30名)

[研究内容]

研究目的:

構造変化を含む複合体構造予測技術の開発
化合物 VS フォーカスドライブラリ構築
生体分子の機能解析技術の応用研究

研究内容:

これまでに開発してきたタンパク質構造・機能予測技術、分子シミュレーション技術等に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチド・糖鎖に特化した高精度な創薬支援技術を開発する。そのため、大規模計算技術によるタンパク質同士やタンパク質と他生体分子(核酸・化合物・糖鎖等)との複合体立体構造予測法を開発する。また、核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行う。

創薬分子設計チーム

タンパク質構造・機能予測システム、分子シミュレーション技術等の基盤技術に分子設計技術を融合させ、創薬標的タンパク質・変性疾患関連ペプチドに特化した高精度な創薬支援技術の開発と実用を目標とする。創薬標的は、X線結晶解析が困難なものを中心に、タンパク質単体標的からタンパク質-タンパク質複合体標的へと年次発展させる。また、立体構造情報に基づいてタンパク質単体・複合体の機能を制御する化合物を計算機上でス

クリーニングしフォーカスライブラリとしてデータベース化する。

NEDO「化合物等を活用した生物システム制御基盤技術開発」(実施期間：平成18年度～平成22年度)を中心に研究開発を展開する。NEDOプロジェクトでの担当テーマは以下の通り。

- ・タンパク質複合体構造予測
- ・化合物バーチャルスクリーニング技術開発および実用化
- ・フォーカスライブラリおよび構造データベース構築

分子機能計算チーム

大規模計算応用技術を核に、生体高分子複合体ドッキング計算、立体構造の予測及び配列・構造情報を用いた生体高分子の機能予測技術を開発する。Blue Protein、GPU クラスタ、キメラシステムなど、大型並列コンピュータを用いてバイオインフォマティクス研究を推進してきた技術的蓄積を生かし、現有する大規模並列計算機を有効活用するための応用技術開発を行う。

生体分子システム研究班

核酸、タンパク質などの生体分子の様々なデータを利用した、生体分子の機能解析のための技術開発やデータベースの構築を行なう。また、開発技術や既存技術を利用して、個別の問題についての情報解析を行ない、生体システムに関する知識を抽出する。

平成23年度進捗状況は以下の通り。

創薬分子設計チーム

(1) ケミカルバイオロジー-PJ 成果

PJ 最終年度として、タンパク質-タンパク質相互作用阻害化合物探索におけるタンパク質-タンパク質相互作用分類を提唱した。またこの分類に基づき、天然物と合成化合物を用いたケミカルスペースを作成し、フォーカスライブラリ作成を行った。このフォーカスライブラリにより、今後、企業等における医薬品探索の効率化が期待される。

また、本 PJ で同定した PAC3阻害剤について論文にて発表した (Izumikawa et al., J. Nat. Prod.)。タンパク質-タンパク質ドッキング計算におけるクラスタリング効率化のための評価法を開発し、論文発表した (Uchikoga & Hirokawa, BMC Bioinformatics)。

(2) 当センター内連携によるインシリコ基盤技術の開発

生体ネットワークチームの開発したネットワーク解析アルゴリズムを用いて、活性化化合物間のクラスター解析へ適用し、母格抽出の効率化に成功した (Saito et al., J Chem Inf Modeling)。

(3) 実験グループとの連携による創薬標的タンパク質

を対象としたインシリコ解析の実施と検証

外部研究機関との共同研究において、これまで成熟させてきたモデリング構造技術を用いてタンパク質と化合物の作用機序解析に貢献し、論文成果として発表した (Watanabe et al., J. Med. Chem., Iida et al., J. Nucleic Acid)。

Saito S, Hirokawa T, Horimoto K: "Discovery of chemical compound groups with common structures by a network analysis approach (affinity prediction method)", J. Chem. Inf. Model., 51(1), pp.61-68 (2010).

Iida K, Tera M, Hirokawa T, Shin-Ya K, Nagasawa K: "Synthesis of Macrocyclic Hexaoxazole (6OTD) Dimers, Containing Guanidine and Amine Functionalized Side Chains, and an Evaluation of Their Telomeric G4 Stabilizing Properties.", J. Nucleic Acids., 2010;2010, pp.217627 (2010).

Uchikoga N, Hirokawa T: "Analysis of protein-protein docking decoys using interaction fingerprints: application to the reconstruction of CaM-ligand complexes.", BMC Bioinformatics, 11, 236 (2010).

Watanabe M, Hirokawa T, Kobayashi T, Yoshida A, Ito Y, Yamada S, Orimoto N, Yamasaki Y, Arisawa M, Shuto S: "Investigation of the bioactive conformation of histamine H3 receptor antagonists by the cyclopropylic strain-based conformational restriction strategy.", J. Med. Chem., 53(9), pp.3585-3593 (2010).

Izumikawa M, Hashimoto J, Hirokawa T, Sugimoto S, Kato T, Takagi M, Shin-Ya K: "JBIR-22, an inhibitor for protein-protein interaction of the homodimer of proteasome assembly factor 3.", J. Nat. Prod., 73(4), pp.628-631 (2010).

分子機能計算チーム

大規模計算機やアクセラレータを用いたハイブリッド型クラスタ計算機による、タンパク質-タンパク質間の大規模ドッキング計算を実施し解析を行った。またタンパク質複合体 (タンパク質-DNA, タンパク質-RNA) に関する研究を行った (Gromiha, M.M., et al.)。

この他に機能予測技術開発とし、アミノ酸配列と立体構造の双方の情報を駆使し、G タンパク質共役型受容体 (GPCR) が複合体を形成する際のインターフェイス予測技術や GPCR のオリゴマー化に関する DB

(Nemoto, W., *et al.*) の開発を実施している。

Nemoto, W., Fukui, K., Toh, H.: "Database for GPCR oligomerization, GRIPDB - G-protein coupled Receptor Interaction Partners DataBase", JOURNAL OF RECEPTORS AND SIGNAL TRANSDUCTION, 31(2) pp.1-19 (2011).

Imai, K., Fujita, N., Gromiha, M.M., Horton, P.: "Eukaryote-wide sequence analysis of mitochondrial beta-barrel outer membrane proteins", BMC GENOMICS, 12 pp.79 (2011).

Gromiha, M.M.: "Influence of long-range contacts and surrounding residues to the transition state structures of proteins ", ANALYTICAL BIOCHEMISTRY, 408(1) pp.32-36 (2011).

Chen, S-A., Ou, Y-Y., Gromiha, M.M.: "Topology Prediction of alpha-helical and beta-barrel Transmembrane Proteins using RBF Networks", LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, 6215 pp.642-649 (2010).

Gromiha, M.M., Selvaraj, S., Jayaram, B. Fukui, K.: "Identification and analysis of binding site residues in protein complexes: energy based approach", LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, 6215 pp.626-633 (2010).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Fukui, K.: "Understanding the Recognition Mechanism of Protein-RNA Complexes using Energy Based Approach ", CURRENT PROTEIN & PEPTIDE SCIENCE, 11(7) pp.629-638 (2010).

Huang, L-T., Gromiha, M.M.: "First insight into the prediction of protein folding rate change upon point mutation", BIOINFORMATICS, 26(17) pp.2121-2127 (2010).

Huang, L-T., Lai, L-F., Wu, C-C. Gromiha, M.M.: "Development of knowledge based system for predicting the stability of proteins upon point mutations", NEUROCOMPUTING, 73 pp.2293-2299 (2010).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Samuel, S., Fukui, K.: "Comparative analysis of binding site residues and recognition mechanisms of protein-protein and

protein-RNA complexes using energy based approach", Proc. ISMB2010, 10 pp.54 (2010).

Ou, Y-Y., Chen, S-A., Gromiha, M.M.: "Classification of transporters using efficient radial basis function net-works with position-specific scoring matrices and biochemical properties", PROTEINS, 78(7) pp.1789-1797 (2010).

Kumar, S., Singh, S.K., Gromiha, M.M.: "Temperature Dependent Molecular Adaptations in Microbial Proteins: Lessons for Structure Based Biotherapeutics Design and Development", Encyclopedia of Industrial Biotechnology: Bioprocess, Bioseparation, and Cell Technology., pp.1-22 (2010).

Huang, L-T., Lai, L-F., Gromiha, M.M.: "Human-readable Rule Generator for Integrating Amino Acid Sequence Information and Stability of Mutant Proteins ", IEEE-ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, 7(4) pp.681-687 (2010).

Kumar, M., Gromiha, M.M., Raghava, G.P.: "SVM based prediction of RNA-binding proteins using binding residues and evolutionary information.", JOURNAL OF MOLECULAR RECOGNITION, 24(2) pp.303-313 (2011).

Gromiha, M.M., Yokota, K., Fukui, K.: "Energy based approach for comparative analysis of binding site residues in protein-protein and protein-RNA complexes", Proc. Protein Science Society of Japan, S10 pp.128- (2010).

生体分子システム研究班

1) タンパク質のマルチプルアラインメントから各サイトの保存度や変異度を計算する手法を収集し、プログラムとして実装した上で、アラインメントのレファレンスセットに適用して、その結果の類似性をクラスタ分析によって評価した (Jihansson and Toh, 2010a)。また、その解析に基づき、新規のスコアリング手法 (rekative non Neumann entropy 法) を開発した (Johansson and Toh, 2010b)。クラスタ分析の論文は、highly accessed に選ばれた。

2) 以前作成したドメインリンカー予測手法を改良し、新規のドメインリンカー予測プログラム DROP を開発した (Ebina *et al.*, 2010)。この開発は、東京農工大の黒田准教授との共同研究として行なわれた。

3) 大阪大学の森教授のグループで得られた大腸癌における発現プロファイルデータを解析し、リンパ節転移の新規マーカーの候補として FANCD2を同定した (Osawa *et al.* 2010)。

4) RNA 情報工学チームの加藤研究員との共同研究で MAFFT の開発を行なっている。構造情報と MAFFT に取り込んだ MAFFTash の開発や GUI の開発などを行なったが、本年度は MAFFT の並列化についてのみまとめた結果が得られた (Kato and Toh, 2010)。

5) 九州大学の横溝教授の発現データを解析し、ロイコトリエン受容体のあるアイソフォームの機能に関する知見を得た (Iizuka *et al.* 2010)。

6) 大阪大学の Standley 准教授との共同研究により、立体構造を利用したタンパク質の機能推測のシステムを開発を行なった (Standley *et al.*, 2010)。

7) EzCatDB の研究の進展として以下の二つがある。群馬大学の加藤准教授との共同研究により、立体構造情報に基づく高速な活性部位の検索手法を開発した。また、医薬基盤研究所の水口教授との共同研究により、機能サブクラスと、活性部位やリガンド結合部位の関係を明らかにした。

Johansson, F., Toh, H. A comparative study of conservation and variation scores. BMC Bioinformatics 11, 388 (2010a) (highly accessed)

Johansson, F., Toh, H. Relative von Neumann entropy for evaluating amino acid conservation J Bioinform Comput Biol. 8, 809-823 (2010b).

Ebina, T., Toh, H., Kuroda, Y. DROP: An SVM domain linker predictor trained with optimal features selected by random forest. Bioinformatics 27, 487-494 (2011)

Osawa, H., Iwatsuki, M., Mimori, K., Sato, T., Johansson, F., Toh, H., Watanabe, M., Mori, M. FANCD2 mRNA over-expression is a bona-fide indicator of lymph node metastasis in human colorectal cancer. Ann. Surg. Oncol. 17, 2341-2348 (2010).

Kato, H., Toh, H. Parallelization of the MAFFT multiple sequence alignment program. Bioinformatics 26, 1899-1900 (2010).

Iizuka, Y., Okuno[†], T., Saeki, K., Uozaki, H., Okada, S., Misaka[†], T., Sato, T., Toh, H., Fukayama, M., Takeda[§], N., Kita, Y., Shimizu, T., Nakamura[†], M.,

Yokomizo, T. Protective roles of second leukotriene B₄ receptor BLT2 in murine model of inflammatory colitis FASEB J. 24, 4678-4690 (2010).

Standley DM, Yamashita R, Kinjo AR, Toh H, Nakamura H. SeSAW: balancing sequence and structural information in protein functional mapping. Bioinformatics. 26, 1258-1259 (2010)

Kato, T., Nagano, N. (2010) Metric Learning for Enzyme Active-Site Search. Bioinformatics, 26, 2698-2704.

Nagao, C., Nagano, N., Mizuguchi, K. (2010) Relationships between functional subclasses and information contained in active-site and ligand-binding residues in diverse superfamilies. PROTEINS: Structure, Function, and Bioinformatics, 78, 2369-2384.

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 分子モデリング、分子動力学計算、バーチャルスクリーニング、分子設計タンパク質相互作用、タンパク質ディスオーダー、糖鎖、タンパク質、アラインメント、機能部位、データベース、発現プロファイル

[テーマ題目3] 細胞情報解析 (遺伝子現情報解析 生体ネットワーク情報解析)

[研究代表者] 藤渕 航 (細胞機能設計チーム)

[研究担当者] 藤渕 航、富永 大介、油谷 幸代、Jean-Francois Kenichi Pessiot、千葉 啓和、幡野 晶子、杉原 稔 (常勤職員3名、他7名)

[研究内容]

研究目的:

細胞情報統合データベースに基づいた細胞の構造と機能予測法の開発
生体ネットワーク構造変化の多面的予測と表現型変化の分子メカニズム解明

研究内容:

遺伝子発現・代謝・シグナル伝達等の細胞内ネットワークを工学的な技術に基づいて解析する。網羅的なヒト細胞データベースを構築し、細胞の形態、機能、分化転換に関する情報を遺伝子発現情報と融合させた統合的、包括的な細胞情報解析環境を開発する。機能未知の生体分子を含む細胞内ネットワークを推定し、新規な創薬標的の発見、副作用予測を支援する技術を開発する。

細胞機能設計チーム

細胞の違いを統合的、系統的に整理・分類したデータベースを開発する。そのために必要となる細胞・遺伝子発現データ・論文データ統合化技術、細胞画像解析技術開発から、遺伝子発現モジュール探索技術、細胞種依存型遺伝子発現ネットワーク推定技術、細胞挙動・分化解析技術などの基礎的解析技術を開発する。

要素技術から実用技術の開発を中心に以下の研究開発を展開する。

- ・ヒト細胞情報統合データベースの開発
- ・細胞挙動・分化に関わる遺伝子発現モジュールの動態解析技術の開発
- ・細胞依存型疾患遺伝子ネットワーク探索技術

生体ネットワークチーム

創薬支援、副作用予測等に应用できる生体ネットワーク解析技術を開発する。

特に、細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。具体的に開発を目指す技術は、以下の通りである。

- ・細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術の開発
- ・トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術の開発

方法論：

ガウスネットワークモデル、ネットワークスクリーニング、経路整合性アルゴリズム、表現型指向解析、トランスオミックス解析

平成23年度進捗状況は以下の通り。

細胞機能設計チーム

ヒト正常細胞情報データベース CELLPEDIA を拡張し、幹細胞データにおいても細胞分類、遺伝子発現、細胞画像、論文データなどを統合したシステムを開発した。厚生労働科研費プロジェクトによる環境化学物質毒性解析法を東京大学および国立環境研究所と共同開発した。文科省科研費プロジェクトによる細胞分化を促進する因子を予測し同定した（未発表）。

Tochigi, Y., Sato, N., Sahara, T., Wu, C., Saito, S., Irie, T., Fujibuchi, W., Goda, T., Yamaji, R., Ogawa, M., Ohmiya, Y., Ohgiya, S.: "Sensitive and convenient yeast reporter assay for high-throughput analysis by using a secretory luciferase from *Cypridina noctiluca*.", ANALYTICAL CHEMISTRY, 82 (13), pp.5768-5776 (2010).

Miura, K., Kinouchi, M., Ishida, K., Fujibuchi, W., Naitoh, T., Ogawa, H., o, T., Yazaki, N., Watanabe, K., Haneda, S., Shibata, C., Sasaki, I.: "5-FU Metabolism in Cancer, and Orally-Administrable 5-FU Drugs", CANCERS, 2 (3), pp.1717-1730 (2010).

Pessiot, J.F., Chiba, H., Hyakkoku, H., Taniguchi, T., Fujibuchi, W.: "PeakRegressor identifies composite sequence motifs responsible for STAT1 binding sites and their potential rSNPs", PLOS ONE, 5 (8), pp.e11881 (2010).

Horton, P., Wijaya, E., Pessiot, K.J-F., Frith, M., Fujibuchi, W., Asai, K.: "In Search of True Reads: A Classification Approach to Next Generation Sequencing Data Selection.", International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops, 37, pp.561-566 (2010).

Kato, T., Fujibuchi, W.: "Kernel Classification Methods for Cancer Microarray Data", Medical Biostatistics for Complex Diseases, Wiley-Blackwell, pp.279-303 (2010).

Tominaga, D.: "Periodicity detection method for small-sample time series datasets.", Bioinformatics and Biology Insights, 4 (pp.127-136(2010)).

Aburatani, S.: "Development of network inference among LexA/RecA-dependent manner genes in SOS response.", Journal of Nucleic Acids Investigation, 1(1) pp.71-75 (2010).

生体ネットワークチーム

細胞レベルの多様かつ大量な生命情報が計測可能な状況において、それら情報をシステム論的な立場から解析する技術の開発が求められている。本年度は、1. 細胞状態の変化に応じて活性化する分子間相互作用（ネットワークスクリーニング）を捉え、その要因となる分子群を特定する技術を開発すること、2. トランスオミックスデータを解析し、表現型データの相異を説明可能な分子機能を同定する技術を開発することを目的とする。その結果、具体的に以下の成果を得た。

1) 既知パスウェイ情報から、特異的な条件下で計測された細胞内分子データと整合性を示すパスウェイ構造を数理的に推定することで、活性化パスウェイ候補を絞り込み、さらにパスウェイ候補から要因分子候補を具体的に同定することが可能となった。この技術は有効グラフのみに適用可能なため、遺伝子制御ネットワークには適用できるが、タンパク質相互作用ネットワークには適

用不可能であった。本年度方法を拡張し無向グラフで表現されるネットワークにも適用可能にした。

2) 計測データを予め生物機能ごとに分類し、それらを分子の特性に基づいて分類する。その分類に基づいてサンプルの特性である表現型解析を行う。その結果、表現型の解析から分子機能を特定することが可能になる。同時に、表現型データ解析の結果である有意確率を統合確率で統計的に評価することができることにより、トランスオミクスデータ解析に利用可能であり、予後データ等のコホート研究に新規な観点を提供することが期待される。実際、本年度、Fred Hutchinson Cancer Research CenterのDr. Samir Hanashより表現型データを含む肺がんプロテオミクスデータの提供を受け、特徴タンパク質群の検出を開始した。

Saito, S., Zhou, X., Bae, T., Kim, S. and Horimoto, K.: A Procedure for Identifying Master Regulators in Conjunction with Network Screening and Inference, *Int. J. Data Mining and Bioinformatics*, in press

Nakatsui, M., Horimoto, K., Lemaire, F., Ürgüplü, A., Sedoglavic, A. and Boulier, F.: Brute force meets Bruno force in parameter optimization: Introduction of novel constraints for parameter accuracy improvement by symbolic computation. *IET Sys. Biol.*, 5, 281–292, 2011.

Miyagi, Y., Higashiyama, M., Gochi, A., Akaike, M., Ishikawa, T., Miura, T., Saruki, N., Bando, E., Kimura, H., Imamura, F., Moriyama, M., Ikeda, I., Chiba, A., Oshita, F., Imaizumi, A., Yamamoto, H., Miyano, H., Horimoto, K., Tochikubo, O., Mitsushima, T., Yamakado, M., and Okamoto, N.: Plasma free amino acid profiling of five types of cancer patients and its application for early detection. *PLoS One*, 6(9): e24143, 2011

Zhou, H., Saito, S., Hu, R., Piao, G., Wang, J., Liu, Z., Horimoto, K. and Chen, L.: Network Screening of Goto-Kakizaki Rat Liver Microarray Data during Diabetic Progression. *BMC Sys. Biol.* 5(Suppl 1), S16, 2011.

Saito, S., Onuma, Y., Ito, Y., Tateno, H., Toyoda, M., Akutsu, H., Nishino, K., Chikazawa, E., Fukawatase, Y., Miyagawa, Y., Okita, H., Kiyokawa, N., Shimma, Y., Umezawa, A., Hirabayashi, J., Horimoto, K. and Asashima, M.: Possible linkages between the inner and outer cellular states of

human induced pluripotent stem cells. *BMC Sys. Biol.* 5(Suppl 1), S17, 2011.

Tateno, H., Toyota, M., Saito, S., Onuma, Y., Ito, Y., Hiemori, K., Fukumura, M., Matsushima, A., Nakanishi, M., Ohnuma, K., Akutsu, H., Umezawa, A., Horimoto, K., Hirabayashi, J. and Asashima, M.: Glycome Diagnosis of Human Induced Pluripotent Stem Cells Using Lectin Microarray. *J. Biol. Chem.*, 286, 20345–20353, 2011.

Saito, S., Hirokawa, T. and Horimoto, K.: Discovery of Chemical Compound Groups with Common Structures by a Network Analysis Approach. *J. Chem. Inf. Model.* 51, 61-68, 2011.

Horimoto, K.: On Two Issues of Molecular Network Models in Systems Biology – A Review. *Lecture Notes in Operations Research* vol. 14, pp. 22–27, 2011.

Wang, Y., Horimoto, K., and Chen, L.: An integrated gene regulatory network inference pipeline. *Proceedings of The 30th Chinese Control Conference*, pp. 6593 - 6598, 2011

Piao, G., Qian, B., Saito, S., Liu, Z., Zeng, T., Wang, Y., Wu, J., Zhou, H., Chen, L. and Horimoto, K.: Phenotype-Difference Oriented Identification of Molecular Functions for Diabetes Progression in Goto-Kakizaki Rat. *Proceedings of 5th IEEE International Conference on Systems Biology (ISB 2011)*, pp. 111-116, 2011.

Saito, S., Sun, Y., Liu, Z., Wang, Y., Han, X., Zhou, H., Chen, L. and Horimoto, K.: Identification of Master Regulator Candidates for Diabetes Progression in Goto-Kakizaki Rat by a Computational Procedure. *Proceedings of 5th IEEE International Conference on Systems Biology (ISB 2011)*, pp. 169-174, 2011.

Saito, S. and Horimoto, K.: Network Screening: A New Method to Identify Active Networks from an Ensemble of Known Networks. in *Applied Statistics for Network Biology: Methods in Systems Biology* (eds M. Dehmer, F. Emmert-Streib, A. Graber and A. Salvador), Chapter 13, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2011.

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 データベース、データマイニング、遺伝子モジュール、酵素、ネットワーク、文献情報、遺伝子発現、パスウェイ解析、時系列解析、記号計算

〔テーマ題目4〕 情報基盤統合

〔研究代表者〕 浅井 潔（研究センター長）

〔研究担当者〕 浅井 潔、野口 保、諏訪 牧子、
光山 統泰、ポール ホートン、
広川 貴次、福井 一彦、藤渕 航、
堀本 勝久、津田 宏治、田代 俊行、
森岡 涼子（常勤職員9名、他3名）

〔研究内容〕

研究目的：

生命情報工学研究センターでは、センター内外のデータベース、ソフトウェアを最新の情報技術を用いてシームレスに統合したバイオインフォマティクス情報基盤の構築に研究センター全体で取り組んでいる。ライフサイエンス研究分野では、その複雑化・細分化にあわせて解析ツールやデータベースの多様化が求められ、個々のデータベース、解析ツール、システムの乱立や併存は、管理・運用に多大な労力を要し、研究分野の迅速な変化や新規技術への対応が困難であると考えられる。そこで本研究では、分散する解析ソフトウェアやツールである要素技術を、一つ一つユーザが実行するのではなく、一連の処理の流れを定義することにより、効率的に短時間に実行するため要素技術を結合したワークフローを構築し、外部DBと連携し動作する、柔軟性に富んだプラットフォーム型の知的基盤環境の構築を実施する。

研究手段：

研究センター内、産総研内、国内、海外に存在するバイオインフォマティクス関連の有用データベース・解析ソフトウェアを、グリッド技術や SOAP/REST を用いてシームレスに結合させた「生命情報統合システム」の開発に、センターをあげて取り組む。最新の情報技術と大規模計算手法を駆使し、関連する情報同士を単にリンクでつなげた情報網ではなく、利用者が求める情報をダイレクトに提供する、診断、創薬支援、バイオプロセス開発に直接応用できるシステムを目指す。本システムに必要な新規なデータベース・ソフトウェアの開発は各研究チームが並行して行い、順次統合する。

交付金と文科省「ライフサイエンス分野の統合データベース整備事業」（実施期間：平成17年度～平成22年度）の予算による技術開発を中心に研究開発を展開する。

方法論：

平成21年度は、柔軟性を加味したプラットフォーム上で動作するアクティブ・ワークフロー開発として、生体ネットワークチームの堀本チーム長の基で開発された遺

伝子ネットワーク推定システムをノード化した。平成22年度は、CBRC 所内・外で開発された主要な解析ツールをノード化しプラットフォーム上で SOAP 通信により動作するアクティブ・ワークフローの開発を行う。またライフサイエンス統合データベースセンター (DBCLS) や DDBj との連携を行う。

機械学習研究班

生命情報科学においては、配列、遺伝子発現、制御ネットワークなど、極めて多種多様なデータの処理が求められており、そのようなデータの中から信頼できる知識を取り出すことが必要である。そのような要請を受けて、データからの論理的、確率的な推論の技術体系である機械学習への注目はかつてないほど高まっている。また、データの大規模化に伴って、これまでシンプルなアルゴリズムで対応可能だった研究課題についても、高速で複雑なアルゴリズムが利用されるようになってきている。

次世代シーケンサーのデータ処理などは、その最も明らかな例である。本研究班では、創薬を中心とする生物学的課題に対して有効な機械学習手法を開発し、データ処理の効率と正確性を飛躍的に高めるための研究を行う。具体的には、次のような課題を扱う。1. 創薬などで重要となる、目的関数の推定と最適化を同時に行う手法の開発。2. 大量データの処理のための、あいまい検索技術および高速近傍発見技術の開発。3. 医療などで用いられるセンサーデータからの機械学習技術の開発。また、他チームが扱う課題に関しても、適切なアドバイスをを行い、共同研究を通じて貢献を行う。外部資金も積極的に受け入れて共同研究を行い、最先端研究開発支援プログラムなどの大型プロジェクトへの貢献も行う。

平成23年度進捗は以下の通り。

(1) プラットフォーム型ワークフローの開発

これまで開発した様々な解析ツールを組み合わせ、利用者の要望を考慮したプラットフォームとして3つの統合型アクティブ・ワークフローを改良し公開した：系統樹作成アクティブ・ワークフロー (PhylogeneticTree Active Workflow)、RNA 構造予測アクティブ・ワークフロー (RNA Structure Prediction Active Workflow)、タンパク質立体構造モデリング・アクティブ・ワークフロー (Protein Structure Prediction Active Workflow)。またこれらワークフローを Linux や MacOS でも動作可能とし公開した。

(2) 解析ツールの RDF 化

ウェブ上にある「リソース」を計算機が取り扱えるように表現するための統一の枠組である RDF (Resource Description Framework) を利用し、解析ツールとデータを連携・連動して動作させるフレー

ムワークのプロトタイプを構築した。

全ての解析ノード及びワークフローは統合 DB 情報基盤サイト (<http://togo.cbrc.jp>) より一般公開している。

福井 一彦、田代 俊行、矢葺 幸光、浅井 潔；“情報統合基盤技術を用いた解析ワークフロー開発”，第 11 回 産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会 1 月 31 日-2 月 1 日 2012.

Kazuhiko Fukui, Toshiyuki Tashiro, Yukimitsu Yabuki, Kiyoshi Asai; "LIFE SCIENCE INTEGRATED DB: DEVELOPMENT OF ACTIVE WORKFLOW", CBRC2011 1 月 25 日 2012.

福井 一彦、田代 俊行、矢葺 幸光、浅井 潔；“情報統合基盤技術を用いた配列・タンパク質ワークフロー解析”，産総研オープンラボ 10 月 13 日-10 月 14 日 2011.

福井 一彦、田代 俊行、矢葺 幸光、浅井 潔；“情報統合基盤技術を用いた配列・タンパク質ワークフロー解析”，トーゴの日シンポジウム 2011 ～ライフサイエンス分野のデータベース統合の“カタチ”を探る～ 10 月 5 日 2011.

K. Fukui, T. Tashiro, Y. Yabuki, K. Asai; "Life Science Integrated DB Project: Development of Active Workflow with KNEME", Bio-IT World Conference & Expo 2011, Boston, April 11-14, 2011.

機械学習研究班

- 1) 大量のリガンド結合サイトから類似したペアを高速に発見するアルゴリズム SketchSort を実際に PDB に登録されている全タンパク質に適用し、データベース Possum を開発し公開した。
- 2) 準同型性符号を用いて、化学化合物データベースを、クエリがサーバに知られることなく検索できる方法を開発し、プレスリリースを行った。

[分 野 名] ライフサイエンス

[キーワード] ワークフロー、統合 DB、Web サービス、プラットフォーム

J. Ito, Y. Tabei, K. Shimizu, K. Tomii and K. Tsuda: PDB-scale Analysis of Known and Putative Ligand-binding Sites with Structural Sketches, *Proteins*, 80:747-763, 2012.

J. Ito, Y. Tabei, K. Shimizu, K. Tsuda and K. Tomii: PoSSuM: a Database of Similar Protein-Ligand

Binding and Putative Pockets, *Nucleic Acids Research*, 40(D1):D541-D548, 2012.

Y. Tabei and K. Tsuda. SketchSort: Fast All Pairs Similarity Search for Large Databases of Molecular Fingerprints. *Molecular Informatics*, 30(9):801-807, 2011.

T. Kam-Thong, D. Czamara, K. Tsuda, K. Borgwardt, C. M. Lewis, A. Erhardt-Lehmann, B. Hemmer, P. Rieckmann, M. Daake, F. Weber, C. Wolf, A. Ziegler, B. Putz, F. Holsboer, B. Scholkopf and B. Muller-Myhsok. EPIBLASTER-Fast exhaustive two-locus epistasis detection strategy using graphical processing units. *European Journal of Human Genetics*, 19:465-471, 2011.

M. Kayano, I. Takigawa, M. Shiga, K. Tsuda and H. Mamitsuka. ROS-DET: Robust Detector of Switching Mechanisms in Gene Expression. *Nucleic Acids Research*, 39(11), e74, 2011

[テーマ題目 5] 人材養成

[研究代表者] 浅井 潔 (研究センター長)

[研究担当者] 浅井 潔、藤 博幸、広川 貴次、野口 保、諏訪 牧子、光山 統泰、ポール ホートン、福井 一彦、藤渕 航、堀本 勝久、津田 宏治、加藤 和貴、清水 佳奈、富井 健太郎、マーティン フリス、本野 千恵、亀田 倫史、マイケル グロミハ、富永 大介、油谷 幸代、末永 敦、根本 航、今井 賢一郎、寺田 朋子、坂井 寛子 (常勤職員 17 名、他 6 名)

[研究内容]

研究目的:

バイオインフォマティクスの研究拠点としてより確立された地位を築くことと併せ、産業技術の発展、産総研の利益につながる形での人材養成を目指している。

研究手段:

- (1) 生命情報科学人材養成コンソーシアム

平成 21 年度に終了した文科省科振費「生命情報科学技術者養成コース」の成果を活用し、平成 22 年度より産総研コンソーシアムとして設置。主に初学者を対象とした短期間・実践的な e-ラーニングや講習会を会員制・有償で実施し、バイオインフォマティクス技術の利用者を増やしていくことを目標とする。

平成 23 年度の正会員数は 3。設定した 4 コースの受講者数は次の通り。バイオインフォマティクス実習コース 127 名・同 e-ラーニングコース 60 名、創薬インフォ

マティクス実習コース24名、同 e-ラーニングコース27名。東日本大震災の被災者は、無償で受け入れた。

(2) 技術研修等による社会人の受け入れ

OJT による高度専門人材養成により、異分野からの転向者を即戦力化する。平成23年度養成実績9名。

(3) 連携大学院

7つの大学（東大、早大、奈良先端科学技術大学院大、東医歯大、お茶の水女子大、東京理科大、北大）と連携を進めている。当センターに所属する正職員のうち11名が連携大学院の教員を兼務しており、連携先での出張講義や、連携先大学院生を実習生として当センターに常駐させて修士論文や博士論文の指導を行っている。平成23年度学生受入実績14名卒業生の進路は、独立行政法人医薬基盤研究所、マルチコミュニケーション(株)、(株)日立製作所、アクセンチュア(株)など。

(4) 生命情報科学研究セミナー

平成13年～17年度の「産総研 生命情報科学人材養成コース」（文科省科振費）の枠組で行っていた毎週2回程度の研究セミナーを年間予算で継続している。セミナーの内容と発表者は研究チーム長1名と数名のセミナー係の研究員が調整、弾力的に運営。所内発表にとどまらず、内外から最先端の話題提供を受けている。平成23年度回数実績47回（講師内訳：当センター所属研究者36名、国内の外部研究者20名、海外の外部研究者6名、1回のセミナーで複数の講師を招へいしている回もある。一部セミナーは、外部資金と共催）。

(5) 生命情報工学研究センター（CBRC）年次研究報告シンポジウムの実施

当センターのバイオインフォマティクス拠点化を目指した活動であり、研究拠点形成に必要な優秀な人材を養成する。実習生や若手研究員の積極的な発表を促すことで、スキルアップを目指す。学会へ参加する機会が少ない企業研究者や学生等にもバイオインフォマティクスを普及させることも目的とする。発表言語は英語、海外の第一線の研究者による招待講演を必ず実施し、世界レベルのディスカッションができる場としている。平成17年度に CBRC2005を初開催。生命情報工学研究センターが発足した平成19年度以降は、他の学会等とも連携して BioInformatics Week in Odaiba (BiWO) 200X (X は年数を表す) という名称でお台場でバイオインフォマティクス関連イベントを集中開催、運営委員長は当センターの研究チーム長クラスの研究員が持ち回りで務めている。平成23年度は、外部からもポスター発表を募集し、多数の発表者が集まっている。平成23年度参加者約470名。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 人材養成、バイオインフォマティクス、創薬インフォマティクス、技術指導、セミナー、講習会、e-ラーニング

④【バイオメディシナル情報研究センター】

(Biomedical Information Research Center)

(存続期間：2008. 4. 1～2013. 3. 31)

研究ユニット長：嶋田 一夫

副研究部門長：上田 太郎、須貝 潤一

研究顧問：五條堀 孝

所在地：臨海副都心センター

人員：13名（13名）

経費：626,866千円（208,231千円）

概要：

バイオメディシナル情報研究センターは、前身の生物情報解析研究センターの成果の上にたち、ポストゲノム研究の中核として、タンパク質や RNA など遺伝子産物の構造と機能を解析し、その機能を制御する物質を提供する一連の創薬基盤技術を開発するために、2008年（平成20年）4月に設立された。

具体的には、ポストゲノムシーケンス研究に重点をおき、わが国が世界に対して優位性を持つヒト完全長 cDNA リソースを用いた疾患関連タンパク質相互作用解析および創薬の標的タンパク質として重要な膜タンパク質などの構造解析を行う。さらにそれらの機能を正や負に制御する化合物を、ラショナルな計算科学やわが国が得意とする微生物産物に求め、医薬、医療、診断薬に繋げる一連の創薬基盤技術を開発する。ヒト完全長 cDNA リソースの活用では、タンパク質発現アレイを用い、自己抗体の解析や効率の良い iPS 細胞化因子などの探索を鋭意取進める。また新たな研究分野として登場した多数の非翻訳 RNA（タンパク質を作らない RNA）についてもその機能解析を行い、創薬の新たなパラダイムを拓く。これらの研究を産業界のニーズを反映させた課題解決型共同研究として産学官の連携を進めてゆく。ヒト全遺伝子のアノテーションつき統合データベースは前述の研究に資するとともに、独自のヒト完全長 cDNA、発現情報・相互作用データなども取り入れ、世界に対し公開し、広くライフサイエンスの振興に寄与する。また、経済産業省関連プロジェクトの統合データベースを作製、公開し、利用に供する。

内部資金：

融合・連携推進予算（戦略予算）「新世代ロボット技術を駆使する超高精度定量プロテオミクス解析」

外部資金：

（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構「創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発」

経済産業省「平成23年度産業技術研究開発（ライフサイエンスデータベースプロジェクト）」

財団法人バイオインダストリー協会「平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業（ヒト iPS 細胞誘導ツールシステムの開発）」

財団法人沖縄科学技術振興センター「知的クラスター形成に向けた研究拠点構築事業 沖縄生物資源の活用促進に向けた研究基盤の構築」

情報・システム研究機構「海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「核初期化機構に関わる新規ヒト遺伝子を用いた新規 iPS 細胞樹立方法の研究」

文部科学省「がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発」

文部科学省「次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤（天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施）」

科学研究費補助金「転移 RNA の硫黄修飾システムの解明」

科学研究費補助金「クロマチンリモデリング制御複合体の構造と機能の解析」

科学研究費補助金「原核生物多剤耐性トランスポーターの構造揺らぎと薬剤排出活性の NMR 解析」

科学研究費補助金「プロテアソームの単粒子解析による構造研究」

科学研究費補助金「核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能」

科学研究費補助金「核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明」

科学研究費補助金「臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究」

科学研究費補助金「ミトコンドリア内膜トランスポーターの立体構造解析と輸送メカニズムの解明」

科学研究費補助金「細胞内構造構築 RNA の作用機序と存

在意義の解明」

発 表：誌上発表56件、口頭発表92件、その他6件

細胞システム制御解析チーム

(Biological Systems Control Team)

研究チーム長：夏目 徹

(臨海副都心センター)

概 要：

創薬の支援と、ケミカルバイオロジーの推進を目的とし、①創薬ターゲット決定の効率化、②化合物の薬理薬効メカニズム解明、及び③化合物スクリーニングの効率化のための基盤技術開発とインフラの整備を行っている。これらを実現する研究内容として、質量分析の超高感度化と高精度化・自動化技術開発を行っている。開発して解析システムを駆使し、タンパク質レベルでの創薬ターゲット決定をするための、大規模でハイスループットなタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施している。また細胞内のプロテオームワイドな絶対定量も実施している。そのために、ヒト完全長 cDNA 発現リソースを整備し、数万個のタンパク質をハイスループットに発現し、定量解析に活用している。これら定量ネットワーク・プロテオーム情報をもとに、製薬企業と共に、化合物の薬理薬効メカニズム解明のための化合物プロファイリングを実施している。また、化合物スクリーニングソースとして、天然物を中心とした30万サンプルにおよぶ世界最大のケミカルライブラリーを集積し運用し、企業・アカデミアが利用できる基盤として整備している。

研究テーマ：テーマ題目 1

機能性 RNA 工学チーム

(Functional RNomics Team)

研究チーム長：廣瀬 哲郎

(臨海副都心センター)

概 要：

ヒトゲノムから産生される蛋白質をコードしないノンコーディング RNA (ncRNA) が有する新しい機能と作用機構の解明を目指して研究を行った。細胞核内構造体パラスペックルの構築能をもつ ncRNA の作用機構解析から、ncRNA がパラスペックルを構成する疾患関連タンパク質の転写活性化能を抑制し、特異的な遺伝子発現制御を行う新規機構を明らかにした。さらに薬剤誘導性のパラスペックル肥大化が、ncRNA の発現促進によって引き起こされること、さらにその肥大化過程で上記機構を介した遺伝子発現制御が実際に行われている事を証明した。この他に独自開発した核内 RNA ノックダウン系を用いて核内 U7 snRNA が、細胞周期の DNA 複製期とそれ以外の時期で2つの相反するヒストン遺伝子制御機能を果たすこと、そ

それぞれの機能に特異的な RNA/DNA 結合タンパク質が関わることを見出した。

この他に、tRNA の機能獲得に必須な RNA 修飾の中で、硫酸化修飾経路について原核生物をモデルとして研究を行った。生合成因子の翻訳後修飾因子としての役割について解析を進めた結果、この翻訳後修飾が生合成反応を制御している可能性が示唆された。

研究テーマ：テーマ題目 2

分子システム情報統合チーム

(Integrated Database and Systems Biology Team)

研究チーム長：今西 規

(臨海副都心センター)

概要：

ヒトの全遺伝子と転写産物に対して各種のバイオインフォマティクス解析を行い、高精度なアノテーション情報を整備して統合データベース H-InvDB にまとめ、一般公開している。今年度は最新の配列データに基づくリリース 8.0 を作成して公開した。ここでは、24万9012件の転写産物に基づく 45,177件のヒト遺伝子モデルを定義している。また、H-InvDB を利用して、疾患候補遺伝子の優先順位付けを行う統計的手法 Prioritization Analysis of Disease Association (PANDA) を開発した。このほか、比較ゲノム研究により、ヒトとチンパンジーのゲノムアラインメント中に5-125塩基の超微小逆位が多数埋もれていることを発見した。さらに、経済産業省統合データベースプロジェクトでは、ポータルサイト MEDALS におけるデータベース閲覧やソフトウェア閲覧を充実させたほか、キーワードによる横断検索サービスの機能拡充を行った。

研究テーマ：テーマ題目 3

タンパク質構造情報解析チーム

(Protein Structural Information Analysis Team)

研究チーム長：光岡 薫

(臨海副都心センター)

概要：

「タンパク質立体構造に指南された創薬戦略 (SGDD:Structure Guided Drug Development)」の実現を目指し、タンパク質の立体構造に基づく創薬標的タンパク質の機能解析および新規薬物の探索を行う基盤技術の開発を行う。膜タンパク質や複合体の構造解明は、生物機能の解明や産業への応用にも重要であるにも関わらず、その困難さ故に非常に遅れている。電子顕微鏡や X 線結晶解析などの手法を用いて、それらの原子レベルの立体構造を解析し、NMR 等によってリガンド-タンパク質、タンパク質間相互作用を高精度かつ効率良く解析する。そのための、大量発現系の構築、構造解析技術の改良を行うとともに、その

分子機能を解析する。それらの情報を用いて、高精度のモデリング技術やシミュレーション技術の開発・改良を行うことで、SGDD の実現を目指す。世界的に見ても特色がある、電子顕微鏡、X 線、NMR、計算機シミュレーションの研究グループが共同することで、学術的にも高い成果を得ることを目指す。

研究テーマ：テーマ題目 4

[テーマ題目 1] タンパク質機能解析に関する研究

[研究代表者] 夏目 徹

(細胞システム制御解析チーム)

[研究担当者] 夏目 徹、五島 直樹、新家 一男、家村 俊一郎 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

ナノテク、ロボティクス、クリーン技術を駆使した、超高感度質量分析システムを構築している。このシステムを駆使し、細胞内のプロテオーム絶対定量とタンパク質間相互作用ネットワーク解析を実施し、疾患関連遺伝子の機能解析を行っている。それにより、疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明するとともに、新規な創薬ターゲットと化合物ターゲットを効率よく決定している。この情報を基に、蛍光イメージング技術を活用し、50,000~100,000サンプル/週のハイスループットで、タンパク質の相互作用を指標とする統一的なスクリーニングプラットフォームを構築し運用している。主に、天然物を中心として化合物ライブラリーから、タンパク質の相互作用を制御する、これまで全く予想する事が出来なかった、新規な化合物を多数発見している。これらの研究を通して、大きな波及効果をもつ、日本独自の新世代の創薬基盤を構築する事を目指している。

今年度は、タンパク質ネットワーク解析の結果から、大手中堅製薬企業3社の4化合物ターゲットを決定した。その結果、二つの化合物が臨床フェーズ研究へとステップアップした。その他に、これまで不可能とされていた、タンパク質相互作用界面を低分子化合物で制御する新戦略も提示した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] タンパク質、プロテオーム、質量分析、ケミカルバイオロジー、完全長 cDNA

[テーマ題目 2] 機能性 RNA に関する研究

[研究代表者] 廣瀬 哲郎 (機能性 RNA 工学チーム)

[研究担当者] 廣瀬 哲郎、佐々木 保典、嶋 直樹 (常勤職員3名、他6名)

[研究内容]

ポストゲノム研究により発見されたノンコーディング RNA (ncRNA) は、ゲノム (DNA) からタンパク質合成を仲介する以外の全く新しい RNA 機能を担っていることが期待されている。そこで ncRNA 群の中から、基本的な生命現象や疾患に関わる重要な機能性 ncRNA を

発見し、その作用機序を明らかにすること、さらには医療技術開発の新しい基盤形成に寄与する事を目的としている。今年度は、これまで同定した重要な ncRNA の機能解明のために、ncRNA による核内構造構築過程とその機能解明、遺伝子発現の細胞周期依存的制御を担う核内構造体 ncRNA の作用機構解析を実施した。

これまでに、独自に開発した核内 RNA ノックダウン法を用いて、細胞核内構造の構築を行う NEAT1 ncRNA と、細胞周期依存的な遺伝子発現制御を行う U7 snRNA の新規機能を発見した。本年度は、NEAT1 ncRNA を中心に構築される核内構造体パラスペックルの作用機序の解析を行った。NEAT1 ncRNA を機能阻害することによってパラスペックルを消失させた細胞の遺伝子発現変動をマイクロアレイ解析し、パラスペックル標的遺伝子を同定した。この標的遺伝子の制御機構解析を多面的に実施し、パラスペックル構成タンパク質が、この標的遺伝子の転写活性化に必須であること、その活性化機能を NEAT1 ncRNA が抑制することを見出した。さらに特定薬剤処理に反応した NEAT1 ncRNA の発現誘導が、パラスペックルの肥大化を引き起こし、それによって標的遺伝子の発現抑制が起こる現象も見出した。NEAT1 ncRNA の発現誘導は、ウイルス感染、加齢、神経変性疾患などにおいて特に顕著であることが知られていることから、上記パラスペックル作用機序を通して条件特異的な生体応答が制御されていることが考えられる。一方、理研との共同で NEAT1 のノックアウトマウスを作成し (J Cell Biol 2011)、ストレスや加齢等の条件特異的な表現型異常を見出した。この他に細胞周期依存的なヒストン遺伝子発現制御を司る U7 snRNA の細胞周期ステージ特異的な2つの機能の詳細な分子機構を解明した (PNAS 2012)。また新たな細胞内構造構築に関わる ncRNA 探索を、当センター保有 FLJ クローンリソースを用いて開始した。このような新規な ncRNA 機能の解明によって、新しい創薬基盤となる産業技術の確立に結びつくことが期待できる。

この他に、好熱菌をモデルとして tRNA の硫黄修飾塩基の生合成系を解析した。生合成因子の1つが好熱菌細胞内で多数の標的タンパク質に結合していること、なかでも他の生合成因子2つを標的としていることをこれまでに明らかにしていた。脱翻訳後修飾酵素を同定し、人為的に生合成タンパク質群の修飾状態を変化させると、硫黄修飾塩基の量も変動した。つまり TtuB 修飾が生合成反応を制御していることが示唆された。これは原核生物における新規なタンパク質機能制御機構であるとともに真核生物ユビキチン系の祖先系であると考えられ興味深い。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】核酸、RNA、遺伝子発現制御、エピジェネティクス、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

【テーマ題目3】統合データベース

【研究代表者】今西 規

(分子システム情報統合チーム)

【研究担当者】今西 規、五條堀 孝、村上 勝彦、武田 淳一、野田 彰子、長井 陽子、羽原 拓哉、遠藤 智宏、山崎 千里、世良 実徳、原 雄一郎、小尾 信男
(常勤職員1名、他11名)

【研究内容】

2004年以来、ヒト全遺伝子と転写産物を対象として高精度なアノテーション情報を格納した統合データベース H-InvDB を更新・公開してきた。H-InvDB のアノテーション項目には、遺伝子構造、選択的スプライシング変異体、機能性 RNA、タンパク質機能、機能ドメイン、細胞内局在、代謝パスウェイ、タンパク質立体構造、疾患との関連、遺伝的多型 (SNPs)、遺伝子発現パターン、分子進化的特徴、タンパク質間相互作用があり、さらに国内外の各種データベースへのリンクも提供している。転写産物に基づくアノテーションであることが特徴であり、RefSeq や Ensembl などの海外のデータベースとは内容が一部異なっている。

およそ1年をかけて、最新のヒトの転写産物の配列データに対して大規模な計算機解析を行うことにより、H-InvDB の全データを更新したリリース8.0を公開した。このリリースは、24万9012件の転写産物に基づく45,177件のヒト遺伝子モデルを定義している。選択的スプライシング変異体を区別するとヒトの転写産物は91,827件に分類できた。機能を記述できたヒト遺伝子は22,699件であり、それ以外は機能未知のヒト遺伝子候補である。

H-InvDB は豊富な情報を統合化しているため、ヒトの遺伝子に関する百科事典的な利用ができるだけでなく、疾患原因遺伝子などの新規発見をめざす探索空間としての利用価値がある。また、遺伝子の集合に共通な特徴を発見するための解析ツールの開発にも尽力しており、データマイニングのための情報資源としても利用価値がある。なお、データベースの利用促進をはかるための講習会を、産総研臨海副都心センターや関西センターなどで合計4回開催した。

さらに本年度は、H-InvDB 構築用の遺伝子アノテーション技術を提供することにより、筑波大や北大等との共同研究で、発生学研究の有用なモデル生物であるカタユウレイボヤ *Ciona intestinalis* の全タンパク質の統合データベースを構築した。ここでは、初期発生における遺伝子発現パターンや細胞内局在などの豊富な測定データとともに、バイオインフォマティクスによる各種解析結果を一般公開した。

また、疾患候補遺伝子の優先順位付けを行う統計的手法 Prioritization Analysis of Disease Association (PANDA) を開発した。これは、ヒトの全遺伝子を H-InvDB のアノテーションによって多次元空間上に配

置し、マハラノビス距離を使って、既知の疾患関連遺伝子群により近い位置にある新規遺伝子を探すツールである (Taniya et al., Genomics, 2012)。このほか、逆位検出のための独自の比較ゲノム解析手法を開発し、ヒトゲノム配列中に5から125塩基の非常に短い逆位が多数存在することを発見した (Hara and Imanishi, BMC Evol. Biol, 2011)。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオインフォマティクス、統合データベース、H-InvDB

【テーマ題目4】生体高分子立体構造情報解析に関する研究

【研究代表者】光岡 薫

(タンパク質構造情報解析チーム)

【研究担当者】嶋田 一夫、中村 春木、光岡 薫、藤吉 好則、三尾 和弘、竹内 恒、千田 俊哉、福西 快文

(常勤職員8名)

【研究内容】

タンパク質立体構造に指南された創薬戦略の実現を目指し、創薬の標的として今後より重要と考えられる膜タンパク質や複合体について、その構造解析技術を改良するとともに、相互作用情報が得られる技術を開発し、それらを有効に利用できる計算機シミュレーション技術を確立する。そのため、構造解析技術としては、極低温電子顕微鏡や X 線結晶構造解析を利用するとともに、相互作用解析などに NMR を活用する。そして、計算機シミュレーションでは、開発された技術が応用されるように、ソフトウェアなどを公開する。

電子顕微鏡を用いた研究では、電子線結晶解析でデータが得られない領域からの影響を軽減するアルゴリズムを開発した。また、単粒子解析を用いて、シグナル伝達や C 型肝炎ウイルスの感染に重要な機能を持つ Signal peptide peptidase (SPP) の構造解析を行った。これは、9回膜貫通型の膜タンパク質であり、4量体を構成して細胞膜内部の疎水的環境下で基質を切断する。さらに本酵素はアルツハイマー病発症に関与する γ -セクレターゼの活性本体であるプレセニンとも相同性が高く、構造情報が待たれている。我々は SPP の3次元構造を、負染色画像を用いて明らかにした。筋小胞体膜上に存在する、新規に発見されたイオンチャネル MG23の構造と機能も解析した。MG23は1価陽イオンを透過させる機能を持ち、その3次元構造を電子顕微鏡単粒子解析法で解析したところ、広いボール型の構造であることが明らかになった。

X 線結晶構造解析を用いた研究では、ピロリ菌由来の胃がんの原因タンパク質である CagA の X 線結晶構造解析に成功した。本タンパク質の結晶は極めて質が悪く、何も処理をしなければ10Å 程度の回折点しか与え

ないものであったが、結晶の凍結条件を詳細に検討し2-3つの抗凍結剤を順次用いるという独自の手法を開発し、変異体を用いた分子モデル構築の支援法を併用することで、3.3Å 分解能で結晶構造を得ることに成功した。その結果、CagA の膜局在の分子機構や、C 末端領域の天然変性領域と N 末領域の構造領域の相互作用がよる CagA の活性調節機構などを、結晶構造に基づいた生化学的、生物学的解析から明らかにすることができた。また、老化マーカータンパク質であるヒト及びマウス由来の SMP30の結晶構造を決定した。本タンパク質には金属イオンが含まれ、これは主にカルシウムであることが示唆された。また、基質類似体との複合体構造も決定した。

NMR を用いた研究では、タンパク質が薬物を認識する基盤の機構の解明を目指し、多剤耐性転写制御因子 LmrR の構造・運動性解析に着手した。LmrR の認識する複数の薬物との相互作用解析を行った結果、LmrR の基質結合部位は薬物非存在下で構造的な多型を示す一方、薬物が結合すると、1型に安定化されることが明らかとなった。また創薬ターゲットとなるような高分子量蛋白質複合体を立体構造的に解析するための新たな試料調製法の開発を行い、アミノ酸前駆体であるピルビン酸を用いる “ ^{13}C - ^{12}C 交互標識法” を重水素化条件で行うことに成功した。このことにより、本手法を40K 以上の高分子量のタンパク質に適用することが可能となった。また、細胞内のシグナル伝達を制御し、代謝や癌化との関連が指摘されるイノシトールリン脂質キナーゼ (PIPK) の立体構造解析を、NMR および X 線結晶構造解析を組み合わせることで遂行し、立体構造決定および基質認識機構の解明を行った。その結果、本酵素に特有の基質認識機構を見出し、これを使用した特異的阻害剤の探索を計算機シミュレーションにより着手することができた。

計算機シミュレーションを利用した研究では、今までに、化合物データベース、蛋白質-化合物ドッキングソフト、薬物スクリーニングソフトを開発してきたが、膜タンパク質はモデリングの困難さから、容易に扱うことができず、既知活性化合物を基にしたスクリーニング手法は、もっぱら有機低分子を対象が限られていた。生理活性ペプチドはゲノム遺伝子配列から見出せるが、分解性が高く薬にはほとんどなりえない。そのためペプチドと同等の活性をもつ有機低分子で置き換えること (ペプチドミメティクス) が必須だが、ペプチドミメティクスは極めて困難な技術である。生理活性ペプチドから非ペプチドの阻害剤を取得するためのコンピュータによる薬物探索 (インシリコ・ペプチドミメティクス) の一般的技術を開発し、内在性 μ -オピオイドの一種であるペプチド分子 (EM-1) をモデルとした実証研究を行い、高い活性を持つ新たな非ペプチドのリード化合物5化合物を取得することに成功した。この手法は、高精度の蛋

白質のモデリング手法と生理活性ペプチドの有機低分子への置換技術よりなり、他の多くのペプチドに対し、創薬技術として応用が可能である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 低温電子顕微鏡、核磁気共鳴装置 (NMR)、X線結晶解析、計算科学、構造解析、構造生物学

⑤【幹細胞工学研究センター】

(Research Center for Stem Cell Engineering)

(存続期間：2010. 4. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：浅島 誠

副研究センター長：中西 真人、鈴木 理

所在地：つくば中央第4、つくば中央第5

人員：15名 (15名)

経費：200,123千円 (93,119千円)

概要：

臓器の恒常性は、臓器形成素過程の絶え間ない繰返しにより維持されている。癌や生活習慣病などの慢性臓器疾患は、各臓器の形成素過程に関わる臓器特異的幹細胞の正常な増殖・分化プロセスからの逸脱に起因するものと考えられる。我々は発生システムの階層構造の理論的理解を深めるために、臓器形成 (Organogenesis) の制御に関わるゲノム・プロテオームの挙動を統合的に解析するオーガノミクス (Organomics) という新しい研究概念を提唱し、新しい発生学の展開を目指している。特に本研究センターでは、臓器や器官を形作る幹細胞に注目し、幹細胞の高効率な樹立、幹細胞の性質の的確な評価、幹細胞の選択的な分化制御についての技術開発に加えて、幹細胞の医薬品開発のスクリーニング系や再生医療への応用を目指した研究を進めている。幹細胞を効果的に利用するための情報基盤として、モデル生物を駆使して臓器形成を制御するメカニズムを体系化し、新しい発生学研究領域を開拓するとともに、臓器・器官形成系をより高品質化することによって創薬や再生医療への応用を図る取り組みを行っている。更に、臓器ロードマップ作成によって得られた知見を元に、癌や生活習慣病などの新しい予防法への応用も検討している。具体的には、以下の4つの大きなテーマを中心とし、さらにその周辺技術開発を行うことにより、将来の創薬や再生医療に貢献しうる研究を行う。

- ① マイクロアレイ解析及びプロテオミクス解析などを行うことにより、マウス、あるいはツメガエルの未分化細胞を用いて心臓、膵臓、血管、消化管、目や耳、脳などの神経器官の誘導・分化に関与する遺伝子・因子を同定する。個々の遺伝子の機能解析を

行うとともに得られた情報を集積することにより、それぞれの器官・臓器について分化ロードマップを作成する。また、疾患臓器のプロファイルと比較することで臓器別疾患発病因子を検索し、疾患の早期発見、予防方法を考案する。さらに、3D クリノスタットを用いて微小重力条件下での臓器培養法の確立も試みている。また、疾患モデルマウスを利用して試験管内で形成した臓器の移植などを行い、疾病改善、治療の応用へと発展させる。

- ② ①で得られた研究結果を具体的に医療応用に結びつけるためには、患者本人の幹細胞を臓器再生に用いることが求められる。そこで、成体の体細胞から幹細胞を効率的に樹立または単離する研究や、幹細胞の未分化性維持の分子機構に関する解析研究を行う。具体的には、ゲノムに組み込まれない安全な「持続発現型 RNA ベクター」を利用して幹細胞樹立方法の技術開発を行う。また、プロテオミクス解析やマイクロアレイ解析によって未分化状態特異的に発現する制御因子を検索すると共に、細胞表面膜タンパク質についても解析を行い、幹細胞を未分化に保つ候補因子を同定し幹細胞の未分化性維持機構を解明する。さらに、分化能の高い幹細胞を選別するのに有効な細胞表面マーカーの検索も行い、良質の幹細胞の調製を容易にし、誘導臓器の再生医療への応用を図る。
- ③ 再生医療実用化の鍵として ES 細胞に代わり期待されているヒト iPS 細胞であるが、実際の所 iPS 細胞の性質は多様で、一体どのような iPS 細胞が実用可能な幹細胞なのか不明である。創薬応用や臨床試験に耐えうる iPS 細胞とはどういう幹細胞かを明確に規定し、幹細胞の測定法を確立して iPS 細胞を標準化することを目指す。本研究は NEDO 受託研究 (iPS 細胞等幹細胞産業応用促進基盤技術開発 iPS 細胞等幹細胞の選別・評価・製造技術等の開発) として行う。また、同様に既に一部で臨床応用が始まっている間葉系幹細胞についても、その性質は十分解析されない。ヒト間葉系幹細胞についてもその的確な評価方法を開発することを目指す。
- ④ 上記③で幹細胞の的確な評価選別技術が開発された後にそれを創薬に応用するためには、幹細胞に適した効率的なリード化合物のスクリーニング系が必要となる。そこで、流動状態、物質移動や温度制御を厳密にコントロールするシステムを構築し、マイクロプロセスで培養環境を精密に制御できる細胞チップの開発とその周辺技術の整備を進め、幹細胞を利用した創薬基盤技術を開発に貢献する。

外部資金：

民間受託研究 「疾患バイオマーカーの探索とプロファイル診断システムの研究開発」

独立行政法人科学技術振興機構 受託研究費 「戦略的創造研究推進事業(さきがけ)／リプログラミングを制御するクロマチン因子の作用機序の解明」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 A) 「両生類臓器発生ロードマップを応用した哺乳類臓器再生法」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「成体の神経幹細胞からの神経新生を助ける栄養因子と神経疾患との関わり」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「脊椎動物心臓形成時におけるヒアルロン酸依存的シグナル経路の解明」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 B) 「特異的前駆細胞移植による肺再生法の構築」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C) 「膜タンパク質の再構成マトリックス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「脊椎動物の臓器形成におけるグライコム解析」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 A) 「低強度運動が認知機能を増強する分子基盤の解明：新たな運動処方の開発を目指して」

独立行政法人 医薬基盤研究所受託研究費 「持続発現型 RNA ベクターやトランスジェニック植物を利用した革新的バイオ医薬品製造技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金(基盤 C) 「有害重金属輸送膜タンパク質のセンサ素子としての利用に関する基盤的研究」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「マイクロfluidicsを利用した次世代型細胞アッセイチップの開発」

文部科学省 科学研究費補助金(若手 B) 「細胞培養のための微小環境を有する細胞増殖試験マイクロチップの開発」

財団助成金 「幹細胞を利用した呼吸器再生技術の開発」

財団助成金 「脳海馬の神経細胞の多様性形成機構の解析—うつ病とグリア産生因子の関わり—」

財団助成金 「心臓形成遺伝子の網羅的スクリーニング及び人工心筋評価アレイの開発」

発表：誌上発表18件、口頭発表44件、その他4件

幹細胞制御研究チーム

(Stem Cell Differentiation Research Team)

研究チーム長：栗崎 晃

(つくば中央第4)

概要：

近年 iPS 細胞作成技術が発明され、患者自身の細胞を用いた再生医療の実用化が大きく期待されているが、現実には作成された iPS 細胞の分化能などの性質はかなり不均一であり、また目的細胞へと分化させた後に成体に移植しても予期せずガン化するという問題も十分な解決策が得られていない。そこで幹細胞制御研究チームでは、効率的な幹細胞分化促進技術を開発するとともに、細胞表面マーカー等を利用した幹細胞操作技術を開発することにより、実用可能な分化細胞を作成する基盤技術の開発を目的として研究を行っている。また、心筋特異的に分化しやすい間葉系幹細胞を選別するための細胞表面マーカーを利用して、生体組織から心疾患に治療効果の高い幹細胞を選別する技術の開発も進めている。

さらに、後述の器官発生研究チームが進めている臓器形成ロードマップ因子をマウスやヒト幹細胞で活用することにより、幹細胞の効率的な分化制御技術開発を進めるとともに、その制御機構の解明も進める。また、産総研のもつバイオリソースを活用して幹細胞を分化制御する新たな基盤技術の開拓を進める。さらに、成体に極わずかに存在する幹細胞を活性化させる手法についても検討し、新たな再生医療技術の開発も進める。これらの幹細胞分化制御技術や選別技術を開発することにより、毒性試験等の創薬に利用できるヒト分化細胞や実用的な再生医療に必要な細胞分化制御を可能にする基盤技術を開発する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5

器官発生研究チーム

(Organ Development Research Team)

研究チーム長：伊藤 弓弦

(つくば中央第4)

概要：

再生医療を現実のものとするためには、必要とする細胞を「正確に」「大量に」作り出すことが必要とされる。そのためには、発生期に種々の臓器が形作られた仕組みを知り、その方法を応用することが重要と考えられる。そこで、ヒトと同様に臓器形成するアフリカツメガエルを実験動物として、様々な臓器を誘導し、

その系を用いて、各種臓器が形成する際に必要な遺伝子を網羅的にスクリーニングする。こうして得られた知見から、ヒトと共通の臓器作りのレシピである「臓器形成ロードマップ」を作成する。

一方、ヒト iPS 細胞は再生医療材料として注目を集めている。しかしながら、ドナー細胞の由来組織の違い、用いる誘導方法によっても得られる iPS 細胞の性質が異なることが指摘されており、iPS 細胞の規格が明確に示されていない。そこで我々は、ヒト iPS 細胞を適切に産業応用へと導くために、まず多くの細胞株の性状に関連する基礎データを網羅的に収集し、各種 iPS 細胞株の分類・カタログ化を目指す。その上で、それぞれのカテゴリーを特徴づける性状データを整理し、『iPS 細胞の規格化 (=標準化)』を目指す。

また、臓器形成メカニズム解明の派生研究として、宇宙環境における腎臓形成メカニズムの解明を目的に研究を進めている。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 4、テーマ項目 5

バイオセラピューティック研究チーム (Biotherapeutic Research Team)

研究チーム長：中西 真人

(つくば中央第4)

概 要：

再生医療・遺伝子治療・難治性疾患治療用のバイオ医薬品の開発など、先端医療の分野では遺伝子を動物細胞（ヒト細胞を含む）に導入して発現させる技術が欠かせない。その中でも、外来遺伝子を長期にわたって持続的に発現させる技術は重要な鍵となっている。これまで、動物細胞で外来遺伝子を持続的に発現させるためには、レトロウイルスベクターなどの挿入型ウイルスベクターや物理的遺伝子導入を使って、染色体に外来遺伝子を組み込んで安定化する必要があった。しかし染色体への外来遺伝子の挿入は、染色体上の遺伝子の破壊や挿入された遺伝子が再活性化により細胞のガン化を招くことが知られている。またバイオ医薬品の生産に当たっては、導入した遺伝子の発現量を最大にするために、いったん染色体に挿入した遺伝子のコピー数を増幅するという労力のかかる方法を取らざるを得なかった。

我々が開発したオリジナル技術「持続発現型 RNA ベクター」は、染色体には挿入されない RNA 分子を転写の鋳型として、細胞質で長期間（180日以上）にわたって外来遺伝子の発現を持続できる、従来の常識を覆した世界で唯一の遺伝子導入・発現系である。この遺伝子発現系は、細胞に対する障害性を持たない特殊なセンダイウイルス変異株 Cl.151株をベースに、大きなゲノムの改変を行って開発されたもので、ウイルス感染初期のサイトカイン誘導を回避して長期持続

性を実現しているのが大きな特徴である。以下の研究課題では、この技術の特徴を活かして、先端医療の実用化に貢献できる新しい技術の開発を目指した。

研究テーマ：テーマ項目 6、テーマ項目 7

医薬品アッセイデバイスチーム (Drug Assay Device Team)

研究チーム長：金森 敏幸

(つくば中央第5)

概 要：

医薬品開発に要する費用の高騰が問題視されて久しい。この問題を解決するために、リード化合物のスクリーニングの効率化、迅速化が極めて重要である。既にこの目的でヒト細胞を用いたスクリーニングが行われているものの、動物実験や臨床治験といった川下における評価結果と必ずしも対応せず、信頼性に欠けているのが現状である。その原因としては、スクリーニングに用いる細胞の標準化がなされていないことと、用いられている細胞が体内における機能を発現していないことによると考えられる。

そこで我々は、ES 細胞や iPS 細胞から誘導される標準化細胞により、リード化合物のスクリーニングを効率的に行う技術を開発している。培養細胞の機能を体内に近づけるためには、培養環境を精密に制御し、より体内環境に近づけることが重要である。そこで、流動状態、物質移動および温度制御をマイクロメートルレベルで制御が容易なマイクロプロセスにおいて細胞を取り扱うことが可能な、細胞チップの開発に注力している。マイクロプロセスはチップ上に様々な機能を集積することができるため、医薬品探索において必要不可欠であるハイスループット化が容易であることも利点ある。

研究テーマ：テーマ項目 8、テーマ項目 9、テーマ項目 10、テーマ項目11、テーマ項目12、テーマ項目13

[テーマ項目 1] 臓器ロードマップを構成する新規分子の探索と機能解析

[研究代表者] 伊藤 弓弦

[研究担当者] 伊藤 弓弦、栗崎 晃、山岸 正裕、小沼 泰子、原本 悦和、三輪田 恭子、中島 由郎、小川 朝子、大嶋 友美
(常勤職員6名、他3名)

[研究内容]

「カエル及びマウスの未分化細胞を用いた各種臓器誘導系」と「マイクロアレイやプロテオミクスの技術」を組み合わせることで、心臓・脾臓・腎臓・神経・感覚器など様々な臓器・器官への分化に関わる遺伝子を網羅的に同定・検証することで、臓器別ロードマップ、すなわち、未分化細胞からどの時期にどの遺伝子が発現す

ることによって臓器の分化が達成されるか、その道筋が全て記述されたロードマップを構築する。

また、作製されたロードマップ上の遺伝子が特定臓器疾患と関連するかどうかについてバイオインフォマティクス的手法を用い、ロードマップ上のどのような遺伝子が臓器特異的疾患マーカーとして利用可能かを探索する。さらに、データベース上で疾患との関連が示唆されたものについては実際に遺伝子・タンパクレベルで検証し、新しい疾患予防法への応用を図る。平成22年度は、特に興味深い知見が数多く明らかになってきた心血管系に関する解析を深め、可能な限り臓器発生のロードマップの構築を進める。

① 心血管系の臓器分化ロードマップ作成

カエルを利用した心臓形成のモデル実験系を活用し、引き続き新規心臓形成関連遺伝子の解析を続けている。(1)ヒアルロン酸マトリクスによって心臓原基に発現誘導される因子を約100種同定し、それらの機能解析を進めつつある。スクリーニングの際に、既に新規の心臓領域に発現する遺伝子ばかりでなく、その周辺にある肝臓・血管・造血組織に発現する新規遺伝子も多数見つかってきている。肝臓・血管・造血組織は先行研究により心臓形成との深い関連が示唆はされていたが、その実体に関しては不明な点が多かった。よって今後は、心臓形成をより生体内での現象に近い形で理解できるようになる事が期待される。また同時に、肝臓・血管・血球のロードマップ作成も進むことが期待される。(2)心臓原基誘導時において機能していると思われる新規因子も4つ同定し、過剰発現実験により心臓原基誘導能を持つことを確認しつつある。また、(1)、(2)の研究成果を、哺乳類のESもしくはiPS細胞を用いた心筋誘導系に応用していくことも視野に入れている。

② 膵臓・腎臓・呼吸器・消化管の臓器分化ロードマップ作成

膵臓に関しては、昨年までに開発した「マウスES細胞から胚様体を形成後、アクチビンと高濃度もしくは低濃度のレチノイン酸で処理する」という膵臓α細胞もしくはβ細胞誘導系を、さらに高精度なものにすることを試みた。その上で新規膵臓分化特異的遺伝子を、マイクロアレイを用いて探索する予定である。

腎臓に関しては、ツメガエルの遠位尿細管由来の細胞株(A6細胞)を用いて微小重力条件下での培養法の確立を試みている。これまで、3次元的な構造を作り上げる際の重力の影響は報告されつつも制御できていなかった。そこで、地上での3Dクリノスタットを用いての模擬実験、JAXA、NASAの協力の下、国際宇宙ステーションでの培養実験を通じて、その基盤技術の開発を行っている。

呼吸器については、これまでマウスES細胞から胚様体を形成させて気管支繊毛細胞を作成する方法を開

発していたが、最近、種類の異なる2種類の繊毛細胞を分化誘導しうることを見出した。いずれの繊毛細胞もBMP添加により阻害されるが、Smad6やSmad7の発現誘導により選択的に繊毛形成を制御できることを発見した(NishimuraらBBRC2010)。また、気管支繊毛細胞の分化制御に関与する因子の機能解析を進めることで、機能的な繊毛細胞を作り出す分子基盤の解明を行っている。

一方、消化管のロードマップについては、消化管形成時のマウス胎児胚を用いたマイクロアレイ解析により、形態形成時の胃の前駆細胞特異的な細胞表面マーカーの同定にも成功した(NoguchiらGene Expression Patterns2012)。これらの細胞表面マーカーは内胚葉に由来する様々な細胞集団を作り分ける際の選別技術の開発にも役立つと考えられる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】初期発生、器官形成、再生医療

【テーマ題目2】未分化細胞の維持と分化のメカニズム解明

【研究代表者】栗崎 晃

【研究担当者】栗崎 晃、石嶺 久子、渡邊 加奈子、中島 由郎、Houda Zrelli
(常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

臓器ロードマップ作成の次の展開には、臓器再生が挙げられる。その際問題となるのは、実際に医療に応用可能な幹細胞の調製である。2007年11月、マウスの幹細胞化法を応用することでヒトiPS細胞の樹立が可能であることが示されたが、実際の実用化にはまだいくつもの解決すべき問題が残されている。この観点から考えると、組織性幹細胞を効率的に調製し必要な組織に分化させて医療に用いる方が安全面からは現実的であるとの見方もある。いずれの場合でも、幹細胞の未分化性制御技術や効率のよい幹細胞調製技術が非常に重要となる。特に組織からの幹細胞の調製やiPS化された細胞の選別には、幹細胞のよいマーカーの同定が必要である。本研究課題では、幹細胞特異的に発現するマーカー検索と、幹細胞の未分化性を制御する新規遺伝子の探索、及びその機能解析を進める。具体的には、マウスES細胞のプロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現するクロマチン制御因子について、安定発現マウスES細胞株を樹立しその幹細胞制御活性を詳細に解析し作用機序を明らかにする。また、細胞表面膜タンパク質を特異的に精製し濃縮した膜タンパク質についても解析を行い、未分化制御活性をもつ細胞膜タンパク質候補因子や新たな幹細胞表面マーカーを同定していく。

これまでの解析から、プロテオミクス解析により同定した幹細胞特異的に発現する2つのクロマチン制御因子について、幹細胞の未分化状態維持促進活性があること

を見出している。第1の因子 TIF1 β については C 末付近のセリンのリン酸化により活性が制御されており、リン酸化特異的抗体で免疫蛍光染色したところ、主に活性化クロマチンに局在していることが確認され、多くの未分化マーカーの発現を誘導することをリアルタイム RT-PCR で確認した。TIF1 β はマウス初期胚の着床前の内部細胞塊で特異的にリン酸化されており、本因子をノックダウンするとマウス ES 細胞は LIF 存在下でも分化してしまうなど、未分化状態の維持に必須であることが示された。また、クロマチンリモデリング複合体と協調して作用し、iPS 細胞作成時の性質を向上させるなどの作用があることを見出し報告した (Seki, Kurisaki ら PNAS 2010)。また、第2の因子として高度に精製したクロマチン画分のプロテオミクス解析から、未分化維持活性のある因子を同定した。この因子は体細胞の iPS 化を促進する活性を持っていることを見出しており、現在その作用機構について解析を行っている。細胞表面膜タンパク質についても、効率的に定量比較できるデファレンシャルプロテオミクス解析法を確立して、数十個の新規幹細胞表面タンパク質を同定し、主なものについてウエスタンブロッティングや免疫蛍光染色により検証を行い Proteomics 誌で報告した。これらはヒト (患者) の体細胞から幹細胞を樹立するときの重要な表面マーカー候補となるだけでなく、分化誘導後の未分化な幹細胞の混入による癌化を防止するための表面マーカーの重要な候補となりうる因子群といえる。現在、これらの細胞表面マーカーの中から癌化の問題を解決しうる有用な細胞表面マーカーを検証中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幹細胞、器官形成、再生医療

【テーマ題目3】 間葉系幹細胞からの心筋組織誘導のためのマーカー分子探索

【研究代表者】 栗崎 晃

【研究担当者】 栗崎 晃、石嶺 久子、山川 哲生
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

ヒト組織には、骨髄由来の造血幹細胞や間葉系幹細胞、脂肪組織由来の幹細胞など、様々な組織に組織幹細胞が存在する。しかしながら、これら組織から取り出した幹細胞を含む集団は種々雑多な細胞が混在する不均一な細胞集団であり、幹細胞を用いた再生医療を効果的かつ安全に遂行するためには、細胞品質を検証する重要性が指摘されている。現在間葉系幹細胞として用いられている接着性の細胞集団の中には、分化能が異なる様々な幹細胞・前駆細胞が含まれると考えられており、個々の治療に適した細胞種の選択を可能とする評価技術が望まれている。このような幹細胞集団の細胞品質を検証するひとつの方法として細胞表面マーカーの使用が考えられている。特定の組織への分化能が高い幹細胞の規定に利用で

きる細胞表面マーカーがあれば、それを利用して様々なロットの間葉系幹細胞の細胞品質を評価することができる。例えば、心再生に適した間葉系幹細胞、肝細胞分化能の高い間葉系幹細胞、 β 細胞への分化能が高い間葉系幹細胞など、移植部位に適した均一な間葉系幹細胞集団かどうかを適切に評価することができれば、幹細胞治療効果を最大限に引き出し、安定した治療結果へと結びつけることが可能になる。

そこで、心再生に関連する幹細胞や前駆細胞を規定できる細胞表面マーカーを利用してヒト間葉系幹細胞の分化能を評価する方法の有効性を検証する。最近、我々は ES 細胞を用いた心筋分化法を開発し、その分化過程で細胞表面マーカーを利用して心筋特異的に分化する幹細胞や前駆細胞を選別する方法を見出した。これらのマーカータンパク質を間葉系幹細胞に応用し、心再生に適した評価技術の開発研究を検討中である。これまでのところ、発生期の心臓で特異的に発現する表面マーカーに着目して、間葉系幹細胞における発現量とその心筋分化能と相関を検討した結果、ヒト間葉系幹細胞の心筋分化能を予言的に評価しうる新たな細胞表面マーカーを見出した。さらに、この表面マーカーでヒト間葉系幹細胞を得ることに成功した。本研究成果については現在論文投稿中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 幹細胞、再生医療

【テーマ題目4】 ヒト幹細胞の標準化

【研究代表者】 伊藤 弓弦

【研究担当者】 栗崎 晃、伊藤 弓弦、小沼 泰子、
相木 泰彦、樋口 久美子、舒 宇静、
向 瑞 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

iPS 細胞等の幹細胞の産業応用を実現していく上では、iPS 細胞の未分化状態を統一的に評価・判別するための標準規格の作成が必要とされている。iPS 細胞は株に依存してその未分化状態や分化指向性に差があることが知られているが、数多くの iPS 細胞株に関するエピゲノム、トランスクリプトーム、グライコーム等を明らかにし、各ファクターの情報統合することにより、iPS 細胞の未分化状態を正確に規定するための基準を抽出することが可能になる。これは、今後 iPS 細胞等幹細胞の応用技術を開発する上で必須となる「幹細胞の標準化」に直結する極めて重要なアプローチである。また、iPS 細胞を分化させた際に発現する蛋白質や糖鎖プロファイルを探査・解析することにより、細胞分化状態の評価判別だけでなく細胞種の単離にも利用可能な細胞表面マーカーを同定することができると期待される。さらに上記2種のデータを統合し、「未分化状態の iPS 細胞の発現プロファイル」と「それらが持つ分化指向性」を対応づけることにより、ニーズごとに対応した iPS 細胞株標準

規格を作成することを目指す。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 幹細胞、再生医療

〔テーマ題目5〕 成体の組織幹細胞の制御機構の解析と自己組織幹細胞を用いた再生医療法の開発

〔研究代表者〕 桑原 知子（幹細胞工学研究センター）

〔研究担当者〕 桑原 知子、伊藤 弓弦、小沼 泰子、寺島 和行（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

成体の脳内には日々分裂し、神経新生を起こしている神経幹細胞が存在する。近年の研究から、「成体期」の神経新生は、発生段階の「胎生期」とは全く違った制御機構であることが徐々に明らかになってきた。成体の海馬で生じる神経新生現象は、記憶や学習機能、またうつ病、認知症やアルツハイマー等の神経疾患とも密接な関係がある。

うつ病など個人の状態（慢性ストレスや経験、環境による変化）で罹患および病態が左右するような脳神経疾患と、成体の神経新生の分子メカニズムの相関を調べるため、健常体コントロールグループのラットと、鬱病モデルグループのラットを作成した。それぞれの海馬から成体神経幹細胞を樹立し、培養システムを構築した。まず *in vitro* でうつ病および神経疾患関連遺伝子の発現プロファイルを詳細に調べ、候補遺伝子の制御機構への関与解明に解析を進めた。さらに、病態を左右する候補遺伝子の発現量の増減が、転写レベルで左右されているのか、エピジェネティックに制御されているのかを調べるため、ゲノム上の制御配列（プロモーター領域）のクロマチン免疫沈降やメチル化状態の比較を検討した。

その結果、うつ病ラットと正常体ラット間の比較発現解析により、ラットの脳海馬の Dentate Gyrus 領域から樹立したプライマリー・アストロサイト細胞培養系において、神経新生を誘導する細胞外因子 Wnt3 の顕著な発現変動を確認した。疾患による Wnt3 因子の発現減少に伴って変動するシグナル下流因子を絞り込み、候補遺伝子のシグナル応答について、ノックダウンおよび過剰発現系を構築し、培養細胞系だけでなく *in vivo* での効果に付いても評価を行い、成体の神経新生に与える影響を評価した。

更に組織幹細胞については、マウスおよびラット成体膵臓組織から膵臓幹細胞を樹立し、その培養系を確立することで、 α 細胞、 β 細胞、 δ 細胞、 γ 細胞への *in vivo*、*in vitro* 制御機構の解析を進めた。脳内海馬、嗅球、膵臓、眼球、筋肉等、様々な部位から樹立した成体の組織幹細胞の発現制御機構についてマイクロアレイ等を用いて比較解析し、それぞれの系統の組織幹細胞の樹立・培養や分化制御に有用な遺伝子および細胞外因子の機能を解析している。具体例として、I 型および II 型糖

尿病の早期治療や診断、再生医療に有用な組織幹細胞の培養方法を開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経疾患、うつ病、幹細胞、糖尿病、再生医療

〔テーマ題目6〕 安全性の高いヒト人工多能性幹細胞（iPS 細胞）樹立法の開発

〔研究代表者〕 中西 真人

〔研究担当者〕 中西 真人、佐野 将之、本村 香織、大高 真奈美、高安 聡子（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

iPS 細胞は、数個の初期化遺伝子を異所的に発現させることにより、皮膚の線維芽細胞など初期化して作製した胚性幹細胞（ES 細胞）と同等の機能を持つ細胞である。しかし、従来の iPS 細胞は、染色体上に初期化遺伝子が残っているため安全性の懸念があった。本研究では、4個のヒト遺伝子（Oct4、Sox2、Klf4、c-Myc）を搭載した持続発現型 RNA ベクター SeVdp-iPS を使って細胞内に初期化遺伝子を残さずに行うマウスやヒトの組織細胞の初期化についてその詳細を解析した。

本年度は、ヒト末梢血に含まれる白血球の一種、単球を素材として iPS 細胞の樹立を検討した。単球は、リンパ球と違って抗体遺伝子や T 細胞レセプター遺伝子の再構成が起こっていないため、線維芽細胞と同様に受精卵と同じゲノムを持つ。そのため、造血幹細胞に分化できる可能性がある他、リンパ球由来 iPS 細胞よりも安全性が高いと考えられる。一方、単球は *in vitro* で増殖しないため、iPS 細胞を作ることはできないとされていた。SeVdp-iPS を CD14 陽性ヒト末梢血単球に感染させたところ、線維芽細胞と同等の効率で、ES 細胞特異的なマーカーとして知られている Nanog や TRA-1-60 抗原を強く発現する iPS 細胞を樹立することができた。この細胞では抗体遺伝子や T 細胞レセプター遺伝子の再構成が起こっていないことから、単球由来であることを確認した。また、質の良い iPS 細胞を樹立するためには、初期化因子の発現バランスが重要であることを明らかにした。

末梢血からの iPS 細胞の樹立は、組織を提供する患者の負担を軽減する非常に重要な進歩であり、現在、さらに多くの外来遺伝子を搭載し単球の初期化効率を大幅に改善できる SeVdp-iPS ベクターの開発を進めている。以上の成果は、安全性の高いヒト iPS 細胞の作製に向けた大きな一歩であり、今後は作製した iPS 細胞のさらに詳細な解析を通じて、ヒト iPS 細胞技術の標準化に貢献することを目指している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 iPS 細胞、ウイルスベクター

〔テーマ題目7〕革新的バイオ医薬品製造技術の開発

〔研究代表者〕中西 真人

〔研究担当者〕中西 真人、佐野 将之、本村 香織
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

バイオ医薬品の多くは動物細胞で産生されるが、高い遺伝子発現を得るために染色体に組み込まれた遺伝子のコピー数を増幅する段階が非常に時間と労力を要すること、抗体のように複数のサブユニットからなるタンパク質は、それらを同時に増幅することが困難であること等が問題点としてあげられている。さらに遺伝子増幅が可能な細胞はハムスターCHO 由来細胞にほぼ限られている。

産総研が開発したオリジナル技術「欠損・持続発現型センダイウイルスベクター (SeVdp)」は、遺伝子増幅することなく最初から非常に高い遺伝子発現が持続すること、幅広い動物種由来の細胞で同等の遺伝子発現が可能であることなど、多くの利点を有している。

本年度は、任意の cDNA を簡単に搭載する新型 SeVdp を使ってヒト抗体の発現に取り組んだ。抗体の H 鎖と L 鎖を同時に搭載した SeVdp を BHK 細胞やミエローマ細胞・CHO 細胞に感染させると、4量体のヒト抗体を高効率で産生することが確認された。また、H 鎖と L 鎖の発現はほぼ1:1であった。以上の結果は、従来のように外部から導入した遺伝子を増幅することなく高発現することで、抗体医薬品の簡単な多品種中量生産に道を開いたものと評価できる。

今後、発現量を厳密に定量して、それを指標にさらに遺伝子発現効率を上昇させる工夫を行っていく予定である。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕バイオ医薬品、ウイルスベクター

〔テーマ題目8〕医薬品候補化合物スクリーニングのための新規細胞アッセイ技術の開発

〔研究代表者〕金森 敏幸

(医薬品アッセイデバイスチーム)

〔研究担当者〕金森 敏幸、須丸 公雄、馬場 照彦、高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢、服部 浩二、菊池 鏡子、山口 麻奈絵
(常勤職員5名、他4名)

〔研究内容〕

上市された医薬品の1製品当たりの開発費は1,000億円に達するという報告もあり、開発費の高騰が新薬開発の阻害要因となっていると指摘されている。新薬開発の費用削減のためには、いわゆるリード化合物(医薬品候補化合物)の効果的なスクリーニングが極めて需要である。この目的で、動物細胞を用いたアッセイ(細胞アッセイ)が既に用いられているものの、動物実験や臨床治験との相関が必ずしも十分ではない点が問題視されている。

我々はこの問題を解決する鍵として、細胞培養環境の精密制御に着目している。細胞の大きさがたかだか数十 μm であることを勘案すると、複数種の細胞を目的とする空間配置で培養し、細胞周囲の濃度分布や剪断応力を精密に制御しながら培養するためには、マイクロプロセスが適している。

本研究テーマでは、細胞の培養からアッセイまでの一連のプロセスを一つのマイクロチップ上に集約したマイクロ組織チップの開発を目指している。

本年度は、灌流培養チャンバーチップ内でヒト肝癌由来株化細胞 HepG2からスフェロイド(微小球状組織体)を形成させる際に、スフェロイドの成長速度および肝特異的機能に及ぼす培養条件の影響を詳細に検討した。具体的には、直径・深さ400 μm の円筒型マイクロウェルをピッチ500 μm で格子状に8 \times 8個配列したアレイについて、静置培養を対照として灌流速度を変化させて培養実験を行った。その結果、静置培養ではアレイ周辺部から中心部に向かうほど、灌流培養ではアレイ下流側に向かうほど、スフェロイド径が小さくなった。平均スフェロイド径は静置培養に比べて灌流培養の方が顕著に大きく、灌流培養では灌流速度の増加にともなって平均スフェロイド径が大きくなった。この結果を詳細に検討したところ、産生される乳酸が細胞増殖を阻害していること、灌流培養では単にスフェロイド径の増加だけではなく、細胞間結合を増加させていることが明らかになった。

来年度は当該チップを用いてヒト初代肝細胞からスフェロイドを形成させ、薬物の取り込み能および代謝能が1ヶ月間継続するかどうかを検討する。

一方、我々は、精密共培養のための制御ツールとして光に注目し(光細胞マニピュレーション)、光照射によって細胞に特定の作用をもたらす材料(光応答性細胞培養基材)の開発を行ってきた。具体的には、透明材料の上に光応答性材料の層を形成させ、その上で細胞を培養する。光を照射した部位の細胞接着性を亢進させ、そこだけに細胞を接着させることができる技術(光追記型パターン培養)や、全面に接着した細胞に対し、光を照射した部位に存在する細胞のみを剥離回収したり(光選抜)、あるいは、選択的に殺傷したりする技術(光殺傷)である。

本年度は、光細胞マニピュレーションをヒト iPS 細胞に適用できるかどうかについて検討し、光選抜および光殺傷についての条件を確定した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕細胞アッセイ、ハイスループットアッセイ、マイクロプロセス

〔テーマ題目9〕精密培養環境制御による高効率細胞分化誘導技術の開発

〔研究代表者〕金森 敏幸

(医薬品アッセイデバイスチーム)

[研究担当者] 金森 敏幸、須丸 公雄、馬場 照彦、
高木 俊之、杉浦 慎治、佐藤 琢、
服部 浩二、菊池 鏡子、山口 麻奈絵
(常勤職員5名、他4名)

[研究内容]

我々は、研究テーマ「医薬品候補化合物スクリーニングのための新規細胞アッセイ技術の開発」において、精密に制御した環境下で細胞を培養する技術（灌流培養）を確立しつつある。また、光細胞マニピュレーションによって複数細胞からなる微小組織体を形成させることに成功した（精密共培養）。灌流培養では長期間にわたって機能を維持したまま細胞を培養できることが明らかになり、また、精密共培養を行うと、株化細胞ではありえないとされていた臓器特異的機能が発現することを見出した。

本年度は当該技術をヒト iPS 細胞に応用し、1) 継代培養、2) 選抜、3) 分化誘導、をマイクロプロセス上で行う技術の開発に注力していた。

1)については、ヒト iPS 細胞を灌流培養チャンバー内で培養できる条件を見出し、継代培養に成功した。2)については、光マニピュレーションによって不要（分化）細胞を殺傷できることを実証した。3)については、次年度に内胚系への効率的分化について検討を着手する予定である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 灌流培養、微小組織培養、細胞外マトリクス

[テーマ題目10] 有害重金属輸送膜タンパク質のセンサ素子としての利用に関する基盤的研究

[研究代表者] 馬場 照彦（幹細胞工学研究センター）

[研究担当者] 馬場 照彦（常勤職員1名）

[研究内容]

ある種の微生物は水銀など有害重金属が多く存在する環境で棲息可能であり、特異的に重金属を菌体内に輸送している。本研究では、重金属輸送に関与すると考えられる膜タンパク質群を単離して、その機能を解明するとともに、これら膜タンパク質群の有害重金属センサとしての利用可能性を、安定な人工脂質膜への再構成化技術と配向化技術を利用して、検証するものである。

平成23年度は、膜透過性が低く機械的に安定な人工リン脂質を重金属輸送膜タンパク質の再構成基材とするため、引き続きこれら脂質膜の性質を調べた。膜内蛍光プローブによる蛍光寿命測定などから、膜表面への非特異的なイオンの浸透性を比較した。重金属イオンが作用する場合、比較対照とした天然リン脂質膜に比べ、前年度までに作製した人工リン脂質膜ではイオンの膜内への浸透性が減じられ、膜タンパク質を介在する特異的イオン透過を観察するのに適することが期待される。さらに、

膜タンパク質の脂質膜内での配向を制御するため、脂質と会合して膜ディスクを形成し得る脂質親和性タンパク質の応用を引き続き検討した。安定脂質膜を形成する人工リン脂質との複合化を試み、脂質と脂質親和性タンパク質との比率に依存してサイズが変化する膜ディスクの形成を観察した。この膜ディスクは天然リン脂質から生成する膜ディスクよりも変性剤耐性が高い傾向にあり、膜タンパク質の配向制御など膜タンパク質のハンドリングにおいて有用なツールであると期待できる。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 膜タンパク質、脂質、脂質膜、再構成、バイオセンサ

[テーマ題目11] 膜タンパク質の再構成マトリクス材料となる含フッ素擬環状型人工脂質の開発

[研究代表者] 高木 俊之

(医薬品アッセイデバイスチーム)

[研究担当者] 高木 俊之、馬場 照彦、金森 敏幸
(常勤職員3名)

[研究内容]

膜タンパク質自体の機能解析ツールである膜タンパク質再構成脂質膜から創製した脂質-膜タンパク質ハイブリッドセンサは、医薬品開発のスクリーニングとして注目されている。本研究では、安定人工脂質膜の設計・機能評価、膜タンパク質ハンドリング剤の設計・機能評価、人工脂質・膜タンパク質複合化、複合体の機能性基板への固定化・機能評価により、安定な脂質-膜タンパク質複合体を利用したバイオセンサの開発研究を行うことを目的とする。

人工脂質として含フッ素擬環状型人工脂質を提案し、含フッ素擬環状人工脂質の合成経路の確立（高純度・高収量で多種多様な脂質群の合成可能な経路探索）を行った。合成した含フッ素脂質の界面特性評価として、Wilhelmy 法による平衡拡張圧 (π_e) 測定、示差走査熱量 (DSC) 測定および環境変化敏感プローブを用いた蛍光測定を行った。

ジミリストイルホスファチジルコリン (DMPC) 由来の擬環状型人工脂質および含フッ素 DMPC の合成に成功した。また、種々の機器測定の結果から、ペルフルオロアルキル基の導入により気水界面における単分子膜安定性が向上すること、ゲル-液晶相転移温度が低下すること、膜表面付近の流動性が高いこと、などの知見を得た。さらに膜タンパク質バクテリオロドプシン (bR) の再構成基材としての有用性を調べるため、含フッ素脂質膜への bR の再構成条件の検討を行い、bR の再構成膜の作製に成功（紫外・可視吸光 (UV) 測定および円偏光二色性 (CD) 測定により確認）した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] フッ素、擬環状型人工脂質、膜タンパク

質、再構成

〔テーマ題目12〕 マイクロフルイディクスを利用した次世代型細胞アッセイチップの開発

〔研究代表者〕 杉浦 慎治（幹細胞工学研究センター）

〔研究担当者〕 杉浦 慎治、服部 浩二、金森 敏幸
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

創薬研究で頻繁に用いられる細胞アッセイの効率化に向け、薬剤毒性の濃度依存性試験を簡便に実施できるマイクロ流体デバイスの開発を進めた。

平成23年度は、酸素と栄養素の供給条件の最適化という観点からマイクロチップの設計指針を得るために、灌流培養時の酸素と栄養素の物質移動計算を行った。また、計算結果に基づいて、マイクロチャンバーを設計し、（8段階の濃度系列）×（5連）で細胞毒性試験を実施できるチップを加工し、動作確認を行った。この灌流培養マイクロチャンバーアレイチップを用いて測定された細胞増殖阻害活性（IC50）は、マイクロプレートを用いて測定された IC50 と同程度であり、従来の労働集約的な濃度依存性試験を1枚のマイクロチップを用いて実施可能であることを実証した。

また、本研究の成果をさらに発展させ、実用化に向けた方向性を見出すために、集積化細胞毒性試験チップのプロトタイプを試作・加工した。モデルチップとして、（12種類の薬剤）×（8段階の希釈系列）×（4連）=384とおりの細胞アッセイを行うことのできるマイクロプレートサイズの灌流培養マイクロチャンバーアレイチップを設計・加工し、細胞毒性試験を集積化する際の技術的な課題の抽出を行った。このチップを用いて細胞毒性試験のモデル実験を行ったところ、微細な構造のマイクロ流路ネットワークの集積度を上げるにつれ、チップ加工の歩留まりが低下するという問題点が顕在化した。この問題点は集積化細胞毒性試験チップを実用化するために、今後解決すべき課題と考えられる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 マイクロフルイディクス、細胞毒性試験、段階希釈

〔テーマ題目13〕 細胞培養のための微小環境を有する細胞増殖試験マイクロチップの開発

〔研究代表者〕 服部 浩二（幹細胞工学研究センター）

〔研究担当者〕 服部 浩二、杉浦 慎治、金森 敏幸
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

我々は医薬品開発における細胞アッセイを効率化するための細胞培養マイクロチップを開発している。細胞の接着、増殖、分化、アポトーシスといった動態は細胞外マトリクス（ECM）と呼ばれる足場因子とサイトカインなどの液性因子から成る培養環境に強く依存すること

が知られており、多種多様な細胞をマイクロチップ上で培養・分析するためには、微細なマイクロチャンバー内に適切な培養環境を構築する必要があり、細胞の足場となる ECM をマイクロチャンバー底部にのみ修飾するパターンニング技術が必要である。また、マイクロチップはマイクロチャンバーやマイクロ流路などの微細構造を加工した“流路層”と、微細構造をシールするための平板から構成されており、多くの場合、シリコン樹脂であるポリジメチルシロキサン（PDMS）で作製されている。PDMS で作製した流路層および平板は、表面を酸素プラズマによって活性化し、密着させることで不可逆的に接着できるが、ECM は酸素プラズマによって容易に分解するため、従来法では煩雑な保護工程が必要で、生産効率が低かった。そこで本研究では、酸素プラズマによる接着表面の活性化、ECM のマイクロパターンニング、ECM の保護を一工程で行う方法を新たに考案した。

まず流路層のマイクロチャンバーアレイ（凹構造）の全面に ECM 溶液を接触させることで ECM を修飾した。次にマイクロチャンバーアレイと物理的に寸法と配置が適合する凸構造の物理マスクを装入後、酸素プラズマ処理を行った。この工程において酸素プラズマの強度を適切に設定することで、物理マスク外では ECM が分解されさらに ECM の下にある下地の PDMS が酸素プラズマによって活性化される。一方、物理マスク下の ECM は外部に露出しておらず、酸素プラズマと直接接触しないため分解しない。その後、このように作製した ECM 修飾流路層と平板を接着し、マイクロチップとした。

蛍光ラベルした ECM を本法によってマイクロパターンニングした結果、マイクロチャンバー底部にのみ正確に ECM が残ることが確認された。また、酸素プラズマ処理の条件を調整すれば ECM の種類に依らず本法を適用可能なことが分かった。作製したマイクロチップに20 kPa 程度の圧力印加によって培地を送液したところ、一切のリークは認められず、十分な耐圧性を有していた。また作製されたマイクロチャンバー内では MDCK、NIH3T3をはじめとする PDMS には接着しない様々な細胞を培養することが可能で、本法適用後も ECM の細胞接着性が維持されていることが示された。

以上の結果から、本法によりマイクロチャンバー底部にのみ ECM を修飾し、同時に微細構造をシールするために必要な接着面の活性化を一工程で達成できることを示した。本法は培養培養チップの量産化技術としての応用が期待できる。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 マイクロ流体デバイス、細胞アッセイ、培養環境、タンパク質マイクロパターンニング

⑥【健康工学研究部門】

(Health Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究部門長：吉田 康一

副研究部門長：廣津 孝弘

主幹研究員：脇田 慎一、茂里 康

所在地：四国センター、関西センター、尼崎支所

人員：61名 (61名)

経費：576, 127千円 (240, 838円)

概要：

産業技術総合研究所は、社会的要請を踏まえた研究戦略の下、ライフ分野では「Ⅱ. ライフイノベーションを実現するための研究開発の推進」を第3期中期計画の大分類として設定し、取り組むべき課題として、先進的・総合的な創薬医療技術の開発、健康な生き方を創出する技術の開発、生活安全のための技術開発を掲げた。本研究部門は、第2期において蓄積されてきた研究資源を礎に、人間生活における人体の健康維持管理に関する研究開発を進める。本部門の研究理念は、「100歳を健康に生きる」技術の開発であって、人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料・システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立することである。日常生活において自らの意志で生きがいを持って生活するための健康維持管理に関する工学的研究を中心に、本格研究に基づいた技術開発を進め、健康工学研究領域の確立、並びに21世紀における新たな健康関連産業創出に貢献することを目指す。

上記理念達成のため、大きく三つのミッションを設定する。

【ミッション1】研究開発

持続的で安心かつ豊かな生活の構築に貢献するため、人間の身近な健康維持、向上に関する工学的研究に焦点を絞り、以下の課題を推進する。

1. 疾病の発症を未然に予防できる先端的な疾患予知診断技術の研究開発
2. 生活圏におけるリスク解析・除去技術の開発
3. 組織・細胞の機能を再生・代替できるデバイスの開発
4. 細胞機能の計測、操作技術の開発
5. ヒト機能の高精度計測を基盤にした人間と適合性の高い機器開発

【ミッション2】地域との共同

健康関連産業の振興に資するため、産総研における健康工学研究関連ユニットの連携体制構築の一翼を担うとともに、地域の健康関連産業の活性化への貢献を図る。

【ミッション3】人材育成

理念達成のため、社会で活躍する産業技術人材の育成を部門内のみならず広く産業界、大学から人材を受け入れることによって推進する。

第一に着実な研究成果を生み出し社会へ迅速に普及させるため、1) 人間生活における人体の健康維持管理に関して、発症を予防する先端的な疾患予知診断技術につながる各種疾病マーカーの探索及び疾患の早期診断に役立てるためのナノバイオデバイス技術の開発、2) 安全・安心な生活環境を創出する上で、健康リスク因子を高度に検出する技術や削減、無害化する技術の開発、3) ヒトの機能の科学的理解に基づいて、失われた機能の補完・代替技術や生活を快適にする技術、4) 遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術的基盤の形成と応用技術の創出、5) 人間の認知・行動特性の科学的理解に基づき、高度情報化された生活環境の中で少子高齢化を迎えた社会に暮らす人々のためになる製品を生活に導入する技術開発、等を研究開発の重点課題とする。

次に、本研究部門は四国・関西を中心とした西日本に拠点を置き、地域の健康関連産業の活性化への貢献を着実に推進することを任務とする。健康・医療は社会全体に関わるものであり、従来型のものづくり産業の考え方であった利便性や有効性に直接的に関わる技術だけでなく、無形であっても高度で多面的な価値を持つ大きなシステムの創成が求められている。そこに関わる要素技術の開発が重要な課題であって、部門や産総研単独ではなしえない。このような観点から、四国・関西という地域性を十分考慮しながら、西日本の「健康工学」の拠点として関連する公的研究機関はもとより、より一層地域産業界との連携を強化する。

最後に、今後、人類社会にとって持続的社会的構築に科学技術は必須であることは言うまでもなく、産総研は真に地球レベルでの科学技術発展に資する人材を育成し社会に送り出す役割を担っている。当部門においてもその役割を着実に果たすことをミッションとする。

内部資金：

融合・連携推進予算「生活行動計測による生活遷移パターンの自動生成技術の開発と省エネ制御への応用」

融合・連携推進予算「生活習慣病の早期診断のためのマルチマーカー計測システムの開発」

標準基盤研究「骨導超音波知覚に関する標準化（骨導音の等ラウドネス曲線の推定）」

外部資金：

文部科学省受託費 平成23年度科学技術試験研究委託事業（スーパー特区（先端医療開発特区）「重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発」

文部科学省 平成23年度科学技術戦略推進費補助金「可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発」

経済産業省受託費 平成23年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化推進事業：国際標準共同研究開発事業）「多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染継続手段に関する標準化」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「多粒子量子ドットの合成」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（CREST）「BDNF 機能障害仮説に基づいた難治性うつ病の診断・治療法の創出」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業（さきがけ）「光分解性バイモーダルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「レーザー細胞操作による神経回路再生機能の解析技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「新規高感度蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニクチップの創製」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ「外来遺伝子を導入したニワトリ培養始原生殖細胞の生殖系列分化能の検証」

独立行政法人日本学術振興会 平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー「始原生殖細胞を用いたニワトリ遺伝子導入の研究」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特

定産業技術研究支援センター 基礎的試験研究委託事業「食品の安全性評価用ナノチップの作製と P450活性測定」

国立大学法人名古屋大学 最先端研究開発支援プログラム「ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発」

財団法人京都高度技術研究所 平成22年度補正予算事業 地域イノベーション創出研究開発事業「麴糖化技術の革新による新規天然食品原料の開発」

財団法人四国産業・技術振興センター 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業「発酵乳製品副産物ホエー機能成分を活用した高齢者用人工唾液の開発」

株式会社つくば研究支援センター 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業「金型成形プラスチックマイクロ流路チップの加工精度向上による実用的なバイオアクセスシステムの開発」

平成23年度 SBIR 技術革新事業「SERS チップの性能評価」

財団法人鳥取県産業振興機構 平成23年度石油製品需給適正化調査等委託費「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

財団法人食品薬品安全センター 平成23年度環境対応技術開発等（高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法の OECD テストガイドライン化）「免疫毒性試験バリデーション」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
「周期構造・高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
「レーザによる任意組織における発癌モデル開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
「生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
「嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 B）
「アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖

尿病早期診断への応用」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「抗マalaria薬スクリーニングを見据えた迅速マalaria原虫検出手法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「Wnt/Ror2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「顕微イメージング・エリプソメーターの開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共生系による水圏環境浄化に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「BDNF プロドメインの新しい生理作用に関する構造生物学と神経生理学の融合研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「生物発光長期イメージングによる時計タンパク質の核-細胞質間シャトル機構解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「古細菌におけるチオレドキシシン系抗酸化システムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「抗菌ペプチドの細菌外膜への結合機構の単一分子感度解析に基づく高活性抗菌剤の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「単一銀ナノ粒子2量体と単一色素分子で構成された電

磁気学的強結合系の実証」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「動的脳活動の非侵襲計測データ統合解析に基づく高次視覚認知のデコーディング技術」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究」

文部科学省 科学研究費補助金（基盤研究 C）
「光トラップポテンシャル場の動的形成による非接触マイクロ操作の研究」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 A）
「精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 A）
「脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
「聴覚補助器による音声コミュニケーション能力を評価する尺度の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
「マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
「人工ナノレセプター粒子を用いたアルツハイマー病早期診断非標識検知チップの開発」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
「共鳴レーザー光を利用した細胞内ナノマニピュレーション」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）
「感染症診断を目指した細胞チップデバイスの構築」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）

「マイクロチップ基板を用いた歯周病迅速診断デバイスの開発」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）

「新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）

「脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）

「カーボンナノチューブを利用した生体内発電素子の開発」

文部科学省 科学研究費補助金（若手研究 B）

「マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経栄養因子 BDNF の機能解析」

文部科学省 科学研究費補助金（研究活動スタート支援）「光の波長による日中覚醒作用の心理的・神経生理的評価に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金（新学術領域研究）

「ソフト界面で修飾されたプラズモニクチップ上の高感度蛍光バイオセンシング」

文部科学省 科学研究費補助金（新学術領域研究）

「メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明」

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）

「運動－視覚神経ダイナミクスの脳機能連関モデルによる「操作感」の評価」

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）

「酸化ストレスによって惹起される体内時計の乱れと睡眠障害発症過程の解明」

文部科学省 科学研究費補助金（挑戦的萌芽研究）

「精製リプログラミング因子による piPS 細胞樹立効率化」

文部科学省 科学研究費補助金（特別研究員奨励費）

「細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製」

厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金

「重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会 最先端・次世代研究開発支援プログラム「骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成23年度産業技術研究助成事業「ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成23年度産業技術研究助成事業「DNA 伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速 DNA1分子シーケンス技術の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 平成23年度産業技術研究助成事業「ニワトリ卵を用いた有用蛋白質大量生産法の基盤技術の開発」

発 表：誌上発表264件、口頭発表354件、その他46件

生体ナノ計測研究グループ

(Nano-bioanalysis Research Group)

研究グループ長：石川 満

(四国センター)

概 要：

当研究グループでは、光を使って生体関連分子や細胞をイメージングまたは操作することを通して、疾病の予知・診断技術を開発することを目指している。光としては、蛍光、ラマン散乱、レイリー散乱などや、また、光の圧力を利用する。

蛍光を利用する場合は、量子ドットをペプチドに結合し、そのペプチドの動きを一分子のレベルでイメージングすることで生体内での機能を解析する。また、蛍光標識した生体分子の細胞間および細胞内での動きを観察し、細胞の増殖、成長の過程を観察する。さらに、量子ドットなどの蛍光性物質が近接した場合に蛍光消光が起きることを利用して、DNA の折り畳みと伸長の過程を調べる。また、蛍光性 DNA ポリメラーゼを用いた、1分子レベルでのシーケンス技術を開発している。

ラマン散乱は、分子の識別能力が高いが、感度が低い。そこで、金属ナノ粒子と併用して、表面増強ラマン散乱によって、特定の生体分子を検出する。増強機構を解明することで、超高感度での検出を目指している。他に、金属ナノ粒子のプラズモン共鳴散乱光を利用して、光退色しないイメージング技術を開発する。

光の圧力を利用することで、多種類の細胞をソーティングし、回収再利用する。そのためのマイクロ流体チップを作製している。光の圧力を利用した微小なピンセットを用いることで、細胞などを捕捉、移動させ

る技術も開発している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

(※主参画テーマのみ記載)

バイオデバイス研究グループ

(Biodevice Research Group)

研究グループ長：片岡 正俊 (兼務)

(四国センター)

概要：

疾患予知診断デバイスの開発を目的として、精密微細加工やインクジェット法による抗体固定化、紙基材を用いた新規バイオデバイスの研究開発を行っている。具体的には「極微量の血液から各種バイオマーカーを数分以内で解析できるデバイス」や「オンサイトで遺伝子を迅速検知できるデバイス」などが挙げられる。これらは、微細加工技術により作製された樹脂基板や紙フィルム素材上のマイクロ流路に、インクジェット法を用いて抗体を固定化しており、表面処理ならびに着滴領域制御等を付加することによって、簡便・安価・極低濃度にマーカーを定量検出できる技術開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

健康リスク削減技術研究グループ

(Health Hazards Reduction Research Group)

研究グループ長：苑田 晃成

(四国センター)

概要：

ヒトの健康を維持・管理する一つの方法は、身近な生活環境中に存在する健康リスク要因を測定・除去・無害化し、人体内でのそれらの相互作用を阻止することである。従って、水、大気等媒体中に存在する微量でも有害な健康リスク要因となる物質（イオン、分子、微生物等）を安全かつ効果的に除去・無害化する基盤技術を化学的・物理的手法を用いて開発する。更に、これらの技術と自然浄化機能を活用する生物学的手法も統合した浄化システムを提案する。東日本大震災に伴う福島原発事故を受け、放射性セシウム除去剤の検討を行った。H23年度の主な成果は以下の通りである。

- 1) 放射性セシウム除去用の実用的な低結晶性 Na バネサイト吸着剤を開発した。
- 2) 電界効果トランジスタ (FET) 型イオン電極上に硝酸イオン選択性層状イオン交換体を複合化、硝酸イオンを0.05mM まで可逆的・安定的に測定出来た。
- 3) 過塩素酸イオンの選択捕捉材料は、層状化合物からの多孔化技術を検討し、捕捉材料の前駆体を合成した。
- 4) 自然浄化機能を有する紅藻類オゴノリ属海藻類の

高効率生産（培養）技術として、切片増殖法を開発し、四国産オゴノリ属海藻で収量1.2倍増加を達成した。

研究テーマ：テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

生体機能制御研究グループ

(Biofunctional Regulation Research Group)

研究グループ長：中島 芳浩

(四国センター)

概要：

当研究グループは、生体リズムや免疫応答などの生体メカニズムを、独自に開発した生物発光技術を用いて可視化・解析するとともに、高機能化した有用タンパク質や食品機能性成分により生体機能を制御するための技術開発を行う。

具体的には、以下の3つの主要テーマを推進している。①多色多様生物発光技術と人工染色体技術を融合した次世代レポータージーンテクノロジーの開発とそれらを用いた生体リズム、免疫応答および化学物質毒性機構の解析、②ヒト型複合糖鎖を有するタンパク質医薬品生産のための酵母の開発、③フラボノイド、糖脂質、ポリフェノール等の食品機能性成分による免疫抑制、生体リズム調整、糖尿病予防効果の解析とスクリーニングプラットフォームの構築。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

(※主参画テーマのみ記載)

バイオマーカー解析研究グループ

(Biomarker Analysis Research Group)

研究グループ長：片岡 正俊

(四国センター)

概要：

マイクロ化学チップを中心としたバイオナノデバイスを用いて、生活習慣病や感染症を対象に Point of Care Testing への応用が可能なデバイス構築を行っている。糖尿病発症の主要因と考えられ内臓脂肪の蓄積によるインスリン抵抗性に深く関与する TNF- α 、IL-6、アディポネクチン、インスリンやレプチンなど複数のアディポカインを対象にマイクロチップに形成したマイクロ流路上でサンドイッチ ELISA 法を構築することで、正確・迅速・省サンプルな血中バイオマーカー測定系を構築した。さらに、TNF- α と IL-6については一枚のマイクロチップ上での同一検出が可能なマルチ検出系を構築している。細胞チップを用いたマラリア診断チップおよび循環がん細胞診断チップを開発しており、これら診断チップのヒト実サンプルでの有用性を検討している。また、効果的な細胞染色法、マイクロチャンバーからの細胞回収と遺伝子解析法を確立することで、より高精度な臨床診断デバイスの開

発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

(※主参画テーマのみ記載)

ストレスシグナル研究グループ

(Stress Signal Research Group)

研究グループ長：萩原 義久

(関西センター池田)

概 要：

ストレスシグナル研究グループでは様々な環境に対して生命が対応する中で表れる変化、すなわちストレスシグナルを研究対象とする。ストレスシグナルは複雑、精緻な生命機能により発するものであり、その機構の根源的理解に基づく工学的研究を展開するためには、分子、細胞、個体レベルの実験を進めるとともに、ストレスシグナルを計測し、さらにはこれを利用する技術を開発する必要がある。当該グループには、ライフサイエンス実験技術及び材料、機器開発技術についての高度な技術蓄積があり、これらの強みを複合的に組み合わせ、ストレスシグナルについての本格研究を展開する。その研究成果により健康な生活の実現に寄与する健康工学研究領域の確立と新たな健康関連産業創出に貢献することを目標とする。この目標に向かい、平成23年度は1) ストレスシグナルを指標とした健康状態計測技術の開発として『精神ストレスのバイオマーカー発生機構の解明』、及び『簡便な抗酸化能計測技術の開発』、2) バイオマーカー計測評価バイオチップの開発として『生活習慣病早期診断のための遠心力駆動型ラボ CD チップの開発』、及び『電気泳動型ラボチップの開発』、3) 新規ナノ機能性材料のストレス研究分野への応用として『蛋白質を活用した界面制御バイオマテリアルの開発』、『炭素化合物を活用した生体適合性デバイスの開発と応用』、及び『産学官連携による新型抗体の作製体制の確立』を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

人工細胞研究グループ

(Artificial Cell Research Group)

研究グループ長：安積 欣志

(関西センター池田)

概 要：

身体的ハンディを克服・支援する機器・技術等の開発において、生物と同じ様な、環境変化に対する物性変化をする特性をもち、しかもソフトで軽量な人工材料(刺激応答材料)を開発することは重要である。これらは、臓器、組織等の機能回復のためのリハビリテーションデバイスの開発等で、また、介護ロボット、手術デバイス等の支援機器の開発で、いずれも、人体に直接接する機器、デバイスの開発において刺激応答材料の役割があると考えられる。以上の視点に立ち、

外部環境の変化に自律的に応答する耐久性のある高分子材料の創製を行うことにより、「人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発」を行うことを目標とする。具体的には、これまでの我々の研究実績をふまえ、人工筋肉材料の研究と、それをベースとした医療・福祉機器デバイスの開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目3 (※主参画テーマのみ記載)

バイオインターフェース研究グループ

(Biointerface Research Group)

研究グループ長：小島 正己

(関西センター池田)

概 要：

うつ病を含む難治疾患に対する診断治療技術の開発はバイオ産業の重要課題である。バイオインターフェース研究グループはその生体情報が統御するバイオシステムの解明と工学を越える新バイオ技術を創成し、より一層の健康を身近にすべき技術開発を目指す。本研究グループは、低密度培養神経細胞や iPS 細胞などからの人工神経細胞作製技術、単一神経細胞・単一シナプスの機能解析技術、レーザー操作技術、高感度蛍光観察のためのサブ波長周期構造チップ技術などの工学技術を生物がもつ多様性と複雑な仕組みに対して挑戦的にアプローチし、新しい知的情報処理を提案する神経工学、組織再生工学に基づいた機能再生技術、有用モデル脊椎動物の産業応用化、うつ病をはじめとする疾患に対する迅速高感度診断チップの作成などライフサイエンスの次世代技術の開発を推進する。将来は、健康脳を目指した新しい脳科学技術の開発と診断応用、新生物の創成によるより一層の創薬研究への貢献、人口神経細胞など身体機能を代替する新技術の開発などの実現が期待される。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、
テーマ題目4 (※主参画テーマのみ記載)

先端融合テーマ研究グループ

(Advanced Health Research Group)

研究グループ長：茂里 康(兼務)

(関西センター池田)

概 要：

各種計測技術開発(蛍光性ナノ粒子開発とガラスマトリックスの開発、電子顕微鏡を用いたタンパク質等のナノ計測開発、照明技術の応用に関する研究)を行った。また、好熱菌のシャトルベクターの開発、好塩菌を用いたバイオプラスチック生産等の、生物を活用した機能性分子の探索・生産化の研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目4 (※主参画テーマのみ記載)

くらし情報工学研究グループ

(Living Informatics Research Group)

研究グループ長：岩木 直

(関西センター池田)

概要：

安全で安心できる健康的な生活を実現するためには、不規則で多様化している生活そのものを理解して、生活者の身体適応能力や知覚・認知能力を維持・改善する生活空間の創出、あるいは QOL を高めるための生活サポート技術の開発が必要になっている。

とくに、日常生活を対象に生活者の行動・生理応答や知覚・認知応答を計測する技術の開発、得られた生活情報から生活者の状態を評価・理解する技術の開発、生活者の状態理解に基づいた人間に適したサポートを提供する技術の開発と標準化を行う。

同時に、疾病等で低下した知覚・認知機能を高い精度で計測・評価し、適切な診断や効果的なリハビリテーションを実現することが重要である。そこで、人間が持つ共通基盤的な特性であるヒトの五感（聴覚、視覚、嗅覚、味覚、体性感覚）のみならず言語・記憶等の高次機能に関わる機能メカニズムの解明を脳磁界計測、脳波計測、VR を用いた心理物理実験などの非侵襲的手法によって進めるとともに、脳機能の高度診断技術・障害補償技術および快適環境設計技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5

(※主参画テーマのみ記載)

組織・再生工学研究グループ

(Tissue Engineering Research Group)

研究グループ長：弓場 俊輔

(関西センター尼崎)

概要：

これまで主に成人の整形外科疾患を中心に行ってきた100症例もの臨床研究の中で有害事象が全く認められなかった安全な間葉系幹細胞を用いて、現在、小児遺伝性疾患に対する治療を進めている。治療中の症例において既に幹細胞治療の有効性を確認したところである。また、間葉系幹細胞の増殖・分化能を超えるものとして、iPS 細胞を用いる将来の可能性も念頭に置き、その樹立効率や安全性の向上を図る基礎的研究も継続している。さらにこうした再生医療用細胞を製造する次世代製造システムを企業と共同開発するとともに、その国際標準化活動も開始した。その他、薬物送達システムの開発にも繋がる、微絨毛等の細胞表面微細構造の形態形成機構解明、そして、高分解能 *in vivo* イメージングに適した新しい実験動物としてメダカを利用して、リンパ管新生機構の解析、疾患モデルの開発も行っている。

研究テーマ：テーマ題目 3 (※主参画テーマのみ記載)

細胞分子機能研究グループ

(Functional Biomolecular Research Group)

研究グループ長：佐藤 孝明

(関西センター尼崎、池田)

概要：

蛋白質は細胞の多彩な機能を支える最も重要な分子であり、蛋白質の諸性質を明らかにすることは、細胞を分子レベルで理解し、細胞機能計測・操作技術をボトムアップ的に構築する上で極めて重要である。そこで当該グループは細胞機能の分子論的理解と制御を目指し、特に蛋白質の立体構造-分子機能相関の解明を中心課題に据え、「健康長寿の達成と質の高い生活の実現」へ貢献するための新しい細胞機能計測・操作技術、細胞利用技術の開発において、蛋白質の機能改良、新規機能分子創出、世界に先駆けて構築した細胞機能解析発光プローブの実用化と新規発光・蛍光プローブ開発、機能発現系構築・センサ化、モデル動物作出、分子動態モデル化などに取り組む。また、蛋白質研究を行う上で必要とされる汎用的でかつ革新的な周辺技術の開発も並行して行い、基本特許化を目指し、内外との連携による研究加速を図る。本年度は、1) 既存の融合酵素の分解活性のさらなる改善、2) 前年に着手した抗酸化蛋白質、代謝系酵素、転写因子等の内の2種類以上の蛋白質の物性・構造・機能解析の推進、3) 古細菌からヒトまでをターゲットとして新たな抗酸化蛋白質の構造機能解析への着手、4) 生体高分子の動態観察用生物発光プローブの基盤開発、5) BAF を用いたセンサープローブの基盤技術開発、6) 個体用発光イメージングプローブの改良・最適化、7) 真核生物の病態モデルとしてのメダカの構築、8) 嗅覚センサの基盤技術開発の推進と基礎データの収集を行った。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5

(※主参画テーマのみ記載)

[テーマ題目 1] バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発

[研究代表者] 脇田 慎一 (主幹研究員)

[研究担当者] 脇田 慎一 (主幹研究員)

生体ナノ計測研究グループ石川 満、福岡 聡、大槻 莊一、
田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、
平野 研、伊藤 民武

(常勤職員7名、他2名)

ストレスシグナル研究グループ萩原 義久、田中 喜秀、永井 秀典、
山添 泰宗、都 英次郎、七里 元督、
脇田 慎一 (兼務)

(常勤職員7名、他8名)

バイオデバイス研究グループ

片岡 正俊 (兼務)、田中 正人、
 淵脇 雄介 (常勤職員3名、他3名)
 バイオマーカー解析研究グループ
 片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平
 (常勤職員3名、他3名)
 細胞分子機能研究グループ
 佐藤 孝明、上垣 浩一、呉 純、
 上野 豊、川崎 隆史、星野 英人、
 中村 努、峯 昇平
 (常勤職員8名、他3名)
 バイオインターフェース研究グループ
 小島 正己、田和 圭子、細川 千絵、
 北畠 真子、大石 勲
 (常勤職員5名、他9名)
 (※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

病気の発症を直前で予防できる先端的な疾患予知診断技術の開発を行う。すなわち、健康状態や未病状態を科学的に評価することが可能なバイオマーカーを開発する。さらに、それらのマーカーを迅速、簡便に測定することが可能なデバイスの開発を行う。

1) 生活習慣病の早期診断のためのマルチマーカー計測システムの開発

健康情報の収集を図るため、産総研独自脂質マーカーと既存マーカーを組合せたマーカー群の有用性を科学的に検証する経口糖負荷試験を行った。インクジェット法により抗体を固定化したマーカー測定チップ開発では、TNF- α や IL-6 で既存比1/6の反応時間で正確な血中濃度測定系を構築し、市販の ELISA キット法との良好な相関を得た。遠心力送液型ラボ CD では、市販キット法に対し分析時間の大幅な短縮化と同等の検出感度 (数 pg/mL) が得られ、洗浄工程の効率化、迅速化を達成した。

2) 表面増強ラマン散乱等を用いた細胞解析技術

表面増強ラマン散乱 (SERS) では、詳細な分子官能基の情報が得られるため、細胞表面タンパク質分子を SERS スペクトルとして超高感度に識別できる可能性がある。細胞表面のモデルとして酵母に着目し、細胞周期と同期して発現する SERS スペクトルを見いだした。SERS 分光法と阻害検定を組み合わせることで SERS シグナルの起源を探索した結果、細胞壁の β 1, 3 グルカンに結合しているタンパク質が有力な候補であることが分かった。

3) 1分子 DNA 解析技術の基盤研究

DNA ポリメラーゼが伸長合成反応時に取り込む蛍光標識された塩基をリアルタイムに識別する超高速 DNA シーケンス法を確立するため、全反射顕微鏡の詳細検討の結果、超高感度検出・リアルタイム同期検出が可能な4種類の蛍光色素2分子をリアルタイムに同時に検出できる全反射顕微鏡を構築できた。さらに、

リンカー長・化学構造の選定、DNA ポリメラーゼの選定、最適蛍光色素を検討することにより、並列化処理の基礎的実証で基礎的知見を得ることができ、さらに、基礎的なリアルタイム DNA1分子シーケンスを達成した。

4) 酸化ストレスバイオマーカーの解析・評価・検証

酸化ストレスバイオマーカーである脂質酸化物の実用濃度域での迅速測定系 (ELISA) を開発した。モデル動物を用いてダウン症において脂質酸化物の蓄積を明らかにした。さらに精神ストレス負荷時においても血液中の特定の脂質酸化物の濃度が増加することをつきとめた。

5) 唾液ストレス関連物質計測デバイスの開発と実証

遠心力送液型ラボ CD の実用化を、企業との共同研究で行い、試作したタンパク定量用の改良プロト装置を展示会に出展し、産業技術化を着実に進めた。さらに、超小型 FET センサーによる携帯型チェッカーのプロト開発を行い、緊張被験者実験を実施した。

6) 精神疾患関連バイオマーカーの開発

うつ病における神経可塑性仮説を解明するために、proBDNF による海馬神経細胞のスパイン退縮機構の解明を行った。proBDNF 高発現マウスのスパインのゴルジ染色によりスパイン幅が減少し、海馬培養神経細胞を用いた検証実験でもスパインヘッドの形態変化をタイムラプスイメージングすることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオマーカー、酸化ストレスマーカー、表面増強ラマン散乱、1分子シーケンス、マイクロ流体デバイス、バイオセンサー

【テーマ題目2】 健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発

【研究代表者】 吉田 康一 (研究部門長)

【研究担当者】 健康リスク削減技術研究グループ

苑田 晃成、小比賀 秀樹、垣田 浩孝
 (常勤職員3名、他3名)

バイオマーカー解析研究グループ

片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平
 (常勤職員3名、他3名)

バイオデバイス研究グループ

片岡 正俊 (兼務)、田中 正人、
 淵脇 雄介

(常勤職員3名、他3名)

生体機能制御研究グループ

中島 芳浩、安部 博子

(常勤職員2名、他5名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

身体内部あるいは環境に存在する健康阻害因子を高精度に計測・評価し、因子そのもの、あるいは健康への影

響を効果的に低減するための技術を開発する。

1) 分散化 CNT の光発熱特性を用いるマイクロデバイスの温度制御技術の開発

タンパク質とリン脂質を用いカーボンナノチューブ (CNT) を有機溶媒や光硬化性樹脂に分散化することに成功した。この複合体の光発熱特性を利用し、レーザー光で任意の微小空間を超高速温度制御できることを示した。

2) 臭素酸イオン除去剤の開発

水道水の塩素系処理剤には微量の臭素酸イオンが含まれる。臭素酸イオンは微量でも有害なイオンとして、水道水基準では、0.01mg/L 以下と厳しく規制されている。水道水から身体に取り込む恐れのある臭素酸イオンを基準値以下まで低減できる材料を開発した。このような材料として、結晶性のオキシ水酸化鉄は安全かつ安価である。また、低結晶性水酸化アルミニウムや還元作用を発現する Fe(II)-Al(III) 系層状複水酸化物の有効性を明らかにした。

3) 新規リン酸イオン高選択捕捉剤の開発

リン酸イオンに世界最高の高選択性を示す Zr-Mg-Al 系および Zr-Mg-Fe 系複合体を開発した。これらは Zr(IV) 酸化物超微粒子と層状複水酸化物からなるナノ複合体であることを X 線吸収分光法および電子顕微鏡観察で明らかにした。

4) 細胞チップを用いた病原性原虫感染症の超早期診断技術の開発

寄生虫感染症であるマラリアの感染の有無を、迅速・簡便に診断することが可能な細胞チップ技術を開発。細胞チップを用いることで、ギムザ染色による光学顕微鏡法の100倍の超高感度に、操作時間15分でマラリア原虫感染赤血球の検出法を構築した。さらにアフリカなどフィールドでの診断システムとして利用可能なデバイス化を行った。

5) 循環がん細胞 (CTC) 検出用細胞チップの開発

転移性がんの早期・予知診断へ応用可能な血液中を循環する CTC の検出および解析可能な細胞チップの開発を行った。CTC 特異的なタンパク質のマルチ検出法を確立させることで、従来法と比較して見落としの危険を大幅に減少させることに成功した。

6) 生活環境水中のイオン一斉分離計測デバイスの研究開発

分離デバイスには10チャンネル LIGA レプリカチップを選択し、高感度に非接触電気伝導度検出 (C⁴D) を行うためにカバー基板に50μm 極薄フィルムをロール圧着法により作製した。亜硝酸イオン、硝酸イオン標準溶液を用いて、コスモ i3レーン型電気泳動型チップを研究用 C⁴D ヘッドステージに合わせてカットし密着させて、分離検出の基礎検討を行ったところ、再現性に問題があるものの2本の分離ピークが検出された。

7) 食品機能性因子の機能解析

免疫抑制機能を有するダイダイ抽出物中の機能性成分を質量分析法によって解析し、複数種のフラボノイドが含まれることを明らかにした。また、ユズおよびダイダイに含まれる糖脂質の抽出方法および HPLC を用いた定量分析方法を確立した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 健康リスク削減、カーボンナノチューブ、臭素酸イオン除去、リン酸イオン高選択捕捉、生体影響評価、マラリア診断、循環がん細胞、分離計測デバイス、酵母開発技術

[テーマ題目3] 組織・細胞の機能の再生・代替技術の開発

[研究代表者] 吉田 康一 (研究部門長)

[研究担当者] 人工細胞研究グループ

安積 欣志、清原 健司、杉野 卓司、寺澤 直弘、中村 真里
(常勤職員5名、他3名)

組織・再生工学研究グループ

弓場 俊輔、立花 宏一、出口 友則
(常勤職員3名、他11名)

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、田和 圭子、清末 和之、細川 千絵、北畠 真子、大石 勲
(常勤職員6名、他9名)

くらし情報工学研究グループ

岩木 直、中川 誠司、渡邊 洋、梅村 浩之、吉野 公三、添田 喜治
(常勤職員6名、他16名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

再生医療の早期実用化を目指して細胞の分化誘導技術や組織形成技術の開発を目指す。一方で、環境変化に自律的に応答する材料の開発を行って細胞、組織の代替技術の確立を目指す。

1) 間葉系幹細胞を用いた再生医療に関する基盤研究とその実用化を目指した評価技術の開発

骨、軟骨、神経・血管ネットワーク等を生体組織レベルで再生する技術として、創薬や再生医療に必要な分化細胞・組織などを供給するための基盤技術の開発を進めている。これまでに、ヒト間葉系幹細胞から骨組織を誘導して患者への移植、親知らず (歯胚) から iPS 細胞を樹立するなどの成果をあげている。さらに、低フォスファターゼ症患者患者に対する他家間葉系幹細胞 MSC 移植に関して、島根大学医学部附属病院と共同研究を進めた。関節軟骨定量評価プローブと評価機能搭載関節鏡を作成するとともに、組織再生因子の有効性を評価する赤外レーザー誘起遺伝子発現操作法

(Infrared Laser-Evoked Gene Operator; IR-LEGO)を開発した。蛍光タンパク質が発現するトランスジェニック系統の複数樹立を進めた。

2) 脳機能の改善および治療に貢献するレーザー操作技術の開発研究

最先端のレーザー技術を用いて神経細胞の加工や脳機能修復を行う神経工学の要素技術を開発、さらには神経栄養因子の機能障害マウスを作出し、精神疾患モデル動物としての妥当性、生物学的診断測定系の作製などの研究を進めている。神経回路網をフェムト秒レーザー光による切断の研究を進めた。

3) 医療・福祉デバイスへの応用を目指した低電圧駆動の高伸縮・高出力な高分子アクチュエータの開発

カーボンナノチューブとイオン液体および支持高分子からなる電極膜の伸縮現象を利用したアクチュエータの高機能化を目的として研究を進めている。電極膜中の成分組成を調整することにより、変形応答は添加量のみならず添加種により大きく変化することを明らかにした。導電性添加物の中でもポリアニリンは伸縮率と発生力を同時に向上できることが分かり、イオン液体種、添加するイオン液体量、さらに、素子厚の最適化を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 再生医療、iPS細胞、脳機能改善・治療、レーザー治療、高分子アクチュエータ

[テーマ題目4] 細胞機能計測・操作技術の開発

[研究代表者] 茂里 康 (主幹研究員)

[研究担当者] 先端融合テーマ研究グループ

茂里 康 (兼務)、川崎 一則、
安藤 昌儀、田村 繁治、村瀬 至生、
河田 悦和、藤田 篤
(常勤職員7名、他8名)

バイオインターフェース研究グループ

小島 正己、田和 圭子、清末 和之、
細川 千絵、北島 真子、大石 勲
(常勤職員6名、他9名)

生体機能制御研究グループ

中島 芳浩、安部 博子
(常勤職員2名、他5名)

生体ナノ計測研究グループ

石川 満、福岡 聡、大槻 荘一、
田中 芳夫、Biju Vasudevan Pillai、
平野 研、伊藤 民武
(常勤職員7名、他2名)

細胞分子機能研究グループ

佐藤 孝明、川崎 隆史、上野 豊、
上垣 浩一、中村 努、峯 昇平
星野 英人、呉 純
(常勤職員8名、他3名)

(※アンダーラインは主参画グループ)

[研究内容]

遺伝子、細胞、情報、ナノテクノロジーなどの研究を統合し、健康・医療に関わる知的・技術基盤の形成と応用技術の創出を目指す。

1) バイオマーカーとしての生物発光プローブの探索と検知システムの開発

生物発光プローブを用い、組織・細胞において数時間から数週間までマーカー分子の動態を検知できるシステム開発を行っている。これまで、化学物質の *in vitro* 免疫毒性評価試験法の OECD テストガイドライン化を目指し、毒性マーカー遺伝子および内部標準遺伝子の発現を同時に定量化できる多色 THP1発光細胞を用いたバリデーション試験を実施した。また、次世代のレポータージーンアッセイの基盤構築として、人工染色体ベクターをレポーターベクターとする新規の発光細胞および発光動物樹立方法の開発について着手、人工染色体ベクターを用いることで、発光細胞の樹立効率および遺伝子発現プロファイルの精度が飛躍的に向上することを明らかにした。

2) ナノテクノロジーや材料合成技術と融合した独自性の高い生体分子の計測・解析技術の開発

バイオマーカーや生体分子のメカニズム解明において、高輝度蛍光試薬の開発研究を進めている。また、化学的耐久性、耐光性向上を図り、分子イメージング技術等への展開を目指している。

3) 抗酸化蛋白質・代謝系酵素など有用蛋白質の物性・構造・機能解析に基づく機能改良・技術開発

耐熱性人工糖質分解酵素創製に資する基盤技術の開発の一環として、高温下でのバイオマス糖化用酵素の開発を推進し、耐熱性キチナーゼの持つ基質吸着ドメインと耐熱性セルラーゼとの融合人工酵素でのリンカー長とその柔軟度の相違で生じる野生型の2倍程度までの活性変化の発見、単糖の検出にも利用可能な耐熱性酵素の結晶化、企業との共同研究で酵素反応に適したセルロース新規前処理技術の開発、セルロース結合ドメインと化学発光励起蛍光蛋白質を融合したバイオマス基材接着性蛍光プローブの開発と特許出願等を行った。また、耐熱性抗酸化蛋白質であるスーパーオキシドディスムターゼでは活性変化機構の解明を目指し、配位水分子の配向同定のための中性子解析用の大型結晶作製法を開発した。

4) 生物機能を利用したリスク化合物感知メカニズムの解析と生理学および毒性学的生体検出システムの開発

疾病診断・危険検知用人工の鼻センサの構築を目指し、嗅覚受容体のリガンド結合推定部位の1~2アミノ酸置換変異受容体の複数種での応答性消失の観測、受容体補助蛋白質の応答性への影響の検討、センサ細胞アレイ化のための一過性発現処理不要な安定発現株化

細胞の作成への着手などを行った。また、メダカの化合物認識に関し、行動学的評価法を試作し、また、それに関わる神経回路を探索した。

5) 多種類の目的細胞を選別回収できる光圧力マルチ・細胞ソーターの開発

新規のセルソーター開発のため、安価でレーザー光圧力とマイクロ流体チップによる、多種類細胞を同時分取し、生きたまま5種類以上の細胞を分取可能なシステムを実現しており、この成果を基に特許実施契約を締結した企業と製品化プロトタイプ機作りを推進中。今後、製品化プロトタイプ機の評価・改良を行った後、iPS細胞等の高精度分離精製技術として期待。また、蛍光検出技術を基盤とする実時間型の単一分子DNAシーケンシング技術を開発中である。この技術では4種類の各ヌクレオチドを、異なる蛍光色で標識して区別する。DNAポリメラーゼが鋳型のDNAの塩基配列と相補的な蛍光標識ヌクレオチドを取り込む過程を可視化して塩基配列を決定する。本研究では、哺乳類のDNAポリメラーゼが蛍光標識ヌクレオチドを用いた当該単一分子シーケンシング技術に有用であることを見だし、当該酵素を用いて単一DNA分子からシーケンシングする基礎的実験に成功した。今後は、酵素や蛍光標識ヌクレオチド、検出装置の改良を踏まえ、より速く、より長く単一分子シーケンスを可能とするべく開発中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオマーカー、高発光型プローブ、多色発光マウス、ナノテクノロジー、バイオマス、BDNFプロドメイン、単一分子DNAシーケンシング技術

【テーマ題目5】 ヒト生理機能解析技術の開発

【研究代表者】 吉田 康一（研究部門長）

【研究担当者】 くらし情報工学研究グループ
岩木 直、中川 誠司、渡邊 洋、
梅村 浩之、吉野 公三、添田 喜治
(常勤職員6名、他16名)
細胞分子機能研究グループ
佐藤 孝明、川崎 隆史、上野 豊、
上垣 浩一、中村 努、峯 昇平
星野 英人、呉 純
(常勤職員8名、他3名)
(※アンダーラインは主参画グループ)

【研究内容】

非侵襲脳機能・生理機能計測技術を基盤に、高次脳機能障害の高度診断技術と聴覚機能障害の補償技術、高臨場感・快適環境の設計技術および日常健康モニタ技術を開発する。

1) 高精度な非侵襲脳機能可視化技術の開発とヒト高次脳機能可視化への応用

計測原理の異なる複数の非侵襲脳機能データを統合的に解析し、脳神経活動時系列間の信号連関を解析する技術の開発を行い、高次視覚情報処理の神経基盤解明に応用できることを示唆する結果を得た。また、違和感のないVRシステムの構築に向けて、自己運動による3次元知覚の変容を心理物理実験的に評価すること成功した。VRを用いた映像酔い、光感受性発作、立体視覚疲労低減技術等の開発を進め、映像の生体安全性に関する国際標準化の推進を継続した。

2) 骨導超音波補聴器と音環境評価技術の開発

骨導超音波補聴器の実用化を目指して、明瞭性・快適性の向上のための研究に取り組み、頭部における信号伝搬特性の評価や重度難聴者への適用可能性の検討を行った。また、脳磁界活動を用いて指標に、先行音の効果や音の大きさの増加・減少に関するバイアスを脳活動から明らかにするとともに、鉄道駅構内・車内騒音評価技術の開発を行った。

3) 日常生活の生理・心理計測技術の開発

日常生活の心理・生理・行動に関する生体信号を連続的に計測し、それらの間の関係性を明らかにする技術の開発を行い、これを用いて日常生活の気分状態を推定する数理モデルの開発を進めた。また、日常生活中に精神的疲労を簡易かつ定量的に計測する技術に関して、利用者の恣意的な反応による計測結果のバイアスを排除する計測アルゴリズムの開発とともに、計測の高速化を実現し、これまで2分程度を要していた検査を40～60秒程度に短縮することに成功した。

4) 疾病診断用嗅覚要素センサの開発とモデル系での生理機能の解析

疾病診断・危険検知用人工の鼻センサの構築を目指し、嗅覚受容体のリガンド結合推定部位の1~2アミノ酸置換変異受容体の複数種での応答性消失の観測、受容体補助蛋白質の応答性への影響の検討、センサ細胞アレイ化のための一過性発現処理不要な安定発現株化細胞の作成への着手などを行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 非侵襲脳機能可視化技術、骨導超音波、日常生活での生理・心理計測、映像の生体安全性、嗅覚代替センサ、生理機能モデル

⑦【生物プロセス研究部門】

(Bioproduction Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：鎌形 洋一

副研究部門長：湯本 勳

副研究部門長：近江谷 克裕

主幹研究員：高木 優

主幹研究員：町田 雅之

所在地：北海道センター、つくば中央第4、
つくば中央第6
人員：69名（69名）
経費：748,925千円（248,797千円）

概要：

1. ミッション

バイオプロセスによる高効率な物質生産を目指した基礎的・基盤的研究から実用化研究に至るまでの一貫した研究を行い、化石燃料代替物質、化成品原料、医薬化学品、有用タンパク質、生物資材など、物質循環型社会の実現ならびに高品位な物質生産技術の開発に貢献する。当該目的を達成するために(1)微生物・各種生物遺伝子資源の探索ならびに探索技術の開発、(2)遺伝子情報を高速で解析する技術し、有用遺伝子を *in silico* で探索する技術の開発、(3)各種ゲノム・生体分子情報をもとに遺伝子組み換え植物・微生物・動物などによる有用物質生産技術の開発、(4)タンパク質・核酸・生体関連化学物質材料などの開発に取り組む。また新部門は北海道センターとつくばセンターにまたがる部門であり、北海道センターにおいては、多様な地域連携を行いつつ、特に次世代アグリバイオテクノロジー研究拠点として地域貢献を果たして行く。

2. 研究の概要

- 1) 多様な微生物・生物資源を広く探索するとともに、それらの機能に着目する研究を展開した。中でも植物根圏表面に存在する新規な微生物群、メタン生成に関わる種々の嫌気性微生物の単離に成功した。これらの多くはその存在が予言されていたものの、微生物としての実体が明らかにならなかったものである。また、昆虫類の消化器官や細胞内に存在し、特殊な代謝機能を持つ共生微生物の存在とその共進化機構を次々に明らかにした。
- 2) 環境メタゲノムのうち標的とする遺伝子をスクリーニングするための新たな手法を開発するとともに、植物性バイオマスの分解に関わる新たな特性を持つ加水分解酵素を発見した。バイオマスの利用に資するアルコール酵母の育種ならびに次世代シーケンサーによる網羅的解析を行った。
- 3) 植物での遺伝子転写制御系に関わる遺伝子群の同定に成功した。この技術を用いて園芸植物の品種改良に成功した。
- 4) 有用タンパク質の解析ならびに応用の一環として不凍タンパク質に着目し、その機能を明らかにするとともに、その産業利用を目指した研究を行った。

外部資金：

- ・文部科学省 科学研究費補助金「メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物的メタン生成過程の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「陸域地下圏のメタンフラックスに関与する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「昆虫－細菌共生系における遺伝的基盤の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「インジゴ還元槽中の微生物叢の機能解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「超高速シーケンサーで切り拓く陸域地下生物圏の多様性とレアバイオスフィア」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「未知生育因子／1細胞探索システム」の構築と未培養微生物の安定培養の実現
- ・文部科学省 科学研究費補助金「コドン頻度を応用した新規手法による非組換えワクチンウイルスの作出」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「宿主昆虫－共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「社会性アブラムシにおけるゴール修復行動の分子・細胞・発生基盤の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「トンボの体色変化・体色多型の分子基盤の解明」
- ・文部科学省 科学研究費補助金「微生物－昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの

- 全容解明」
- ・ 文部科学省 科学研究費補助金「メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「微生物センサーを利用した新規スクリーニング法の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「根域の環境調節による根菜類の水耕栽培技術の開発」
 - ・ 文部科学省 最先端・次世代開発支援プログラム「遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「作物全般に利用可能な分岐・矮性化・分化能を制御する転写因子の単離とその利用」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「代謝遺伝子サイレンシングライブラリ72の構築」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「木質形成過程における転写制御ネットワークの解明」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と応用技術に関する研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「オーラシナルカロイドが示す強い抗菌活性とその利用に向けた研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「DNA 架橋化試薬の開発と、その応用に関する研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「電気化学顕微鏡を利用した初代培養細胞の動態解析システムの開発」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「新規発光・蛍光技術ソースの探索を目指した発光生物調査」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「高効率薬物代謝アッセイのためのマイクロソーム電極の創製」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「ルシフェリン合成系を導入した完全人工発光植物の創製」
 - ・ 文部科学省 科学研究費補助金「平成23年度若手研究者招聘事業-東アジア首脳会議参加国からの招聘ターイにおけるバイオプラスチック製造基盤確立に向けた若手研究者育成のための共同研究」
 - ・ 経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「稲わら由来セルラーゼ阻害物質の分解除去方法の開発」
 - ・ 経済産業省 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究」
 - ・ 経済産業省 平成23年度エネルギー使用合理化技術開発等「密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発」
 - ・ NEDO バイオマスエネルギー先導技術開発 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導研究開発）／「酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究」
 - ・ NEDO 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／「カシミア繊維の試験方法に関する標準化」
 - ・ NEDO 「電気的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構「金属資源回収のための生物資源ライブラリ構築」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構「水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構「リボソーム工学に基づく細胞機能の多様化」
 - ・ 独立行政法人科学技術振興機構「ウイルス・毒素の診断・除去を指向した、高性能ナノ糖鎖作製開発研」

- ・独立行政法人科学技術振興機構「ゼロから創製する新しい木質の開発」
- ・独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業 (A-STEP)「分裂酵母 *S.pombe* による脂肪酸の高効率生産システム技術開発」
- ・財団法人 南西地域産業活性化センター「島しょ型ゼロエミッションエネルギーシステム構築事業」
- ・独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター「共生細菌により昆虫が獲得する新規生物機能の解明と制御への基盤研究」
- ・独立行政法人農業生物資源研究所 平成23年度新農業展開ゲノムプロジェクト「人為的変異を利用したイネ実験系統群の作出」
- ・独立行政法人医薬基盤研究所 保健医療分野における基礎研究推進事業「抗体医薬品等のバイオ医薬品の合理的開発のための医薬品開発支援技術の確立を目指した研究」
- ・独立行政法人医薬基盤研究所「持続発現型 RNA ベクターやトランスジェニック植物を利用した革新的バイオ医薬品製造技術の開発」
- ・ノーステック財団「核内受容体活性評価手法を用いた各種高機能作物の評価試験に関する研究」
- ・財団法人沖縄科学技術振興センター 知的クラスター形成に向けた研究拠点構築事業 沖縄生物資源の活用促進に向けた研究基盤の構築

発 表：誌上発表106件、口頭発表258件、その他28件

生物資源情報基盤研究グループ

(Microbial and Genetic Resources Research Group)

研究グループ長：鎌形 洋一

(つくば中央第6)

概 要：

本研究グループでは、未知・未培養・未利用の生物資源を探索する技術を開発するとともに、これらの生物遺伝子資源を活用した物質生産技術・環境制御技術等の開発を行うとともに微生物・遺伝子資源情報の外部提供を目的とした技術開発を行っている。具体的には (1) 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化を進め、これらの微生物資源の有効活用を目指した。(2) 様々

な自然・人工環境から分離された新規微生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明を行った。特に、地下圏・水圏・水生植物根圏・メタン発酵リアクター等に存在するこれまでに分離されたことのない新規な微生物の獲得に成功し、その機能解析を進めた。(3) 微生物を分離培養することなく直接環境 DNA・RNA を利用するメタゲノム・メタトランスクリプトーム解析によりこれまでに見いだし得なかった多くの酵素群の探索に成功した。(4) 微生物間相互作用、中でもメタン生成古細菌と発酵性細菌の共培養系を確立し、共培養でのみ特異的に発現する遺伝子を精緻に解析した。

- 研究テーマ：1. 未知・未培養微生物ならびに未利用生物資源の探索・同定・分類ならびにライブラリー化
2. 新規(微)生物群の機能解明・ゲノム解析・機能利用・微生物間相互作用の解明
3. 環境ゲノム解析技術：メタゲノム・メタトランスクリプトーム解析技術の開発と利用
4. 環境制御・浄化に資する微生物の生態学的解析・利用技術の開発

酵素開発研究グループ

(Enzyme Exploration Research Group)

研究グループ長：宮崎 健太郎

(つくば中央第6)

概 要：

当研究グループでは、微生物酵素の高度利用に資する研究開発を行う。具体的には、メタゲノム手法による有用遺伝子の探索、進化分子工学による蛋白質の機能改変、合成生物学的手法による宿主デザインを行う。当研究室で開発された技術を核に民間企業との共同研究などを行い、酵素の産業利用を目指す。

メタゲノム手法による有用遺伝子の探索では、PIGEX (Product-Induced Gene EXpression) 法の開発とそれを用いたアミダーゼ遺伝子のスクリーニングを行い、多種多様な特性を持つアミダーゼの獲得に成功した。

進化分子工学による蛋白質の機能改変では、メタゲノム由来β-グルコシダーゼの高機能化、機能解析を行った。とくにグルコース耐性β-グルコシダーゼの特異的な性質を明らかにするため、変異PCR法によりライブラリーを構築し、スクリーニングを行った。結果、グルコース耐性の分子基盤に対する示唆が得られた。

合成生物学的手法による宿主デザインでは、大腸菌をプラットフォームとして、リボソームの構成因子を改変する方法を試みた。レポーター遺伝子を介した発

現解析により、リボソーム因子の変異が宿主の代謝に大きな影響を及ぼすこと、野生型宿主よりも高いレベルで発現させうることを明らかにした。

遺伝子転写制御研究グループ

(Gene Regulation Research Group)

研究グループ長：高木 優

(つくば中央第4)

概要：

植物では、遺伝子発現の制御が転写レベルで行われていることから、植物の機能を改変するのに転写因子を活用した方法が有効であることが示されている。そこで、我々は、転写因子の機能を有効に活用するための転写抑制機能を利用した遺伝子サイレンシングシステム (CRES-T 法) を開発した。これは、転写因子の C 末端に6アミノ酸からなる植物特異的なリプレッションドメインを付与した、転写活性化因子を転写抑制因子 (リプレッサー) に機能変換する技術である。リプレッサーに機能変換した転写因子 (キメラリプレッサー) を植物体で発現させると、転写因子の標的遺伝子の発現が抑制され、結果として、転写因子遺伝子の欠損型あるいは転写因子の機能が抑制された表現型となる。CRES-T 法によって、遺伝子発現の様式をダイナミック変化させることが可能になり、これまでの変異株では見られなかった乾燥ストレス、高塩、低温、高温等、の環境ストレスに対する耐性を付与する因子 (キメラリプレッサー) を同定した。さらに、酸性土壌、重金属に対しても耐性を示す CRES-T ラインの選抜に成功した。また、低炭素社会の実現のため、バイオエタノール生産に有効な木部形成を遺伝子工学的手法で操作し、より糖化しやすい細胞壁を持つ植物の開発を行っている。一方、バイオディーゼルの効率的に生産するため、種子の油脂含量を増加するキメラリプレッサーの単離を行いこれまでに野生型と比較し、20%油脂含量を増加させる因子を同定した。この因子でエネルギー植物であるジャトロファの形質転換を試みている。

研究テーマ：植物転写因子機能解析研究

生物材料工学研究グループ

(Bio-material Engineering Research Group)

研究グループ長：佐々木 正秀

(北海道センター)

概要：

本研究グループは有用物質生産を目的とした生物材料の高度利用、および生体物質の生産、分離、センシングへの応用を目指した生体物質の2次元位置選択的修飾技術を研究している。

有用物質生産に関して、木質系バイオマスの水熱反応で得られるオリゴ糖成分の有機酸による加水分解機

構、特に腐食の影響について検討した。有機酸による反応管 (ステンレス) の腐食が起こると、水溶性金属錯体がバイオマス生成物に混入し、収率に影響を及ぼす。有機酸のステンレスに対する腐食速度と水溶性金属錯体生成量との間に相関があることを明らかにし、腐食速度の低い有機酸 (ここでは酢酸) を用いることで、水溶性金属錯体生成量を抑制することに成功した。微細表面修飾技術に関しては、非接着表面の作製について検討した。従来のポリエチレングリコール (PEG) シラン法では、表面への固定量が少なく、効果が限定的であった。そこで、イニシエーターを固定した基板上で PEG を側鎖に持つメタクリレートモノマーを基板上で重合することにより、従来法より多数の PEG 鎖を有するポリマーの成膜に成功した。

研究テーマ：1. 生物材料の高度利用
2. 生体分子固定のための微細表面修飾技術

生体物質工学研究グループ

(Biological Substance Engineering Research Group)

研究グループ長：山岡 正和

(つくばセンター第6)

概要：

当研究グループは、健康食品、化成品原料、バイオディーゼル燃料など幅広い用途が期待されている脂質を自在に生産できる酵母の系の確立と、バイオマス資源から得られる物質から生分解性など環境保全のための新規機能性高分子の開発・評価を目指している。

それぞれの用途に適した脂質を自在に生産して利用するために、酵母等による脂質生産系の確立を目指して、酵母による脂質生産性向上や代謝に関わる因子の開発、高度不飽和脂肪酸生産に関わる因子の開発を進めて、平成23年度には以下の研究成果を得た。

脂質生産性向上に関わる因子の開発に関して、出芽酵母の *snf2*破壊株に脂質合成酵素遺伝子 *DGA1* を過剰発現させると脂質蓄積性が向上すること、その N 末端29残基が欠失している *DGA1* 蛋白質は活性が高いことを既に見出しており、今年度は、その欠失の程度と活性との関係を検討した。N 末端23から37残基までの欠失では活性が増加するのに対し、51残基まで欠失させると活性が低下することを見出した。また、高度不飽和脂肪酸生産系の中で律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和化に関して、その不飽和化効率率は基質添加濃度に依存して変動し、特に欠失型の *DGA1* 過剰発現下での変動は顕著である事を見出した。

さらに、エタノール耐性株ではエタノール存在下での増殖時にオレイン酸含量が増加していることを見出したことから、今年度は新たなアルコール耐性株によるオレイン酸を高濃度に蓄積する株の構築を試みた。

その結果、不飽和化酵素 OLE1を高発現するよりも、ラット脂肪酸鎖長延長酵素 (rELO2) を高発現することで効率的にオレイン酸量が増加した。この株は、エタノールに加えて、プロパノール、2-プロパノール、ブタノールを含む培地中でも生存率が増加した。

一方、脂質や糖質等のバイオマス資源から得られる生体物質は既にその幾つかが利用されているが、循環型社会構築のためには、原料を化石資源に頼らずに廃棄物が低環境負荷である、バイオベースの新規機能性高分子の開発が期待されている。そこで昨年度に続いて、バイオ燃料製造時に副生するグリセロール誘導体を原料にモノマーを合成し、そのラジカル重合でポリエステルを合成することを目指した。その結果、ケテンアセタールモノマーである2-メチレン-1, 3-ジオキサン-5-オンが合成されていることをスペクトル的に確認した。また、発酵法で製造されているイタコン酸を原料として性質の異なる数種の誘導体モノマーに返還した後、その共重合体を合成し、これらをポリ乳酸と植物繊維に添加した複合材料を調製することができた。

- 研究テーマ：1. 機能性脂質の生物生産高効率化の研究
2. バイオマス由来高分子素材の合成と高機能化の研究

生体分子工学研究グループ

(Biomolecular Engineering Research Group)

研究グループ長：小松 康雄

(北海道センター)

概 要：

本研究グループでは、核酸、タンパク質、細胞の活性、特性を、有機化学ならびに工学的手法によって改良、向上させ、物質生産、医薬品等の開発に利用するための基盤技術開発を行っている。

核酸関連では、昨年度までに開発した2本鎖 DNA間を架橋する新型試薬が2本鎖 RNA 間も架橋する能力を有するかどうかを調べた。その結果、同試薬は2本鎖 RNA 間も簡便に架橋して安定化することを明らかにした。我々の開発した架橋化反応は、DNA および RNA の2本鎖領域を安定化させることから、核酸医薬品の安定化や低分子化に役立つ可能性を内包することを示した。

また、電気化学を利用した研究では、当研究グループで開発した細胞解析用走査型電気化学顕微鏡によってマウスの心筋細胞の拍動解析が可能かどうかを調べる実験を行った。心筋一細胞の上部にマイクロ電極を配置して電流を観察した結果、心筋の拍動に伴う細胞形状の変化を微小電流として同電極によって検出することに成功した。今回開発した技術は非接触で細胞上部から細胞の動きを観察可能なため、従来技術よりも極めて簡便であり、心筋細胞の新た

な活性評価技術の可能性を示した。

- 研究テーマ：1. 核酸の安定化と低分子化を目指した機能性分子の開発
2. 電気化学を利用した、生体関連物質の機能解析と検出技術の開発

植物分子工学研究グループ

(Plant Molecular Technology Research Group)

研究グループ長：松村 健

(北海道センター)

概 要：

植物の遺伝子組換え技術を利用して、有用物質、特に哺乳類の医薬品原材料を主に植物で高発現・高生産可能な技術開発とこれと並行して医薬品原材料生産遺伝子組換え植物を密閉、かつ完全な人工環境下で栽培・育成から製剤化までの一貫した工程を実施可能な植物工場システムの確立を目標に研究を進めている。

植物で医薬品原材料等の高付加価値有用物質を生産するには、目的遺伝子を高発現させる必要があるが、導入した遺伝子の高発現は植物側の遺伝子発現制御、すなわち、ジーンサイレンシングを引き起こし、結果として発現が抑制される場合が多い。そこで、複数種の植物ウイルス由来サイレンシングサプレッサーの活用により、一過性発現系において抗体などの発現量を増加させることに成功した。

また、遺伝子組換え植物を利用した医療用原材料生産においては、計画生産性、清浄度等々から人工照明を利用した完全人工環境下での栽培が望ましい。当該施設を用いて生産した、イヌの歯周病治療薬として効果のあるイヌインターフェロン発現遺伝子組換えイチゴの治験を終了した。さらに、新たな植物工場の活用、栽培技術の開発を目的に、生薬植物類の人工環境下での栽培技術開発に着手した。

- 研究テーマ：1. 閉鎖型植物生産施設に適した有用物質生産基盤植物の開発研究
2. 植物ウイルスベクターの開発
3. 医療用原材料生産のための密閉型遺伝子組換え植物工場の開発

分子生物工学研究グループ

(Molecular and Biological Technology Research Group)

研究グループ長：森田 直樹

(北海道センター)

概 要：

当研究グループは、有用タンパク質・有用脂質・有用糖質の新しい生産・利用システムの開発において、従来よりも優れた技術を開発し、最終的に産業応用に貢献することを目標としている。

分子イメージング技術の開発では、酸化ストレス適

応反応に重要な転写因子 Nrf2のプロモーター領域と抗酸化剤応答配列 (ARE) を用いたレポータープロンプをそれぞれ作成した。

酵母におけるタンパク質発現系の研究では、高細胞収率などのタンパク質生産において優れた特徴を有する実用酵母株において、特定の炭素源を資化できない変異株を作製し、本特徴を利用して発現ベクターを酵母細胞内に維持する新規発現システムを構築することに成功した。

機能性脂質生産系の研究では、腸内乳酸菌のゲノム上に存在する二つの推定カルジオリピン (CL) 合成酵素遺伝子 (*cls*) の何れか一方を欠失させた単独変異株 (Δ 0093株、 Δ 0829株) について、 Δ 0093株ではコール酸 (CA) 適応処理後のみ CL が検出され、 Δ 0829株では野生株に比べ低いながらも CA 適応処理とは無関係に CL が検出されることが解った。このことから、各 *cls* は CL 合成酵素遺伝子であること、各単独欠失株では残存 *cls* により CL が合成されること、二つの CLS は異なる役割を持つことが明らかになった。

機能性物質の新規合成法開発では、マイクロ波を利用した環状ペプチド RGD の合成、糖鎖合成における糖転移酵素の副反応制御などに成功した。更に、これまでに合成した新規糖鎖の活性試験や、マイクロ波を利用した高性能ナノ粒子の作成と医薬分野における利用研究を進めた。

糖脂質の機能解明では、異常蓄積した糖脂質 GM2 が細胞内のシグナル分子である cSrc と直接相互作用し活性化することを、糖脂質蓄積症モデルマウスから株化したアストロサイトを用いて証明した。

- 研究テーマ：1. 生物発光系を活用したレポーターアッセイ系及び分子イメージング技術の開発
2. 真核微生物を用いた新規タンパク質発現系の開発
3. 機能性脂質の代謝工学的生産法の開発
4. 機能性物質の新規合成法開発と構造活性相関研究
5. 糖脂質の機能解明とその応用

生物共生進化機構研究グループ

(Symbiotic Evolution and Biological Functions

Research Group)

研究グループ長：深津 武馬

(つくば中央第6)

概要：

非常に多くの生物が、恒常的もしくは半恒常的に他の生物 (ほとんどの場合は微生物) を体内にすまわせている。このような現象を「内部共生」といい、これ以上ない空間的な近接性で成立する共生関係のため、極めて高度な相互作用や依存関係が見られる。このよ

うな関係からは、しばしば新規な生物機能が創出される。共生微生物と宿主生物がほとんど一体化して、あたかも1つの生物のような複合体を構築することも少なくない。

我々は昆虫類におけるさまざまな内部共生現象を主要なターゲットに設定し、さらには関連した寄生、生殖操作、形態操作、社会性などの高度な生物間相互作用を伴う興味深い生物現象について、進化多様性から生態的相互作用、生理機能から分子機構にまで至る研究を多角的なアプローチから進めている。

我々の基本的なスタンスは、高度な生物間相互作用を伴うおもしろい独自の生物現象について、分子レベルから生態レベル、進化レベルまで徹底的に解明し、理解しようというものである。

- 研究テーマ：1. 昆虫-微生物間共生関係の多様性の解明
2. 共生微生物が宿主に賦与する新規生物機能の解明
3. 共生関係の基盤となる生理、分子機構の解明

遺伝子資源解析研究グループ

(Genomic Resources & Environmental Adaptation Research Group)

研究グループ長：星野 保

(北海道センター)

概要：

様々な特殊環境に適応する微生物が有する環境適応に関する酵素など有用物質や微生物機能そのものを対象として探索を行い、得られた物質の機能を示す仕組みと役割を検討し、分離した菌株の有用性実証することを目的とする。

凍結耐性の低いとされる *Pythium* 属卵菌類は極地から温帯まで様々な積雪環境に適応している。温帯産 *Pythium* 属菌は菌糸自体や遊走子嚢に凍結耐性はないが、亜南極から分離した菌株は遊走子嚢に、南極大陸より分離した菌株は菌糸および遊走子嚢に凍結耐性を有することを明らかにした。さらに植物に感染させた温帯産 *Pythium* 属菌は菌糸に凍結耐性がみられ、本菌では宿主の有する凍結耐性機構積極的に利用していることを見出した。

低温下、乳脂肪分解活性の高い酵母 *Mrakia lollopolis* の脂質分解活性は細胞形態によって異なることを見出した。すなわち固体培地上で富栄養あるいは液体中の菌体は細胞あたりの栄養素の取り込みを最大にするため酵母状となり、酵素分泌量も高い、一方、固体培地上で貧栄養状態では本菌は糸状となり酵素分泌量も少ないことを見出した。

カメムシ殺虫剤耐性が、腸内細菌の薬物耐性に基づくことを初めて明らかにした。腸内細菌の薬物耐性の

進化速度は宿主昆虫に比べて極めて高いことから、害虫防除には腸内細菌の制御が極めて重要であることを見出した。

- 研究テーマ：1. 機能性微生物の探索と環境適応機能解明に関する研究
2. 微生物および酵素機能を応用した新規物質変換法および環境浄化法の開発

生物システム工学研究グループ

(Molecular Systems Bioengineering Research Group)

研究グループ長：町田 雅之

(北海道センター、つくばセンター)

概 要：

近年の次世代 DNA シークエンサーや、タンパク質、代謝物質、細胞ネットワークなどの解析技術の進展により、ゲノム情報や遺伝子機能に関わる情報が短時間で大量に得られるようになった。これらの情報は、生命科学に基づく幅広い産業への応用が進んでいる。本研究グループは、ゲノム情報を迅速かつ効果的に物質生産や環境低負荷などに利用することを目的として、遺伝子、翻訳産物など、細胞機能の網羅的解析に関する解析技術を開発し、柔軟な情報処理技術との統合によって、大規模ゲノム情報の産業利用に必要なシステムの開発を進めている。

DNA 解析技術の応用として、様々な生物種の迅速で効率的な評価・鑑別が考えられる。これまでに、魚類、野菜などの植物、獣毛などへの応用を進めてきた。これに必要な検出技術、自動化技術についても、これまでに開発した技術を基盤として性能評価を中心に検討を進めてきている。また、様々な物質生産に有用な二次代謝系の遺伝子とその利用技術について、生理活性物質生産、エネルギー生産、生産性向上の観点から、利用する生物種を含めて、有用な遺伝子の探索とその利用技術に関する検討を行った。近年のゲノム解析の結果から、糸状菌は予想を遙かに超える二次代謝系遺伝子を有することが明らかとなった。これらの遺伝子の解析には、アノテーションや発現情報だけからではなく、比較ゲノム解析や染色体上の位置を考慮した解析によって、大幅な効率化が可能である可能性が示された。

- 研究テーマ：1. 有用なゲノム・遺伝子資源の探索と利用技術の開発
2. システム生物学を利用した生物機能解析・利用技術の開発

機能性蛋白質研究グループ

(Functional Protein Research Group)

研究グループ長：津田 栄

(北海道センター)

概 要：

不凍タンパク質など産業や医学の分野において広範な応用が期待される未知・未利用の機能性タンパク質群のみを研究対象として、それらの天然資源（動植物）からの探索、アミノ酸・遺伝子配列の決定、性能評価、機能解明、高機能化、および有効活用法の検討を行う。特に、バイオテクノロジーの開発に必須である、タンパク質大量精製技術の確立、高精度の活性評価システムの構築、多様な細胞保存効果の検証を行う。NMR 法と X 線法を用いてこれらのタンパク質の3次元分子構造と機能の解明を行い、安全性、安定性、反応性の解析を基にしてタンパク質固定化材料の設計創出を行う。

これまでに、様々な生物から不凍タンパク質を発見し機能解析を行うとともに、食品や冷熱分野での産業応用に最も適した不凍タンパク質の大量精製技術を独自に開発して特許を取得した。国内大手企業との間でその実施契約の締結に至り、現在は同タンパク質を用いた様々な技術と商品の開発がさまざまに進捗している。また、魚類由来不凍タンパク質やその類似ペプチドが機能性細胞やウシ受精卵の生存率を飛躍的に高めることを見出した。不凍タンパク質の種類、配合量、添加物などを詳細に検討することで、既存の方法よりも長期間の保存が可能となる非凍結保存液を開発した。さらに、不凍タンパク質の作用機構を明らかにするために、細胞や氷結晶との相互作用を様々な手法で解析している。また、これまでに NMR 法と X 線法によって、様々な種類の不凍タンパク質、および産業用酵素などの機能性タンパク質の立体構造と機能発現メカニズムの解析に関する研究論文を主要国際誌へ発表した。本年度は好冷性のキノコが発現する新規不凍タンパク質の立体構造解析と氷結晶との間の相互作用メカニズムを明らかにした。

- 研究テーマ：1. 不凍タンパク質を用いた省エネ型冷熱利用技術の開発
2. 不凍タンパク質の大量精製法の確立
3. 産業用タンパク質の医学応用及び食品応用

遺伝子発現工学研究グループ

(Proteolysis and Protein Turnover Research Group)

研究グループ長：田村 具博

(北海道センター)

概 要：

当研究グループでは、有用物質の生産や環境浄化ならびに有用タンパク質の生産など多目的用途に利用可能な高機能型細胞（プラットフォーム）の創製に向けて、放線菌（ロドコッカス属細菌）や大腸菌を宿主とした各種技術開発を進めている。

放線菌による難水溶性物質の変換効率を高めるため、既に確立している抗菌物質処理による細胞内外の物質移動効率化に加え、細胞内で変換を司る酵素について機能改変を行った。その結果、酵素タンパク質に点変異の導入することにより酵素活性を著しく高めることに成功した。高機能化した酵素を蓄積した細胞を抗菌物質処理することで、物質変換効率の向上が期待される。また、難水溶性物質の物質変換を目指した宿主-ベクター系の開発から、新たに有機溶媒で誘導される誘導型プロモーターと構成型プロモーターを見出し、それらプロモーター導入した新たな発現ベクターを構築した。

一方、大腸菌を利用した物質生産系を目指し、主要代謝酵素系に対するアンチセンス RNA による遺伝子発現抑制法を用いて、細胞内代謝中間産物の変動について検討を行った。その結果、解糖系の中間代謝産物の一つであるピルビン酸を好氣的条件下で生産することに成功した。

- 研究テーマ：1. 放線菌を多目的用途に利用可能なプラットフォームに改変する技術の開発
2. 有用生体分子の探索とその構造と機能解析
3. 代謝工学的改変技術の開発と応用

⑧【バイオメディカル研究部門】

(Biomedical Research Institute)

(存続期間：2010. 4. 1～)

研究部門長：織田 雅直
副研究部門長：丹羽 修、亀山 仁彦
上席研究員：石田 直理雄
主幹研究員：矢吹 聡一、今村 亨

所在地：つくば中央第6、第2、第4、八王子支所
人員：82名 (82名)
経費：940,724千円 (運営交付金433,563千円)

概要：

バイオメディカル研究部門は、ライフ・イノベーションを実現するための産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発を推進するため、①「生体分子の構造・機能を理解・解明するとともに、それら知見を活用し新しい創薬基盤技術・医療基盤技術を確立する」および②「創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の動向把握に努め、将来に向けた技術の芽を発掘し育成する」を部門ミッションと定め、新しい創薬基盤技術・医療基盤技術および関連技術の研究開発を推進している。上記の部門ミッションを遂行するため、以下の四つの戦略課題を設定し、重点的に

予算を配分し研究を実施している。それぞれの戦略課題には複数の研究グループを配置し、課題解決に向け複数の研究グループが一体となって研究を実施するよう促している。また経済産業省、文部科学省、新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構などの受託研究や企業等との共同研究など、外部資金による研究開発も積極的に推進している。

戦略課題1. 生体分子の構造・機能解析と高機能化

蛋白質等の生体高分子のエクス線結晶構造解析や高分解能電子顕微鏡解析を行い、これら分子の構造と機能の相関関係を明らかにするとともに、臨床薬のターゲットとなる膜蛋白の迅速構造解析法等の開発を行う。また、蛋白質設計技術、合成技術、改良技術の開発を行うとともに、抗体精製用リガンド蛋白質についてこれら開発した蛋白質設計・合成・改良技術を適用することで高機能化等を進め、抗体医薬品開発を加速化する多品目抗体に迅速対応可能な新規精製システムの構築や抗体医薬品の問題点である製造コストの低減化を目指す。更に簡便な遺伝子定量法や新規人工蛋白質の開発を行い医療計測の標準化に資するプラットフォームを整備する。

戦略課題2. 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

健康状態における生体リズムの変動や老化に伴う生体分子の変化などを個体・細胞・遺伝子レベルで解析し、これらの変動や変化を引き起こす生体分子メカニズムの解明を目指す。また得られた解析成果を利用して生体分子メカニズムの評価系を開発し、生体分子メカニズムを制御する生理活性物質を天然物などから探索・同定する。さらに、生体分子メカニズムの異常より引き起こされる疾病、特に睡眠障害などの生体リズム障害および体内時計に関連する高血圧、血栓症、がんなどの生活習慣病を疾患ターゲットとして、健康状態をモニタリングするためのバイオマーカー開発やこれら疾患の予防や改善を目的とした天然物由来生理活性物質の発見を目指す。

戦略課題3. 健康・疾患に関連する細胞制御分子の解明と利用

健康や病気の生体や組織において、その機能を調節する遺伝子やタンパク質、細胞間シグナル伝達に働く種々のシグナル分子などを解析し、これら生体分子による細胞制御メカニズムの解明を目指す。また、脳神経疾患や生活習慣病を始めとする種々の疾患のバイオマーカーや原因因子を探索・究明する。これらの分子、あるいはそれを高機能化した分子を用いて細胞の機能異常の検出や、それを制御する技術を開発し、健康の増進や疾患の予防・診断・治療に貢献する。

戦略課題4. ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

ナノ分子材料や微細加工技術、表面加工技術と言っ

たナノテク技術とバイオ分野の技術を融合したバイオ診断計測解析技術の開発を行う。具体的には、生体分子と強く相互作用し信号変換する分子認識材料や発光分子プローブ材料の合成、生体分子を高感度に検出できるナノ薄膜電極材料、および一細胞での計測が可能なナノ針等のデバイス技術の開発を行う。また、それら要素技術を融合し、血液など極微量サンプルから複数の疾病マーカーを高感度に検出可能なセンサーや単一細胞解析が可能なセルソータなどの実現と、これらの基礎となる研究開発を行う。

研究推進に加え、産総研のミッションや仕組みを十分理解し、産総研職員として自ら考案的確に行動できる職員の育成を行うとともに、産総研のミッションである「若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進」を実施するため、③「自ら考え着実に行動（研究）する人材の育成」を三つめの部門ミッションと定め、産総研イノベーションスクール生、ポスドクや博士課程の学生、企業等から研究員などを受け入れ、研究現場にて研究開発を行いながら人材育成を行っている。

当部門は、質の高い論文として研究成果を発信することおよび開発技術の工業所有権（特許）の取得を行うことで成果の普及を行っている。研究論文においては国際的に評価の高い論文誌への投稿を重視し、特許においてはその具体的技術移転を想定した戦略的出願を重視している。また、企業等との共同研究を積極的に行うと共に、産総研オープンラボ、技術相談、学会・研究会などを通して成果の発信や普及を進めている。

内部資金：

重点研究加速予算（戦略予算）「放射線障害の防護方法の開発」

融合・連携推進予算（戦略予算）「核酸医薬開発基盤技術研究開発」

外部資金：

文部科学省受託研究費「発癌性物質や酸化ストレスに応答する生体防御系センサーの構造基盤（生体防御系センサー複合体の電子線単粒子解析）」

文部科学省受託研究費「アルツハイマー病治療薬創出に向けたγセクレターゼの構造解析と機能制御（γセクレターゼ複合体の機能解析と活性制御にかかわる構造研究）」

経済産業省受託研究費「平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）」

経済産業省受託研究費「平成23年度工業標準化推進事業委託費（戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業：医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化）」

NEDO 受託研究費「創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構「超好熱性 Thermococcales 属古細菌のウイルス様脂質膜小胞体の分子機能とその形成機構の解明」

独立行政法人科学技術振興機構「電顕を用いた単粒子画像解析技術の開発による膜たんぱく質構造決定の促進」

独立行政法人科学技術振興機構「ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発」

独立行政法人科学技術振興機構「シニョリン分子骨格を有する創薬リード探索用ライブラリの開発」

独立行政法人科学技術振興機構「高温超伝導材料を利用した次世代 NMR 技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「膜系1分子計測」

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター「消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会「平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー」

独立行政法人国立精神・神経医療研究センター「筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を目指した基盤研究」

独立行政法人科学技術振興機構「スパッタナノカーボン電極を用いたバイオマーカーの安定・高感度検出法の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「抗体発現細胞開発及び培養モニタリングのための迅速な抗体濃度測定装置の開発」

独立行政法人科学技術振興機構「藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究」

独立行政法人科学技術振興機構「藻類由来レクチンを用いた血中ウイルス等除去技術の開発」

国立大学法人北海道大学「TLR3リガンドを介した新規RNA アジュバントの開発」

独立行政法人科学技術振興機構「膜タンパク質認識ペプチド創製技術の最適化および自動化に関する技術開発」

文部科学省機関補助金「細胞性粘菌リソースの整備と提供（細胞性粘菌標準株および変異株の収集、保存と提供）」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構研究助成金等「化学増幅を用いた携帯可能な超高感度診断チップの開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「アクチンフィラメントの構造多型と機能分化」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか？」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「RNA 合成酵素複合体の機能構造解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「FGF 受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「エストロゲン様化学物質影響評価のための膜共役経路の解明」

文部科学省科研費補助金「3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析」

独立行政法人日本学術振興会「人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「電子顕微鏡画像を用いたタンパク質構造変化の自動解析技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「FGF21による体内時計及び体温調節機構の解明」

文部科学省科研費補助金「シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「網羅的変異データベースに基づく新規蛋白質設計法の開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「低分子量G タンパク質群のクロストークによる神経軸索伸張制御」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ディスフェルリン欠損症の治療を目的とした骨格筋細胞膜修復機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ナトリウムチャンネルの E3領域をターゲットにしたペプチド系鎮痛剤の開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズム」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「自律的にフォールドする短鎖セグメントを起点とした小型人工蛋白質のビルドアップ」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「induced folding 機構の獲得を抗体の親和性成熟に学ぶ」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキノーム解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「多種の血管新生因子を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「環境浄化に関わる未培養微生物を生きのまま選択的に回収する技術の創成」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ミトコンドリアにおける tRNA プロセッシング機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメ

ーシング技術」

文部科学省科研費補助金「遺伝子導入セルチップの高機能化を実現するソフト界面の構築」

文部科学省科研費補助金「CRISPR システムにおけるAGO2様活性を有する RNA 複合体の構造機能解析」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「生物希少資源が不要な酵素増幅型エンドトキシン検出法の開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ナノホールアレイを用いた表面プラズモン共鳴法によるメチル化DNAの迅速検知」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得」

文部科学省科研費補助金「アクチンフィラメントの B 端方向への協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリバリーシステムの開発」

独立行政法人日本学術振興会科研費補助金「酵母を用いたヒト上皮増殖因子受容体の機能解析」

独立行政法人日本学術振興会助成金「ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会助成金「RNA 合成酵素の反応制御分子基盤」

発表：誌上发表146件、口頭発表268件、その他31件

蛋白質デザイン研究グループ
(Protein Design Research Group)

研究グループ長：織田 雅直

(つくば中央第6)

概要：

欲しい機能を有する蛋白質を思いのままに創製することは、蛋白質科学における究極の目標である。我々は、配列空間探索というコンセプトのもとに、新しい観点からの蛋白質デザイン法の開発に取り組んでいる。そのために、蛋白質に網羅的にアミノ酸置換変異を導入し、得られた変異型蛋白質の特性解析を行っている。また、蛋白質をデザインすることはアミノ酸配列空間における地形解析である、とのコンセプトのもとに個々の変異効果について曖昧な加算性を仮定した適応歩行による蛋白質デザイン法を提唱し、その広範な利用を推進している。特に、この蛋白質デザイン法によりアフィニティ・リガンド蛋白質の設計を可能にするための基盤技術開発を進めている。近年、蛋白質医薬品分野が急成長しており、その製造・精製プロセスのプラットホーム技術の高度化が要望されているが、この蛋白質デザイン法とともに、当グループで開発した蛋白質の配向制御固定化技術を用いることにより、民間企業とも協力し、こうした技術としてのアフィニティ精製技術の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 1

健康維持機能物質開発研究グループ
(Physiologically Active Substances Research Group)

研究グループ長：丸山 進

(つくば中央第6)

概要：

各種生活習慣病の防止や改善のための機能性物質を開発し、特定保健用食品、機能性食品などとして実用化することを目標とする研究を行っている。以前の研究で見出した食品由来の血圧降下ペプチドを含有する飲料は「血圧が高めの方の特定保健用食品」の表示が初めて許可された食品として国内外で商品化されている。本年度は、体内時計の調節に関連する天然物を開発する目的で、アルカロイド系化合物をさらに探索した。また、体内時計と密接に関係している早朝高血圧を管理する目的で、発酵食品から見出した持続時間の長い血圧降下ペプチドについて、動物試験等によりそのメカニズムの確認を試みた。また、アミロイド β タンパク質の集積を防止あるいは制御する分子の開発に資するために、部位特異的に N メチル化修飾した類縁分子等を系統的に作成して、アミロイド β タンパク質との相互作用と集積への関与を調べた。さらに、

インフルエンザウイルスヘマグルチニンを細胞表面に発現する培養細胞株に対する蛍光ラベルしたニワトリ赤血球の結合量を相対的に測定するための測定条件を検討し、インフルエンザウイルスの細胞吸着を抑制する生理活性物質探索のためのアッセイ系の開発を試みた。

研究テーマ：テーマ題目2

生物時計研究グループ

(Biological Clock Research Group)

研究グループ長：大石 勝隆

(つくば中央第6)

概要：

地球上のほとんどすべての生物には体内時計が存在し、活動(睡眠覚醒)リズムのみならず、体温、血圧、糖・脂質代謝や薬物代謝などの様々な生理機能の概日リズム(サーカディアンリズム)を制御している。近年、ヒトを含む哺乳類において時計遺伝子により制御される体内時計の分子機構が解明されてきた。高等生物における体内時計のシステムは、入力系・振動体・出力系が、個体レベルで神経系や内分泌系によって複雑かつ強固に制御されている。我々は、個体としての体内時計のリズム発振機構を、分子レベルで明らかにしてゆくことを目標としている。

近年の時計遺伝子の機能解析によって、体内時計が様々な疾患の発症や症状に直接的に関与している可能性が示されている。一方、現代社会においては、社会の24時間化に伴い、睡眠障害やうつ病、不登校などの神経症が急増しており、体内時計との関連性が注目されるようになった。体内時計と様々な疾患などに起因した代謝異常との関連性を解明することにより、従来とは異なるメカニズムを介した新規な治療法の開発が可能になるものと考えられる。我々は、体内時計と様々な疾患発症との関連性を分子レベルで明らかにすることにより、時間医療・時間薬理学分野へ貢献するとともに、食を中心とした生活習慣と体内時計との関連にも着目し、予防的観点から国民の健康医療に貢献することを目指している。

研究テーマ：テーマ題目3

分子細胞育種研究グループ

(Molecular and Cellular Breeding Research Group)

研究グループ長：本田 真也

(つくば中央第6)

概要：

細胞や生体分子が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、これらを合目的に改良する新たな基盤技術(分子細胞育種技術)の研究開発を行う。その遂行においては、細胞や生体分子が高い機能を実現する合理的な機械であるという側面とそれらが長久の進化

の所産であるという側面を合わせて深く理解することを重視し、そこに見出される物理的必然性と歴史的偶然性を有機的に統合的することで、新たな「育種」技術の開拓を図ることを基本とする。また、技術開発課題の立案においては、内外のライフサイエンス・バイオテクノロジー分野における技術ニーズを把握し、現実的な社会還元が期待される適切な対象と方法論を選択することに努める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

RNA プロセッシング研究グループ

(RNA Processing Research Group)

研究グループ長：富田 耕造

(つくば中央第6)

概要：

RNAはその鋳型であるDNAから転写された後、多岐にわたる加工プロセスを経て、機能をもったRNAへと成熟化される。RNAプロセッシング研究グループでは、RNAが合成され、最終的に機能をもったRNAへと成熟化される一連の“RNAプロセッシング”過程に注目し、この過程に関わる蛋白質、蛋白質複合体装置の“機能”、“構造”、“進化”、そして“制御”の解析を通して、RNAと蛋白質の協同的な機能発現、制御、進化の詳細な分子機構を明らかにすることを目指す。具体的にはRNA合成、RNAの代謝、RNAの成熟化、RNAの機能付加に関わる酵素複合体に注目し、その中でも、“RNA合成酵素群”に注目し、それらの蛋白質、蛋白質複合体の詳細な反応分子機構、分子認識機構、分子進化、制御機構の解明を、生化学、分子細胞生物学、構造生物学的手法を用いて多角的に明らかにする。

研究テーマ：テーマ題目6

ナノバイオデバイス研究グループ

(Nano-biodevice Research Group)

研究グループ長：丹羽 修

(つくば中央第6)

概要：

新規なカーボンや自己組織化膜などのナノ薄膜材料、免疫系分子、非免疫分子、酵素等を利用した高精度な分子認識界面を構築し、生体分子を高感度に検出可能なセンシング手法を開発する。合わせて、検出法の高感度化、マイクロナノ加工技術を融合した前処理工程の集積化や多項目試料測定が可能なデバイスの実現を目的とする。具体的な研究手段、方法論として、スパッタカーボン薄膜を用いた薬剤管理用の電気化学センサ開発、新規なナノ加工法によるナノ構造体を有するカーボン電極による薬物スクリーニング法の開発、電気化学発光法を利用したメチル化DNAの検出、非免疫的な手法によるタンパク質の高感度検出の試み、ナ

ノインプリンティング法など微細加工技術による基板作製と多項目センシングに向けての基礎検討などを行った。

研究テーマ：テーマ題目7

バイオ界面研究グループ

(Bio-Interface Research Group)

研究グループ長：矢吹 聡一

(つくば中央第6)

概 要：

生体分子が機能やその活性を発現する場として、界面における反応場が重要であることが分かっている。また、生体外でこれらの分子を利用する際も、同様に、界面での利用が考えられ、重要性を有する。本研究グループでは、このような生体分子が関与した界面での挙動、反応等を解析し理解するとともに、その利用を目指した研究を行うことを目的としている。すなわち、生体分子がどのように界面で存在し、反応をすることを理解し、それを利用しようとするのが目的である。本年度は、界面でのタンパク質の配列化、その評価、界面におけるタンパク質のその場観察法を検討するとともに、固定化生体分子の長期安定性評価や酵素固定化電極を利用した内毒素高感度検出について検討を行った。

研究テーマ：テーマ題目8、テーマ題目9

バイオメジャー研究グループ

(Bio-Measurement Research Group)

研究グループ長：関口 勇地

(つくば中央第6)

概 要：

- (1) 産業や医療分野などでのバイオ計測の信頼性確保、その国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に資する技術開発と基盤整備

バイオ計測（生体由来物質の計測：バイオメジャー）は広く産業、医療分野等において行われているが、その信頼性確保のための基盤整備は不十分である。また、その多くのバイオ計測の計量計測トレーサビリティの確立は途についたばかりであり、バイオ計測の国内および国際的なレベルでの比較互換性の確保は今後の大きな課題である。本課題では、バイオ計測の信頼性確保、比較互換性の確保に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、そのために必要な技術的検討を行った。バイオ計測基盤の国際的な整合性を確保するための取り組みとして、国際度量委員会物質質量諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループなどに参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。また、バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ

標準物質の開発、整備を実施すると共に、バイオ計測の精度管理方法の開発、およびバイオ計測の国際標準化に資する研究開発を実施した。

- (2) 生体由来物質（核酸、ペプチド・タンパク質、代謝物、細胞、その他個体としての生命活動など）を検出・定性・定量するための新しい有用な基盤技術の創成

生体由来物質を対象とした計測分野のさらなる発展は、今後のバイオテクノロジー分野、医療分野等の進歩に大きく寄与する重要な課題である。本課題では、核酸や動物細胞を中心に、それらバイオ計測技術を進展させるための基盤技術の開発を行った。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、エンドポイント定量法などを利用し核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規手法の開発と、その応用を行った。また、微生物由来核酸の定量技術開発、動物細胞のバイアビリティを評価するための新規手法の開発を行った。また、核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発を進めた。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

脳遺伝子研究グループ

(Molecular Neurobiology Research Group)

研究グループ長：戸井 基道

(つくば中央第6)

概 要：

高齢化社会に伴い増加の一途をたどる神経・精神疾患において、その発症予測や治療、機能回復に関わる技術に対しての社会的要請が強まりつつある。しかしながら、神経細胞の分化・維持機構、ネットワーク形成やその可塑的変化の分子レベルでの理解は依然として十分ではなく、それが疾患の予測・治療手法や、機能改善・代替手法の開発が進まない原因の一つとなっている。そこで当研究グループでは、主にモデル動物を用いた遺伝子解析技術と光学的イメージング技術に基づいて、神経細胞の維持・再生・移植技術に関する基礎技術の提供を研究目標としている。特に、マウスや線虫などモデル生物の遺伝子操作や、培養細胞への遺伝子導入手法により、神経細胞の基本特性の制御に関与するキー遺伝子の機能や神経疾患に関連した遺伝子産物機能、さらには脳内神経ネットワークの形成・維持制御機構等を解明する。そのために、上記のモデル動物等を用いて、新規の疾患モデル動物の作製や疾患に関与するキータンパク質群の生体内での動態解析技術、疾患変異型モデル生物を用いた新規のスクリーニング技術の開発を行っている。同時にこれらの解析に必須である、分子レベルから個体レベルまでの生体現象の可視化を可能にする、新たな顕微鏡システムや観察基盤技術の開発も進めている。

研究テーマ：テーマ題目12

脳機能調節因子研究グループ

(Molecular Neurophysiology Research Group)

研究グループ長：亀山 仁彦

(つくば中央第6)

概要：

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。これら生体分子が本来持っている機能を解析しそれを利用する技術開発・機器開発などを遂行する。具体的には生理活性ペプチド、タンパク質、核酸、糖鎖などが結合する標的分子の認識機構を主に分子生物学的手法により解析し、分子間相互作用機構を利用した創薬に資する技術開発、機器開発などを行う。生理活性ペプチドの構造骨格部分を保存し、標的認識部分に変異を導入した人工 cDNA ライブラリーを作成し分子進化工学的手法により新たな標的分子を認識できるように試験管内で高機能化する手法を開発中である。

研究テーマ：テーマ題目13

シグナル分子研究グループ

(Signaling Molecules Research Group)

研究グループ長：今村 亨

(つくば中央第6)

概要：

当研究グループでは、産総研ミッションである「先進的・総合的な創薬技術、医療技術の開発」、「健康な生き方を実現する技術の開発」の技術開発によるライフ・イノベーションの実現のため、創薬・医療に関わる生体分子の構造・機能の理解・解明と創薬・医療に関わる基礎・基盤技術の開発をめざしている。特に、各種組織を構成する細胞の、増殖・分化・機能等を制御するシグナル分子を研究の起点として、ヒトなど高等動物の細胞と個体の機能制御メカニズムに関する新知見を獲得するための研究を推進している。研究手段は、分子レベル、細胞レベル、個体レベルにまたがっている。得られた知見については、これを活用し、シグナル分子とその制御分子を用いて生命現象を細胞レベル・個体レベルで評価・制御するテクノロジーを開発し、創薬と医療支援に係る産業の振興に資することを目標としている。これらの目標に加え、当研究グループでは、シグナル分子を起点とした研究による知見の獲得とその利用という研究取り組みが、ライフサイエンス分野における本格研究の実現に有効であることをその研究活動を通じて示すことも、随伴的目標と位置づけている。

研究テーマ：テーマ題目14、テーマ題目15、テーマ題目

16

構造生理研究グループ

(Structure Physiology Research Group)

研究グループ長：佐藤 主税

(つくば中央第6)

概要：

我々の細胞の機構は、分子から始まって様々な階層での相互作用の積み重ねによって形成されている。我々は、細胞、微生物の構造と機能の制御機構を、主に電子顕微鏡技術を利用して、分子・細胞・神経回路網レベルで研究している。光学顕微鏡で細胞を観察する際、分解能は200nm までが限界だが、電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電頭像を組み合わせれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達、アルツハイマー症などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。さらに、もう少し大きな細胞内の微細構造を観察するために、半導体製造で用いる SiN 薄膜越しに液体中の細胞を直接 SEM で見る全く新しい電子顕微鏡を、(株)日本電子と共同開発した。これらの技術を NMR や X 線結晶解析、画像情報学などの様々な方法と組み合わせながら、構造と機能の関連を広く研究している。

研究テーマ：テーマ題目17、テーマ題目18

セルメカニクス研究グループ

(Cell Mechanics Research Group)

研究グループ長：中村 史

(つくば中央第4)

概要：

本研究グループは、細胞の有する機械的な運動機能、関連する生体分子の構造と機能を明らかにし、医療、創薬、あるいは細胞そのものを応用する新産業に貢献する研究を推進する。ミオシン、キネシン、ダイニンなどの分子モータータンパク質は、生物の機械的運動機能の根源的存在である。また、アクチンは種々の遺伝病に関係し、また細胞による力感受は分化誘導に重要であることも明らかとなりつつある。また近年、前立腺癌の転移にネスチンが深く関わる等の報告があり、中間径フィラメントのダイナミックな変化は細胞の動態を司り、病理メカニズムにおいて重要な役割を果たしていることが明らかになりつつある。これら細胞骨格系タンパク質の構造変化に基づく新規機能を解明し、創薬標的としての基盤情報を確立する。また、近年 iPS 細胞に代表されるように幹細胞を制御する工学に注目が集まっているが、実用化のためには高度な細胞制御技術が必要となる。これらの研究は、バイオインフォマティクス、ナノテクノロジーなどの分野融合

によって生み出される全く新しい生体分子工学、細胞工学の体系の構築とこれを利用した産業の創出に資するものである。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20

細胞増殖制御研究グループ

(Cell Proliferation Research Group)

研究グループ長：ワダワ・レヌー

(つくば中央第4)

概 要：

我々の研究グループはこれまで細胞の老化や不死化、癌化などについての基礎研究を積み重ねてきた。独自に同定したモータリン (hsp70ファミリーに属するタンパク質) は、ヒトの癌と老化病に強い関わりがあることが明らかになってきた。我々はモータリンに対する抗体の細胞内在性を明らかにし、細胞を追跡するナノ粒子の構築に成功した。モータリンの染色は正常細胞と癌化細胞の区別にも応用できる。また、癌抑制タンパク質 p53の制御因子として同定した CARF 遺伝子が細胞老化に深く関わっていることを明らかにした。CARF 遺伝子に対する siRNA がガン治療に応用できる可能性を見出した。さらに薬剤耐性とガン転移に関わる遺伝子スクリーニングを行っている。

老化や癌化の分子メカニズムを探索するため、siRNA ライブラリーや cDNA 発現ライブラリーを用いたスクリーニング実験も行っている。我々がインドに自生する植物アシュワガンダの葉から新規に同定した薬効成分についても解析を進め、抗癌活性や抗老化活性のある成分や関連する遺伝子群を同定している。

その他にも、タンパク質を構成しないノンコーディング RNA (ncRNA) に着目し、生きたままの細胞内で ncRNA を蛍光検出する新規手法を通じて分子解析を進めている。上記のような標的因子の細胞内での挙動を制御することで、細胞の不死化や癌化を自在に操ることができる技術の開発を行い、「より良い医薬品の開発・提供」や「健康産業の創造」に貢献できるような研究活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22、テーマ題目23

分子複合医薬研究グループ

(Molecular Composite Medicine Research Group)

研究グループ長：宮岸 真

(つくば中央第6)

概 要：

分子複合医薬グループでは、多様な機能分子と様々な技術要素を複合的に組み合わせた医薬技術の開発、および、健康な社会の実現を目指し、タンパク質構造から、細胞・個体レベルに及ぶ、多面的なテーマに取り組んでいる。構造解析に関しては、遺伝子発現調節

因子、疾患関連因子を対象とし、NMR 分光法や X 線結晶回折法などの構造生物学的解析を中心とした物理化学的アプローチにより、機能発現に関わる分子認識機構の解析を行なっている。抗体医薬を目指した取り組みとして、人工ライブラリーシステムの高度化に関する技術開発、シグナル分子や関連分子を認識するモノクローナル抗体作製・応用化技術の開発を行っている。ポスト抗体医薬として注目されている核酸医薬の開発を進め、次世代アプタマーを用いた検出系、核酸医薬品の開発を行っている。また、疾患のターゲット分子を容易に明らかにする技術として、トランスフェクションアレーを用いた癌転移に関わるターゲット分子の探索、および、ペプチドを用いたアレー技術の開発を行っている。個体レベルの研究としては、消化管免疫の分子機構の解明、および、脳におけるてんかん、モルヒネ鎮痛効果の分子機構の解明等を行い、医療技術や医薬品の開発へと展開を図っている。

研究テーマ：テーマ題目24、テーマ題目25

バイオマテリアル研究グループ

(Biomaterial Research Group)

研究グループ長：芝上 基成

(つくば中央第6)

概 要：

脂質は生体内で重要な働きをするバイオ分子のひとつである。その機能は様々な生理活性から膜蛋白質の機能発現のための「場」の提供、さらには生体膜の構築まで広い範囲に渡っている。生体に見られるもう一つの重要なバイオ分子は糖鎖である。その機能は蛋白質などの他の分子を認識することで種々の生体内反応において重要な役割を果たすことや、エネルギーの貯蔵などで、やはり多岐に渡る。このように脂質や糖鎖やその分子群は材料創製の観点からも極めて魅力的な素材である。しかし機能分子として本来有する機能を十分に発揮させること、および新たな機能を付与することは天然のかたちそのままでは必ずしも容易ではないし、また天然のままでは材料としての機能が不足する場合もありうる。本グループではこの問題解決において有機合成の力を活用するところに特徴がある。すなわち、天然の脂質や糖鎖をモデルとする、新材料の構成分子として適当なかたちの機能分子を合成すること、および天然のこれらの分子に化学修飾を施すなどの手法で新たな材料を創製することがグループの共通目標である。その中で平成22年度には、主として新規糖脂質の合成に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目26

連携研究体バイオ技術産業化センター

(Collaborative Research Team Biotechnology Industrialization Center)

連携研究体長：軽部 征夫

(八王子支所)

概要：

民間企業との共同研究を重視しつつ、東京工科大学と連携して、バイオ技術の産業化に関する研究を行った。昨年度までは、バイオ関連材料の高度な機能を利用したバイオセンシング、タンパク質解析ツールの開発に関する研究を中心に研究を行ってきた。平成23年度では、自己血糖値測定センサーチップの製品化に関する研究、血糖値センサーに応用するための新規有用酵素の開発、尿中・血中の酸化ストレスマーカー等の健康マーカーを高精度・迅速に測定する方法の開発、膜タンパク質を用いたバイオ MEMS デバイスの開発、生化学・臨床分析用蛍光分子プローブの開発等に関する研究を行った。

研究テーマ：テーマ題目27

【テーマ題目1】蛋白質デザインに関する研究

【研究代表者】織田 雅直

(蛋白質デザイン研究グループ)

【研究担当者】織田 雅直、末森 明夫、広田 潔憲、横田 亜紀子、竹縄 辰行

(常勤職員5名、他6名)

【研究内容】

欲しい機能を有する蛋白質を確実に創成する技術としての「配列空間探索による蛋白質デザイン法」の実証研究、および、デザインした蛋白質利用としての配向制御固定化による生体外での蛋白質利用技術開発研究を行っている。

配列空間探索による蛋白質デザイン法の実証研究では、ジヒドロ葉酸還元酵素と p-ヒドロキシ安息香酸ヒドロキシラーゼを対象に変異解析を進めている。前者に関しては、網羅的な一アミノ酸置換変異体を作製し、その特性として酵素活性、補酵素活性、熱安定性などを解析しデータベースの構築を行ってきたが、保存度の高いサイトを中心に未取得変異体の構築と特性解析を進め、データベースの完成度を向上させた。また、このデータベースを利用して補酵素特異性を変換したジヒドロ葉酸還元酵素をデザインすることに成功した。後者に関しては、系統的に作製した一アミノ酸置換変異体の特性データを利用し、複数の特性を同時に改良する方法の開発、変異導入部位を効率的に特定するための方法の開発、を進めてきたが、保存度の高いアミノ酸残基の網羅的な一アミノ酸置換変異体データベースを構築し、補酵素特異性が野生型の約1/10である酵素をデザインすることに成功した。このデザイン法の実用性を実証し、蛋白質医薬品の製造技術に応用するために、アフィニティ精製技術の開発に取り組んできた。プロテイン A 等の抗体結合蛋白質をフレームとしたアフィニティ・リガンド蛋白質の網羅的な一アミノ酸置換変異体を作製し、また配向制御固定化

法を活用してリガンド蛋白質の性質をハイスループットに測定・解析するためのアレイシステムを開発してきたが、このアレイシステムを用いてリガンド蛋白質の変異体の特性解析を進めた結果、よりマイルドな条件で抗体の精製を可能にするアフィニティ・リガンド蛋白質をデザインすることに成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】蛋白質デザイン、配列空間探索、配向制御固定化、アフィニティ精製技術、アフィニティ・リガンド蛋白質

【テーマ題目2】健康維持機能物質の開発

【研究代表者】丸山 進

(健康維持機能物質開発研究グループ)

【研究担当者】丸山 進、森井 尚之、河野 泰広、市村 年昭、小川 昌克

(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

生活習慣病改善のための物質の開発を目的として、沖繩（100種類）や茨城（200種類）の植物を材料に、アディポサイトカイン産生調節作用を有する抽出物を探索するとともに、体内時計の調節に関連する化合物を開発する目的で、炎症時に増加する一酸化窒素（NO）の産生抑制および炎症性サイトカイン TNF α 産生抑制アルカロイドを探索した。その結果、いくつかの抽出物にアディポサイトカイン産生調節作用を確認し、炎症性サイトカイン TNF- α の産生抑制物質としてハルマラアルカロイドを見出した。

発酵食品から見出した持続時間の長い血圧降下ペプチド VVY（50mg/kg）を高血圧自然発症ラットに経口投与して、アルドステロン、アンジオテンシン II などの血液中の血圧上昇物質の変動を測定したが有意差が認められず、一方で、類似のペプチド LVY がほぼ同様の血圧降下作用の持続時間特性を示すと同時に2残基の VY の経口投与時の血圧降下作用は持続時間が短いことを確認した。これらのことから本ペプチドでは N 端側の1残基が血圧降下作用の持続時間に影響を与えていることが推定された。

アルツハイマー病などの神経細胞変性疾患はそれぞれに特有のタンパク質集積によるアミロイド形成が関係すると考えられている。このようなアミロイド関連疾患の対策基盤技術の開発をめざして、アミロイド集積体の構造解明を行った。牛海綿状脳症（BSE）の原因となるプリオンタンパク質に関して、その部分構造を含む変異体を系統的に作成し解析することにより、アミロイド形成に最も関与するアミノ酸配列領域を特定することに成功した。このことにより、通常のプリオンタンパク質が病原性プリオンの持ち込みがないかぎりとは異常化しないことや、遺伝的なプリオン病の発症など、病原性の発現に至る分子機構が合理的に説明できるようになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生活習慣病、高血圧症、糖尿病、アディポサイトカイン、アルカロイド、アルツハイマー病、アミロイド

【テーマ題目3】 生体メカニズムの解明とその制御物質の探索

【研究代表者】 大石 勝隆 (生物時計研究グループ)

【研究担当者】 大石 勝隆、大西 芳秋、宮崎 歴、富田 辰之介 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

現在わが国においては、社会の24時間化に伴う精神的・肉体的・経済的諸問題が深刻化してきたことから、体内時計の乱れに起因する睡眠障害 (概日リズム睡眠障害) の改善が強く望まれている。ヒトの睡眠障害においては、多くの場合、遺伝子変異による先天的な原因よりも、ストレスなどの環境因子が原因となっていると考えられる。そこで我々は、ヒトへの外挿が可能なストレス性睡眠障害モデル動物を作製することにより、世界で最初の睡眠障害に関するバイオマーカー開発を目指して研究を行っている。様々なストレス負荷を行い行動リズムに対する影響を検討したところ、ヒトの不眠症に酷似した表現系を示すストレス条件を開発することに成功し、脳波解析の結果からも、昼夜の睡眠覚醒リズムの消失や深睡眠の減少、睡眠の断片化などの不眠症症状が見られることが示された。今年度は、本ストレス性睡眠障害モデルマウスについて、さらなる評価を行い、睡眠障害に関するバイオマーカー候補分子の開発や睡眠障害を改善する可能性のある食品成分のスクリーニング等をはじめ、体内時計の調節機能を有する機能性分子の探索時計遺伝子 *Bmal1* のプロモーター領域を組み込んだルシフェラーゼ (レポーター) 遺伝子を恒常的に発現する細胞株を樹立し、この細胞を用いて、体内時計に作用する化合物のスクリーニングを行ってきた。昨年は、植物アルカロイドであるハーミンが *Bmal1* 遺伝子の転写調節に影響を与えることを見出し、本年は、その分子メカニズムの解明を行った。ハーミンは、遺伝子の転写を調節する核内受容体 ROR α に作用し、ROR α の細胞質から核内への移行を促進することにより、時計遺伝子 *Bmal1* の発現量を増大させることが判明した。

睡眠障害は、うつ病や神経症などの精神的疾患のみならず、高血圧や肥満、糖尿病などの生活習慣病の発症にも深く関与していると考えられる。しかしながら、その発症メカニズムは非常に複雑であり、今のところ明らかになっていない。その大きな要因として、短期間の実験的断眠モデル動物についての報告がなされている一方で、習慣性睡眠障害モデル動物の開発が困難であることが挙げられる。我々は、非侵襲的ストレス負荷により長期間にわたって睡眠障害を誘発するストレス性睡眠障害モデルマウスの開発に成功した。本年度は、ストレス性睡眠

障害モデルマウスへの高脂肪食負荷を行い、糖・脂質代謝に対する影響を検討した。我々の開発したストレス性睡眠障害モデルマウスにおいては、血中レプチン濃度の低下に伴う過食傾向に加え、耐糖能の悪化が認められた。本モデル動物は、ヒトにおける睡眠障害と耐糖能異常との関連性を解明するための有効なツールとなることが期待される。

PPAR α (α 型ペルオキシソーム増殖剤活性化受容体) は、脂肪酸代謝において中心的な役割を担っている核内受容体であり、脂肪酸などを生理的リガンドとし、フィブラートなどの脂質降下薬が外因性リガンドとして知られている。これまで我々は、マウスを用いた実験により、フィブラートの投与やケトン体ダイエット (高脂肪低炭水化物食) 負荷による PPAR α の活性化が、体内時計の位相を前進させる (早起きにさせる) ことを報告してきた。今年度我々は、ケトシスを伴わない、食による体内時計の制御を目指し、高タンパク質低炭水化物食を用いた研究を行った。その結果、フィブラート投与やケトン体ダイエット負荷の場合と同様に、末梢時計の位相前進効果が認められた。これまでの研究成果により、食による体内時計の制御が可能であると期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 体内時計、睡眠障害、食品、栄養

【テーマ題目4】 タンパク質の分子育種技術の開発

【研究代表者】 本田 真也

(分子細胞育種研究グループ)

【研究担当者】 本田 真也、村木 三智郎、

小田原 孝行、渡邊 秀樹

(常勤職員4名、他8名)

【研究内容】

タンパク質が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、構造情報を基盤とする論理的分子デザイン法とファージディスプレイ等の進化分子工学法の有機的活用による新規の標的親和性人工タンパク質創製技術の研究開発を行う。また、アポトーシス誘導に係る重要な疾病の治療・診断等への寄与を目指して、ヒト Fas リガンド/レセプターの発現生産、機能解析のための研究開発を行う。

医学・産業プロセスで機能する小型人工タンパク質作製手法として、極小蛋白質を構造規制要素としたタンパク質設計技術を構築し、任意の標的に対応できる系の確立を目指し、その最適化を進めた。臨床・産業プロセスにて使用されるサイトカインと免疫系蛋白質をモデル標的として用い、ファージ提示を用いた親和性選択によりこれら標的に親和性を示すクローン分子を単離した。ELISA および表面プラズモン共鳴法 (SPR) によってその強固な活性を確認した。詳細な機能解析の結果、作製した人工タンパク質の一部は特定条件下で得られるコンホマーを認識することが明らかとなり、これを解析分

子として用いる SPR 基盤のバイオ医薬品質評価系を構築した。

タンパク質医薬等のバイオ製品の製造プロセスにおける品質管理に係る技術体系の整備に資するため、蛋白質の凝集化測定を校正するために必要な標準蛋白質の候補分子を複数合成した。まず、実効性と供給性の条件を満たす天然タンパク質を選別するため、文献情報等の調査を行った。合成容易性等も含めた種々の観点から検討し、昨年度に選定した分子 A、分子 B の2種に加えて、平成23年度は分子 C、分子 D の2種を候補タンパク質として新たに選定した。次いで、これらの核酸配列に相当する人工遺伝子を有機化学的に合成し、制限酵素処理等を実施して、それぞれに対応する発現ベクターを構築した。得られた発現ベクターを用いて大腸菌を形質転換し、微生物による分子 C と分子 D の組換えタンパク質生産系を完成させた。得られた発現ベクターを用いて大腸菌を形質転換し、微生物による組換えタンパク質生産系を完成させた。続いて、培養後の大量の大腸菌を破碎し、可溶性画分から粗製物を回収した。

生体内でのアポトーシス誘導活性発現における主要なデスレセプターであり、重要な創薬標的分子でもあるヒト Fas レセプターの細胞外ドメインの単離、精製系の開発を目的とした。前年度までに確立したヒト IgG1-Fc ドメインとの融合タンパク質の発現生産系を応用して、融合タンパク質の境界部位に配列特異的プロテアーゼによる認識切断サイトを挿入したものについて、カイコ幼虫を宿主とする分泌発現系ならびに発現産物の精製系の構築について検討した。その結果、非挿入体の場合と同レベルの生産量が得られ、トロンビンによる切断ならびにイオン交換クロマトグラフィーを用いた分画により、高純度の活性型当該細胞外ドメインが調製可能になった。

内在性膜タンパク質のペプチド骨格は脂質二分子膜を貫通する α -ヘリックスとそれをつなぐ膜外ループで構成されているものが圧倒的に多い。脂質二分子膜中のヘリックス間相互作用の理解は膜内在型タンパク質の分子設計には必要不可欠である。ペプチド骨格が同心円上に配置している膜貫通 α -ヘリックスのみからなる *Rb. capsulatus*, *Rb. sphaeroides*, *Rs. rubrum* の集光性クロロフィル-タンパク質複合体はこのような相互作用を調べるうえで最も単純な天然の素材の一つである。手始めに CD スペクトルの測定によりペプチド骨格の熱変性過程を調べた。約65°C~75°Cの比較的狭い範囲の一段階過程である可能性が示されたが、アミノ酸組成や特定の配列との相関関係は認められなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質、分子設計、立体構造、人工タンパク質、抗体医薬、分子進化工学、安定性、膜タンパク質結晶化

【テーマ題目5】微生物の細胞育種技術の開発

【研究代表者】藤田 篤（分子細胞育種研究グループ）

【研究担当者】藤田 篤、福田 展雄（常勤職員2名）

【研究内容】

微生物が有する高度な機能の広範な産業利用を促すため、好熱菌の宿主ベクター系の構築や有用な酵素類の耐熱化を行い、それらの利用技術を開発する。また、酵母のシグナル伝達経路をヒト受容体の機能解析へと利用するための基盤技術を開発し、創薬候補物質の探索での活用を図る。

好熱菌 (*Thermus thermophilus*) の宿主ベクター系の開発では、好熱菌のプラスミド pTT8 の複製に必要な領域と耐熱性の薬剤耐性マーカー遺伝子とを、大腸菌の pUC13ベクターにつなぎ、好熱菌と大腸菌との間で利用可能なシャトルベクター2種（カナマイシン耐性とハイグロマイシン耐性）を構築した。このベクターは、好熱菌内では、10コピー程度の存在で、選択に必要な薬剤の非存在下でも、24時間後に、87%以上は保持されていた。

増殖因子受容体における異常は癌の発生要因となるため当受容体を標的とした抗癌剤の開発が強く望まれる。そこで最も時間と労力が必要とされる創薬リード化合物のスクリーニング工程の高効率化を図るため、酵母を用いた受容体活性化シグナルの新規検出技術確立を目指し、遺伝子組換え技術を用いて、ヒト上皮増殖因子受容体を発現する酵母細胞を創製した。さらに当受容体の遺伝子配列を改良することで酵母細胞内での発現量を向上させることに成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】好熱菌、薬剤耐性マーカー遺伝子、耐熱性、酵母、ヒト受容体、抗癌剤

【テーマ題目6】RNA合成酵素の反応制御機構

【研究代表者】富田 耕造

(RNAプロセッシング研究グループ)

【研究担当者】富田 耕造、竹下 大二郎、杉本 崇（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本テーマ課題では、典型的な鋳型を用いない RNA 合成酵素、ウイルス由来の宿主因子と複合体を形成して機能する RNA 合成酵素、そして高次生命現象発現に関与する特殊な鋳型 RNA 合成酵素群に注目し、それらの酵素群の反応制御基盤を明らかにすることを目的とする。

本年度は、特にウイルス由来の翻訳因子と複合体を形成する RNA 合成酵素に焦点を絞り、RNA 合成における宿主由来の翻訳因子の機能を明らかにすることを目指して研究を遂行し、長年の謎であった翻訳因子の新たな役割を解明することに成功した。

具体的には、Q β ウイルスの RNA 複製酵素複合体 (Q β レプリケース：ウイルス由来の RNA 合成酵素- β

サブユニットと蛋白質合成に必要な翻訳伸長因子 EF-Tu、EF-Ts からなる三者複合体) が RNA 合成を開始し、RNA 鎖を伸長していく過程を表した6種類の結晶を作成し、それらの X 線結晶構造解析を行った。そして、それらの構造をつなぎ合わせることで、Q β レプリケースによる RNA 合成の動画の作成に成功した。さらに、得られた構造を基にした、機能解析を行なった。この、一連の解析から、まず、RNA 合成開始では、鋳型 RNA の3' 末端のアデニンが合成開始複合体を安定化させる機能を有しており、この安定化によって、Q β レプリケースはプライマーを用いることなく RNA 合成を開始する分子機構が明らかになった。また、その後の合成伸長過程では、翻訳因子が鋳型となる RNA と合成された RNA からなる二本鎖は、Q β レプリケース中の翻訳因子 EF-Tu の方向へ進行し、ある程度 RNA 合成が進行すると、その二本鎖 RNA は β サブユニットの C 末端部位と、翻訳伸長因子 EF-Tu のドメイン II と III の働きによって、ほどかれることが明らかになった。一本鎖化された鋳型 RNA と合成された RNA は別の方向へ進行することが明らかになった。このことは、本来蛋白質合成における翻訳伸長因子 EF-Tu が RNA 合成伸長反応を促進する RNA 伸長因子として働くことが明らかになった。さらに翻訳因子 EF-Tu が RNA 合成酵素と協同的に、一本鎖化された RNA の出口を形成する事により、完全に RNA 複製、転写が終結するまで、鋳型 RNA が複合体から解離するのを防ぐ役割を有している事を明らかになり、Q β ウイルスは自分自身のゲノム RNA の複製のために、宿主由来の翻訳因子を利用していることが明らかになった。

これらの解析は、翻訳伸長因子が RNA 伸長因子として働くといった新たな(本来の)役割を解明したものであり、翻訳因子が、本来 RNA 合成因子として機能し、進化の過程で、蛋白質合成システムへ取り込まれた可能性を提示したものである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】RNA 合成、蛋白質合成、ウイルス、宿主因子、反応制御

【テーマ題目7】ナノマテリアル材料を利用した高性能センシング素子開発

【研究代表者】丹羽 修

(ナノバイオデバイス研究グループ)

【研究担当者】丹羽 修、田中 睦生、根本 直、佐藤 縁、吉岡 恭子、栗田 僚二、加藤 大(常勤職員7名、他6名)

【研究内容】

本テーマでは、バイオ界面、及びバイオマテリアル研究グループと協力し、疾病マーカー分子などを高い感度と選択性で検出するための無機薄膜系、有機系の基板材料の開発、新規検出手法の開発、デバイスの新規作製を

目指している。具体的には、(1)スパッタナノカーボン薄膜電極の開発とバイオセンシングへの展開(2)分子認識ソフト界面を利用したレクチン等の高感度認識膜の開発(3)電気化学発光法やナノインプリント法を利用した新規な免疫センシング法の開発などを担当した。

(1)では、電子サイクロトロン共鳴(ECR)スパッタ法で開発したナノカーボン薄膜をまず内毒素(リポポリサッカライド:LPS)の高感度電気化学検出等のバイオセンシング用電極に応用する研究を行った。具体的にはナノカーボン電極表面にLPSを吸着させ、ここに昨年度開発したLPS認識プローブ(LPS結合性のポリミキシンBに電気化学活性基であるフェロセンを標識したプローブ)を吸着させることで、ナノカーボン電極表面上に捕捉されたLPSを電気化学的に検出した。その結果、従来よりも一桁低い検出下限濃度を達成した。今後はさらに一桁向上させるために電気化学シグナルの酵素増幅ならびにセンシングシステムのフロー化を構築する。また、前年度開発したUV/オゾン処理でマスクなしで、ナノカーボン膜表面をエッチングし、ナノオーダーの棘状構造を表面に有するカーボン薄膜電極が、酵素との電子移動速度に優れていることを利用し、薬物代謝阻害を電気化学的に検出可能なセンサー開発を始めた。具体的には、チトクロームP450酵素の酵素反応を電極への直接電子移動でモニターし、阻害候補添加による電流低下により薬物阻害のスクリーニングを行う。P450酵素は、生成度の低いものしか手に入らないために、酵素の生成を行うと共に、比較的性質が近いと考えられるチトクロームCを用いてナノ構造カーボン電極との電子移動を検討した。表面にナノ構造を形成すると明らかに電子移動速度が向上することが確認できたが、その効率は、表面の親疎水性に強く依存することが分かった。また、併行してP450酵素の生成についても検討を行った。今後は、電子移動速度と安定性の観点で、ナノ表面の構造の最適化を行うと共に、カーボンナノファイバーなど他のナノカーボン材料の使用についても検討を行う。その後、薬物代謝を簡便に調べるバイオセンサなどへの展開する予定である。

(2)では、糖鎖末端を有する自己組織化膜材料とアルカンチオールを用いたハイブリッド型自己組織化膜を形成し、レクチン認識の感度向上について、検討した。糖-レクチン(タンパク質)相互作用をできるだけ効率よく検出するための新規手法として昨年度より試みを行っていた電気化学手法による高感度化を実際の測定系に取り入れるために、電気化学表面プラズモン共鳴測定と電気化学水晶振動子マイクロバランス法による測定を行い、レクチン認識の高感度化現象を実際に利用していくための各種問題の解決に関して検討を重ねた。さらに、我々の開発した非特異的な吸着を抑える材料のもつ特性を活かし、抗原抗体反応の酵素標識・電気化学検出の際の機能性膜材料として採用する試みも行った。具体的には、

表面プラズモン共鳴測定用の金チップ表面に形成された抗体固定分子と非特異吸着抑制材料とで構成したハイブリッド単分子膜が、選択的分子透過材料として有効であることを実証した。

(3)では、前年度以前に開発した酵素免疫法の生成物を金電極上に濃縮し、それを共反応物としてルテニウム錯体を用いて電気化学発光検出を行う方法を DNA 中のシトシンのメチル化検出に応用した。メチル化していない他の4塩基に対して高い選択性を示すことを確認し、正解で初めて電気化学発光法によるメチル化 DNA 計測を実現した。さらに実試料として λ DNA の CpG 領域をメチル化したサンプルとしないサンプルで有意な差を得ることが出来、バイサルファイト反応や PCR を用いない新規メチル化 DNA 検出法を提案できた。また、ナノインプリンティング法により形成したナノ構造体上での電気化学測定と表面プラズモン共鳴測定の同時測定を行い、酵素と電子移動層のレドックス状態の同時モニタリングに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノカーボン薄膜、電気化学測定、ナノ構造体、内毒素、遺伝子関連分子、表面プラズモン共鳴、イムノアッセイ、電気化学発光、ナノインプリント、レクチン、表面修飾材料

【テーマ題目8】 バイオ界面に関する基盤技術研究開発

【研究代表者】 矢吹 聡一 (バイオ界面研究グループ)

【研究担当者】 矢吹 聡一、飯島 誠一郎、澤口 隆博、石井 則行、平田 芳樹 (常勤職員5名)

【研究内容】

生体分子の高度な機能を生体外で発現し、これを利用するためには、生体分子の界面での固定、評価、利用などの技術が必要である。本研究開発は、このバイオ界面での新規な技術開発を総合的、包括的に実施し、基盤技術として確立するのが目的である。

生体分子の固定化、評価方法の検討として、担体表面上でのタンパク質の2次元結晶化と電子顕微鏡の画像解析による評価について検討を行っている。本年度は、膜輸送タンパク質について、2次元結晶化を行った。膜輸送タンパク質は、その性質上、分子表面に疎水部分と親水部分とを有しているため、通常の方法では3次元の結晶化はしにくい。しかしながら、膜上に存在しているため、2次元結晶化は不可能ではないと考えられる。もし、2次元結晶化が可能であれば、3次元結晶化が難しい膜タンパク等の構造解析等にも本方法が適用可能になることが考えられる。そこで、膜輸送タンパク質について2次元結晶を作製し、その評価を電子顕微鏡画像データ解析から行った。その結果、良好な2次元結晶が得られていることが明らかになった。また、電子顕微鏡観察用の支

持膜についての検討を合わせて行った。このための新規材料としてグラフェンを用いると、良好な支持膜として機能することが示唆された。今後継続して支持膜としての機能を明確にする予定である。

生体分子の界面での評価、利用に関する研究においては、原子間力顕微鏡を用い生体分子を観察する新規法を開発している。生体分子は無機材料等に比し比較的柔らかく、変形しやすい。原子間力顕微鏡を用いると、変形したイメージが計測される恐れがある。そこで従来の原子間力顕微鏡を改造し、この問題を解決することとした。コラーゲン等試料の表面を計測できることが明らかとなった。

タンパク質等の結合反応等生体分子の高感度検出をセンシングする上で、迅速高感度な計測システムを開発することがますます必要になってきている。当グループでは、この問題を解決すべく、新規な水晶振動子センサを開発している。すなわち、質量検知型センサとして水晶振動子を利用する例は多いが、さらに高感度にするために、検出プローブを新規形状にし、高感度化しているのが特徴である。本年度は、本センサシステムの基本的な検出回路を設計した。次年度以降、プローブ部分の動き、質量、形状等を最適化することで、高感度なセンサを得ることが可能であることを明らかにしている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 二次元結晶、電子顕微鏡、膜輸送タンパク質、支持膜、原子間力顕微鏡、質量検知型センサ、水晶振動子

【テーマ題目9】 ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

【研究代表者】 矢吹 聡一 (バイオ界面研究グループ)

【研究担当者】 矢吹 聡一、飯島 誠一郎、澤口 隆博、石井 則行、平田 芳樹 (常勤職員5名)

【研究内容】

部門重点テーマ「ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発」の研究開発(標記テーマは、セルメカニクス研究グループ、ナノバイオデバイス研究グループ、バイオマテリアル研究グループと当バイオ界面研究グループの4グループが担当)のうち、当該グループでは、(1)生体分子固定化膜中に固定化された分子の長期安定性評価、(2)糖脂質エンドトキシンの高感度測定法の開発、(3)膜、界面創成用新規材料についての膜構造測定評価等について研究を行った。

(1)生体分子固定化膜は、当グループにて新規に作製法を開発したセルロースを固定化担体とする方法で作製した。すなわち、予め固定化基板上に生体分子を塗布し、その上にセルロースが溶解したイオン性液体を滴下した。イオン性液体を除去するため、基板全体を水中に浸漬し、イオン性液体を水中に溶解させた後、乾燥させてセルロ

ース中に生体分子を固定化した膜を得た。生体分子に酵素、グルコースオキシダーゼを選び、その活性を固定化酵素の生成する過酸化水素酸化電流を指標に取り、長期間間欠的に評価することとした。その結果、半年経過後の活性は約9割保持しており、1年経過後の活性は約6割保持しており、連続して長期間活性を保持していることが明らかになった。この膜の膜構造を周波数変調型の原子間力顕微鏡で観察した結果、柔らかい構造も持つ部分と、比較的硬い構造を持つ部分とが分布していることが分かった。セルロースは結晶化部分と非晶質部分が混在している構造を持つが、上記観察結果は、このような本来の構造を反映していると考えられる。以上より、長期安定に酵素固定化膜を得ることができ、生体分子の安定な固定化法としての可能性が明らかになった。

(2) 糖脂質エンドトキシンの高感度測定については、測定対象のエンドトキシンの一つであるリポポリサッカライドに特異的に結合する分子ポリミキシン B に電気化学分子フェロセンを付加しプローブとして合成した。この合成分子を用い、ある種の酵素電極上でのこの合成分子のメディエーター能を計測することで、リポポリサッカライドの検出が高精度に行えることが明らかになった。すなわち、従前の方法ではポリミキシン B の代わりにボロン酸を使用していたが、ボロン酸は化合物の水酸基部分を認識してしまうため、選択特異性が低かったためである。さらなる高感度を目指し、新規プローブの合成に着手した。電気化学分子の代わりに酵素等を用い、ポリミキシン B と結合させ新規プローブとすることにした。現段階では、合成に着手した段階で、次年度以降、プローブとしての特性を評価する予定である。

(3) 新規材料についての膜構造測定評価については、走査型トンネル顕微鏡等を用いジアゾニウム化合物、アジド化合物等の物質について膜構造について評価した。極微量生体成分を計測する上で、測定妨害物質からの影響を低減させることは、目的物質を正確に計測する上で重要である。生体成分には様々な物質が含まれており、それらが計測に影響を与える。特にタンパク質による汚染は問題である。ナノバイオデバイス研究グループが作製したタンパク質等による汚染を防ぐための表面修飾材料について、膜構造評価を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 イオン性液体、セルロース、固定化、エンドトキシン、ポリミキシン、膜構造評価

【テーマ題目10】 バイオ計測の信頼性確保および比較互換性の確保に向けた研究開発

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメジャー研究グループ)

【研究担当者】 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏、松倉 智子

(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

バイオ計測の信頼性確保、およびその国内及び国際的な比較互換性の確保（基準測定法の確立、標準物質の整備など）に向け、そのための課題整理と標準化ニーズ調査を進めるとともに、必要な技術的検討を行った。バイオ標準等の国際的な整合性を確保するため、国際度量委員会物質諮問委員会バイオアナリシスワーキンググループに参加し、バイオ計測の標準化に関する議論に参加、貢献した。バイオアナリシスワーキンググループにおける RNA 計測の国際比較（パイロットスタディ）に参加し、その比較互換性の向上に向けた国際的取り組みに貢献した。また、バイオ標準に関する基盤技術の確立とバイオ標準物質の開発、整備を実施し、DNA 認証標準物質の頒布のための作業を実施すると共に、RNA 認証標準物質の評価のための検討を実施した。また、バイオ計測の精度管理方法の開発として、次世代シーケンサーによる遺伝子定量技術の品質管理用核酸候補標準品を設計、合成し、その評価を実施した。また、DNA マイクロアレイ技術や繊維検査に関するバイオ計測の国際標準化に必要な研究開発を実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 標準化、遺伝子、DNA 定量、PCR、DNA 標準物質、RNA 標準物質、国際比較

【テーマ題目11】 バイオ計測基盤技術の研究開発

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメジャー研究グループ)

【研究担当者】 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏、松倉 智子
(常勤職員6名、他10名)

【研究内容】

核酸や動物細胞を中心に、それら生体由来物質の計測技術（バイオ計測技術）を進展させるための基盤技術の開発を実施した。遺伝子量評価、あるいは遺伝子発現解析を念頭に、エンドポイント定量法などを利用し核酸を配列特異的に検出、定量を行う新規な手法の開発と、その応用を行い、慢性骨髄増殖性腫瘍のマーカー遺伝子の新しい定量技術の開発、およびその分析的妥当性評価を実施、他機関と共同でその臨床的妥当性等の検証を実施した。また、微生物由来核酸の定量技術の開発、動物細胞のバイアビリティーを評価するための新規手法の開発を実施し、他機関と共同で水道中のクリプトスポリジウムなどの病原性微生物を迅速に定量する技術を新たに開発した。また、ヘリカーゼなどの核酸と相互作用する酵素の活性を迅速かつ網羅的に評価するための基盤技術開発とその応用を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子、DNA 定量、PCR、マイクロチ

ップ、細胞機能評価、動物細胞、凍結保存、バイアビリティ、バイオイメージング

[テーマ題目12] 神経疾患モデル動物の作製と分子動態可視化技術の開発

[研究代表者] 戸井 基道 (脳遺伝子研究グループ)

[研究担当者] 戸井 基道、加藤 薫、海老原 達彦、落石 知世、清末 和之、梶原 利一 (常勤職員6名、他4名)

[研究内容]

疾患発症の分子メカニズムの解明とそれに対する創薬支援技術の開発には、効率的なスクリーニングと細胞機能解析を可能にするモデル動物の作製が非常に有効である。特に脳神経疾患や精神疾患については、その分子機構の詳細が不明なものが多く、有効な治療方法や効果的な薬剤の開発には至っていないのが現状である。そこで、特に神経変性や神経細胞死を誘発する神経疾患の原因タンパク質について、その分子レベルでの細胞内動態解析と、それを基にした局在スクリーニングを行うことを目指したトランスジェニック動物の作製と解析を進めている。今年度は、アリル特異的あるいはサブタイプ特異的な膜受容体に対する特異的相互作用因子のスクリーニング系を目指し、若年性パーキンソン病の疾患変異型 SNPs や家族性偏頭痛 SNPs を導入したタンパク質を発現させた線虫形質転換体を確立させた。各変異型個体における加齢に伴う神経細胞死を観察したところ、どれも患者に見られる SNPs であるにもかかわらず、神経細胞死を引き起こす SNPs とほとんど起こさない SNPs が存在することが明らかになった。来年度以降、これらの特異的 SNPs を有する線虫を利用した細胞死抑制因子探索のアッセイ系の構築を進める。また、哺乳類モデルとして、神経変性の主要原因の1つと考えられているタンパク質を、細胞内に凝集させた新たなモデルマウスの作製を行った。細胞内動態を観察するための標識マーカーと融合させた複数の DNA 配列を作製し、トランスジェニックマウスを作製した。F2世代で導入遺伝子が強く発現しているラインを複数確立することに成功した。現在このモデルマウスについて、細胞内での標的タンパク質の動態解析と神経変性の関係、および個体レベルの表現型解析を進めている。さらに、作製したモデル動物神経細胞におけるタンパク質動態や、脳内の情報伝達をより詳細に解析するための光学的可視化解析手法の改良を行った。シナプスに局在するタンパク質については、大気圧電子顕微鏡を用いることでほぼ生きている神経細胞に近い状態での観察を可能にし、シナプスを観察する新たな技術として報告した。同様に、細胞内の分子動態までを無染色で観察する光学顕微鏡システムの解像度を、飛躍的に改良する事に成功した。来年度以降これらの観察システムを用いて、作製した疾患モデル動物における

神経構造の変化やタンパク質動態、組織レベルでの神経情報伝達の異常を解析していく予定である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 脳神経疾患、神経情報伝達、トランスジェニック動物、可視化解析

[テーマ題目13] 分子進化学を用いた生体分子の高機能化

[研究代表者] 亀山 仁彦

(脳機能調節因子研究グループ)

[研究担当者] 亀山 仁彦、久保 泰、鈴木 理、近藤 哲朗、鶴沢 浩隆、稲垣 英利、木村 忠史、大塚 幸雄、福田 枝里子 (常勤職員9名、他3名)

[研究内容]

生物の細胞間・細胞内の情報伝達は生体分子の相互作用により制御されている。その中でも特に神経細胞に存在する受容体やイオンチャンネルなどを標的とした生理活性ペプチド、生物毒などに注目し、標的分子認識メカニズムを解析しそれを利用した創薬基盤技術開発・機器開発を行う。

ヘビ・クモなどの毒腺には様々な生理活性ペプチドが存在する。これらの分子は自然界において長い時間をかけた進化の過程で特化した機能を獲得している分子であると考えられる。これら生理活性ペプチドの単離精製・遺伝子解析の過程で、これらの分子の構造はその基本骨格は保たれているが標的を認識する部位は変化に富んでいることが内外の研究により明らかにされてきた。今年度本グループにおいてタランチュラ毒腺から作成した cDNA ライブラリーの解析から48種類の新規の生物毒素類似ペプチド配列を同定した。このうち24種類は ICK モチーフ配列であり、11種類は MIT1類似ペプチドであった。また、節足動物では初めての CRISP 類似ペプチドも存在した。また、既知の毒素とシグナル配列、プレプロ配列部分が同一であるが、活性部位配列のみが異なる新規ペプチド配列も存在した。

また、ニューギニア産ヘビ *Pseudechis australis* から新規の3種類の Kunitz 型プロテアーゼ・インヒビターを同定した。Pr-mulgin 1, 2, 3と名付けたこれらのタンパク質を、大腸菌の組換え体として発現させて、プロテアーゼのアッセイ系に供したところ、Pr-mulgin 1は MMP2に対して、Pr-mulgin 2はトリプシン、プラスミン、キモトリプシンに対して、Pr-mulgin 3はトリプシン、プラスミンに対して阻害活性を示した。

一方、従来より開発中の大腸菌発現クローニング実験系においてクモ毒由来の構造骨格部分を保存し、標的認識部分に変異を導入した人工 cDNA ライブラリーから GPCR に結合する新規配列の探索を行った。様々な GPCR に対して適応可能性を検討した。開発中の手法により得られるペプチドの構造情報などが創薬の際有効

に利用されることが期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】指向的分子進化工学、生理活性ペプチド、膜タンパク質

【テーマ題目14】細胞増殖因子の新規機能とシグナル伝達機構の研究

【研究代表者】今村 亨（シグナル分子研究グループ）

【研究担当者】今村 亨、鈴木 理、浅田 眞弘
（常勤職員3名、他9名）

【研究内容】

シグナル分子群の中で生体機能制御の鍵分子である、細胞増殖因子の新規機能とそこに介在するシグナル伝達機構の解明を通じ、得られた知見を基に、新たな創薬ターゲットの発掘や新たな生体機能制御技術の開発を行うことを目標としている。平成23年度は、肝臓における胆汁酸やグリコーゲンの合成を調節するホルモン（シグナル分子）である FGF19 などについて、大きな研究進展があった。食後、胆汁の刺激により腸管で産生され、血流によって肝臓に到達し、肝臓における胆汁酸の合成を抑制したり、グリコーゲンとして糖を貯蔵する肝臓機能を調節したりする。しかしこれまで、生理的濃度の FGF19 に対する細胞の応答は検出できず、その仕組みは不明だった。本研究ではこの濃度で特異的活性を發揮するためには FGF 受容体4と補助受容体β-クロトールだけでなく、硫酸化グリコサミノグリカンが必要であることを初めて示した。これらの成果により、FGF19ホルモンの異常による、下痢や便秘などの消化器疾病や、ある種の糖尿病などの代謝疾患の治療に向けた創薬への展開が期待される。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】シグナル分子、ホルモン、メタボリズム、硫酸化グリコサミノグリカン、糖鎖

【テーマ題目15】癌のシグナル伝達関連遺伝子の機能解明による診断・治療への利用

【研究代表者】木山 亮一

（シグナル分子研究グループ）

【研究担当者】木山 亮一（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

本課題では癌のシグナル伝達に関連する癌抑制遺伝子 Kank に関わる細胞機能を解明することで、癌の治療・診断や創薬への利用を目標とした基礎研究を行うことを目的としている。本年度は、Kank の細胞機能として我々が既に明らかにしてきた細胞運動とのかかわり以外に、細胞分裂や細胞内輸送の機能との関連性に関して解析を行った。細胞分裂に関しては、関連するタンパク質の機能をもとに免疫染色などで細胞内での共局在を検討した。また、細胞内輸送に関わる低分子量 G タンパク質との相互作用に関して NIH の研究者との共同研究を

通じて新たなメカニズムを見出したので PNAS 誌に共同で論文を発表した。また、Kank 遺伝子の癌の診断への利用に関しては、新しい蛍光1色素を用いた病理診断法を作成するために多重蛍光免疫染色法システムの開発を進めている。さらに、本システムを使うことで蛍光染色検体の蛍光が室温で1年間保存できることを見出した。成果として、これまでの Kank と癌に関わる研究成果をまとめて英文総説（invited review）を発表した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】癌抑制遺伝子、細胞運動、シグナル伝達

【テーマ題目16】放射線障害の防護方法の開発

【研究代表者】今村 亨（シグナル分子研究グループ）

【研究担当者】今村 亨、浅田 眞弘、岡田 知子、松田 知栄、鈴木 理、古川 功治
（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

近年、放射線障害の予防・治療薬の必要性が広く認識されている。我々は、高線量放射線被ばくによる障害の予防・治療に向けた細胞増殖因子の利用を目指してきた。これまでに、繊維芽細胞増殖因子（fibroblast growth factor (FGF)）群のなかで FGF1、FGF7、FGF10に、X線照射後のマウス腸管の生存クリプト数減少を抑制し、骨髄におけるアポトーシスマーカー出現を抑える効果を確認した。さらに、腸管の障害防止効果においては、これらの中で FGF1が優れていることを示した。FGF1は全ての FGF 受容体を活性化することからその効果を發揮できる組織範囲が広いことが想定される。このように放射線が生体に及ぼす障害を生物学的に軽減するための放射線防護剤として開発途上にある細胞増殖因子 FGF について、平成23年度には、その実用化に向けて、放射線の影響の防護に関する有効性を多面的評価によって実証することを目的とする研究を開始した。有効性の評価軸として、マクロな指標による確定的放射線障害防護活性の実証、及び、ミクロな指標による放射線障害防護活性の実証、を設定した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】放射線、障害防護、細胞増殖因子

【テーマ題目17】電子線単粒子解析法の開発と新たなタンパク質構造の解明

【研究代表者】佐藤 主税（構造生理研究グループ）

【研究担当者】佐藤 主税、小椋 俊彦、上野 豊
（常勤職員3名）

【研究内容】

光学顕微鏡は光の波長が数百 nm のため、分解能はこの値から非常に大きく離れることは難しい。これに対して、電子顕微鏡は2Åにも達する高い分解能を誇る。しかし従来の方法ではタンパク質は、微かに薄い像としてしか写らない。薄い像でも膨大な数の電頭像を組み合わ

せれば、高分解能の3次元構造を計算できる。我々は、この単粒子解析技術を、情報学を駆使して開発し、神経興奮の発生や、Ca シグナル、痛みの伝達に重要なイオンチャンネルを中心に研究してきた。イオンチャンネルは脳において、神経興奮を司る重要な役割を果たし、イオンを情報伝達物質として制御することで様々な高次機能を実現している。しかし、チャンネルの構造解明は結晶をつくることの難しさから容易ではない。我々は結晶を必要としない単粒子解析を開発し、これを用いて、これまで Na チャンネル、IP3受容体チャンネル、TRP チャンネル、ORAI 等様々の心臓疾患や免疫疾患に対する創薬に重要なタンパク質構造を解明してきた。23年度は、さらに単粒子解析法を開発し、細胞内膜系のタンパク質である MG23チャンネルの詳細な3次元構造解明に成功した。また、イオンチャンネル以外にも、発癌機構に関連するタンパク質やアルツハイマー症、C型肝炎の発症機構などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】電子顕微鏡、単粒子解析、イオンチャンネル

【テーマ題目18】新しいSEM電子顕微鏡技術の開発

【研究代表者】佐藤 主税（構造生理研究グループ）

【研究担当者】佐藤 主税、小椋 俊彦

（常勤職員2名）

【研究内容】

光顕は生きたまま細胞を観察できる素晴らしいツールであるが、紫外線の波長でも200nmと大きい。電子顕微鏡は、光学顕微鏡では到達し得ない高分解能を達成するツールであり、サブ nm レベルの分解能を誇る。しかし、サンプルを真空中に置く必要がある。電子顕微鏡は真空中に耐えるためには、脱水や蒸着等の長い処理が必要で、柔らかい細胞内構造は壊されることも多い。走査電子顕微鏡 SEM の技術を最新の半導体製造用薄膜技術や細胞培養技術と融合させ、これまでに観察不可能であった細胞内のダイナミックな構造変化を、自然な状態で観察する ASEM を開発した。ASEM は液体中で8nmの分解能で観察できる電子顕微鏡である。ASEM は疎水処理を必要としないために免疫電顕としても抗原の保護性能が高く、様々な抗原が検出できる。そのため、金による免疫ラベルや染色法の開発により、今問題となっている様々な疾患に関連するタンパク質の細胞内での局在などを決定する。さらに様々な生物の微細構造、細胞内小器官の観察を可能とする。23年度は、さらに ASEM による免疫電顕法やハンダの凝固・溶解における微小な構造変化を開発した。本方法を用いて、個体発生や癌細胞の転移に重要な CD44タンパク質の細胞における分布の解明やマイコプラズマの免疫電顕に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】電子顕微鏡、光学顕微鏡、細胞内小器官

【テーマ題目19】ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

【研究代表者】中村 史

（セルメカニクス研究グループ）

【研究担当者】中村 史、小林 健、山村 昌平

（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

本プログラムでは、抗体修飾ナノニードルアレイを用いて、多数の細胞に対してこれを同時挿入し、細胞内で抗原抗体相互作用により標的タンパク質を結合させ、この結合力によって標的タンパク質を発現している細胞だけを機械的に釣り上げ、分離する技術を開発している。この抗体の結合力を Fishing force と呼び、これに対して細胞の基板に対する接着力を減少させることにより、細胞の釣り上げ分離を達成するものである。

平成23年度の研究では、シリコンウエハを用いて100×100ナノニードルアレイの試作を行い、直径数百ナノメートルのニードルの作製を検討した。またナノニードルアレイを、細胞アレイに接近させる動作装置の設計を行った。細胞アレイ基板の直上にナノニードルアレイを配置し、ピエゾ駆動で接近速度等を任意に設定できる装置の詳細を決定するための基礎的検討を行った。ナノニードルアレイでは、同時に複数の細胞にナノニードルが挿入されなければならないため、ナノニードルの挿入効率を最大にする手法を考案する必要がある。AFM を使い、カンチレバー型のナノニードルの挿入において、ナノ薄膜法等を検討し、ナノニードルの挿入効率が最大となる条件を検討した。また、抗体標識ナノニードルによる細胞の釣り上げ分離において、ニードル表面の抗体量を増大させれば、Fishing force を増大させることができる。ナノニードルアレイ表面へ多くのタンパク質を均一に修飾する方法を検討する。

まず、ナノニードルアレイの作製では、4インチのシリコンウエハに対して、光リソグラフィとドライエッチングによってマイクロピラーアレイを作製し、このマイクロピラーアレイに対して1100℃で湿式熱酸化を行うことで、SiO₂層を形成させた。その後、フッ化水素による SiO₂層除去によって、直径330nm、長さ11μmの高アスペクト比のナノニードルを作製した。その後、レーザーステルスダイサーによってウエハを10mm角に切断し、10mm角あたりおよそ1万～4万本のナノニードルが配列したアレイを得ることに成功した。簡易型動作装置を用いた試験を行ったところ、細胞基板に対するナノニードルアレイの水平制御が困難であることが明らかとなった。そこで、ナノニードルアレイの動作装置の設計では、細胞培養基板に対して、高精度な水平制御を可能にするナノニードルアレイ動作装置を設計した。装置は H24年度完成の予定である。

ナノニードルの細胞挿入には細胞表面の繊維状構造が必須であることが明らかになっている。そこで、挿入効

率増大のために細胞外マトリックス成分であるフィブロネクチンを用いたナノ薄膜を細胞表面に形成し、ナノニードル挿入効率の向上を検討した。その結果、ナノニードル挿入が困難なマウス繊維芽細胞 Balb3T3と培養3日目の神経細胞において、ナノ薄膜形成後に、それぞれ24%、23%のナノニードルの挿入効率の増大が確認された。

蛍光タンパク質 GFP を用いて、ナノニードルアレイ表面へのタンパク質修飾方法を検討した結果、従来法と比較してナノニードルごとのばらつきを示す蛍光強度の変動係数が50%から11%に低減し、均一性の高いタンパク質修飾に成功した。

以上の成果から、本研究プロジェクトの進捗は概ね順調であり、動作装置の開発等により平成24年度以降、実際に細胞分離操作を検証する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞分離、抗原抗体反応、ナノニードル、AFM、接着制御

【テーマ題目20】 アクチンフィラメントの力学応答と機能分化

【研究代表者】 上田 太郎

(セルメカニクス研究グループ)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

アクチンフィラメントは、真核細胞の細胞運動や細胞内物質輸送等のさまざまな現象で非常に重要な機能を果たしている。たとえば、運動中の細胞性粘菌アメーバの前部では、アクチンフィラメントの伸張が仮足を前方に押しだし、後部ではミオシン II と相互作用して後端を収縮させる。このように、細胞内にはアクチンフィラメントを主成分とする多様な構造が共存し、それぞれ特異的な機能を果たしている。このようなアクチンフィラメントの機能分化は、相互作用しているタンパク質の差異に基づくと考えられているが、個々のアクチンフィラメントが、どのようにして適切なアクチン結合タンパク質と結合するのかについてはよく分かっていない。これに対してわれわれは、細胞内アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかという仮説の検証に取り組んでいる。まず、細胞生物学的なアプローチとして、昨年度までにミオシンモータードメインとの親和性を蛍光でモニターできるプローブを開発し、これを細胞性粘菌において発現させ、細胞内で張力がかかっていると思われるアクチンフィラメントは確かにミオシンモータードメインとの親和性が高いことを発見していたが、今年度はいくつかの補充実験を行って PLoS One 誌に論文発表した。この結果は、張力負荷によるアクチンフィラメントの構造

変化がミオシンとの親和性を高めることを示唆する。ミオシンの結合量増加は張力の上昇をもたらすので、全体としてポジティブフィードバックループが形成され、細胞内局所の収縮性が安定化されるので、アクチンフィラメントのこうした性質は、結果的に細胞の前後極性の安定化に寄与すると考えられる。

一方生化学的アプローチにおいては、昨年度までに、蛍光標識した HMM (ミオシン II のモーター領域断片) とコフィリンが互いに排他的にアクチンフィラメントと協同的結合することを発見していた。しかしこの実験では、HMM とコフィリンがアクチン上の結合サイトを競合している可能性を否定できなかった。そこで今年度は、アクチン-S1融合タンパク質とコフィリン-アクチン融合タンパク質をそれぞれ正常アクチンと共重合させ、融合タンパク質が近傍の正常アクチンに及ぼす影響を共沈実験により調べたところ、アクチン-S1融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を阻害する一方、HMM との結合を促進すること、逆にコフィリン-アクチン融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を促進することを見出した。これらの実験においては、結合部位の競合による影響を考慮する必要はないので、昨年度までの蛍光顕微鏡観察とあわせ、ミオシン II モーター領域やコフィリンとアクチンフィラメントの結合は、フィラメントの協同的な構造変化をひきおこし、ミオシンモーター領域やコフィリンとの親和性が正または負に制御されることが示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

【テーマ題目21】 ガンにおけるモータリンと CARF の分子解析と抗癌剤の開発

【研究代表者】 ワダワ・レヌー

(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ・レヌー、カウル・スニル

(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

ストレス応答タンパク質の一種であるモータリン (ミトコンドリア 熱ショックタンパク質70) はガン細胞に過剰発現しており、ヒトの発ガンに関与することが示唆されている。さらに、腫瘍細胞のプロテオミクス解析によって肝細胞ガン (HCC) の転移および再発のマーカーとして同定されている。モータリンを抑制する siRNA は、ほとんどの HCC 株においてアポトーシスを誘導する。我々による詳細な解析の結果、カスパーゼ3を通じた p53変異隊のアポトーシス活性を引き起こすことを見出した。さらに、モータリンと p53の相互作用が癌細胞およびストレス細胞に特異的であることを明らかにした。したがって、これらは治療に向けた癌細胞特異的な標的となる。また、モータリンを標的とした腫瘍

崩壊アデノウイルスは、強いガン抑制作用と血管形成阻害を示し、血管形成への関与が示唆された。さらに抗モータリン・モノクローナル抗体を作製したところ、そのうちいくつかの抗体が、細胞に内在化する特徴を示しており、生体内における細胞の長期観測のためのナノ粒子としての利用とともに、将来的な抗ガン剤としての評価も行っている。

CARF はガン抑制遺伝子 p53の経路を活性化する因子として以前より報告されている。最近我々は、CARF の過剰発現がヒト細胞において早期の老化を引き起こすことを見出した。また、CARF の抑制が異数性とアポトーシスを誘導することから、CARF がガン細胞の維持に必須なタンパク質ではないかと考え、CARF 抑制の siRNA や抗体の抗ガン剤としての有効性を検討している。さらに、CARF によって制御されるシグナル伝達の解析を行い、ヒト細胞変性および早期老化における関連性を見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 モータリン、抗癌作用、内在化抗体、ナノ粒子、モータリン siRNA, CARF, CARF siRNA, apoptosis

【テーマ題目22】 生体分子メカニズムの解明とこれを制御する天然由来活性物質の探索・利用

【研究代表者】 ワダワ・レヌー

(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ・レヌー、カウル・スニル

(常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

伝統的なハーブ療法は、基礎研究のみならず臨床面でも、統合的かつ実証的な西洋医療と並んで、高く評価されてきている。アシュワガンダ (*Withania somnifera*: Solanaceae) は、インド周辺地域において自生するハーブであり、1000年以上伝承されてきた伝統的な民間治療薬として広く使われてきた。長年にわたる知見から健康に有効であることが信じられてきたものの、アシュワガンダが作用するメカニズムについては、ほとんど理解されてこなかった。そこで我々は、独自にアシュワガンダ葉部のアルコール抽出物 (i-Extract) を精製し、培養細胞および動物実験において抗ガン活性があることを見出した。また、i-Extract とその成分 (i-Factor/withanone) が一定の濃度において、正常細胞には影響を与えずにガン細胞を選択的に死滅させることを見出した。さらに、遺伝子を網羅的に抑制 (siRNA や ribozyme) 解析するスクリーニング法を用い、i-Extract が標的とする遺伝子とガン細胞の選択的な死滅に関与する経路を同定した。興味深いことに、i-Extract や i-Factor といった成分が、紫外線や化合物等から誘導される酸化ストレスから、ヒト正常細胞を保護する作用があること、脳由来の細胞の分化を誘導するこ

と等もあわせて見出している。また、i-Extract の成分の量比を変化させて、神経分化を誘導する組合せを新たに見出している。さらに抗ガン作用、抗老化作用抗ストレス作用、分化誘導作用を有するアシュワガンダの水溶性成分抽出法を確立している。これらの分子レベルでの作用機序について、情報科学と実験の両面を交えて、種々のアプローチから解析を行っている。その結果、i-Factor は、(1)モータリン-p53および(2)オーロラ A-TPX2の両相互作用を標的とし、癌細胞の増殖を抑制することを明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞増殖制御、老化、ガン、植物抽出物、酸化ストレス、神経分化

【テーマ題目23】 タンパク質を構成しないノンコーディング RNA

【研究代表者】 ワダワ・レヌー

(細胞増殖制御研究グループ)

【研究担当者】 ワダワ・レヌー、カウル・スニル、

加藤 義雄 (常勤職員3名、他3名)

【研究内容】

細胞には、細胞分裂によって細胞数を増やす「増殖」と、自己増殖を止めて別の特性を持つ細胞へと舵を切る「分化」という2つの方向性がある。従来、細胞増殖や分化に関わる細胞性の因子を探索するために、タンパク質をコードする遺伝子について様々な解析が行われてきたが、依然として不明な部分も多い。そこで我々はタンパク質をコードしないノンコーディング RNA の中でも特に小さな RNA (miRNA) に着目し、細胞増殖や分化においてどのような miRNA の発現が変化しているかについて解析を行っている。特に近年、種々の疾患に関与する miRNA が見出されてきており、治療薬や診断薬のターゲット分子として、産業応用されることが期待されている。我々は生きた細胞内の miRNA の発現を1細胞レベルで定量化する独自の技術を利用して、細胞増殖や分化に関わる miRNA の解析を行っている。

ヒト細胞の不死化と癌化に関与する miRNA を同定するため、SV40の T 抗原による不死化細胞と正常細胞で異なる発現を示す miRNA の探索を行ったところ、テロメラーゼが活性化されている不死化細胞において、miR-296の発現が上昇していることが明らかとなった。染色体アレイ解析の結果、miR-296の位置する染色体領域は、種々の癌細胞において増加している傾向にあり、実際、miR-296の発現も高くなっていた。miR-296は、細胞分裂を抑制する p21遺伝子の発現を直接的に抑制することによって細胞の癌化に関与することが今回始めて明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 miRNA アレイ、細胞増殖、細胞分化、miRNA-296

〔テーマ題目24〕 神経可塑性因子アディクシンの分子機構の解析

〔研究代表者〕 池本 光志

(分子複合医薬研究グループ)

〔研究担当者〕 池本 光志 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

アディクシンは、モルヒネ依存形成時に、マウス扁桃体において特異的に発現量が増加する因子として我々が独自に同定した新規蛋白質であり、様々な分子と分子複合体形成をすることにより多彩な生理機能を発揮する。例えば、アディクシンは、ホモ二量体を形成することによって、PKC シグナル依存的に神経細胞局在型グルタミン酸トランスポーター Excitatory Amino-Acid Carrier 1 (EAAC1) に結合して EAAC1細胞外グルタミン酸取り込み能を抑制する一方、小胞体局在因子である ADP ribosylation like actor 6 interacting protein-1 (Ar16ip1) とヘテロ二量体を形成することによって拮抗的に EAAC1細胞外グルタミン酸取り込み能を促進する。さらに、ノックアウトマウス等を用いた個体レベルでの解析結果は、アディクシンが、モルヒネ依存形成、アルコール耐性形成、てんかん形成、統合失調症、神経変性、酸化ストレス、グルタチオン合成、記憶学習等の各種神経疾患や高次脳機能の発現に関与することを示しており、神経可塑性やその異常により惹起される神経疾患の発現分子機序に幅広く関与する可能性が高い。従って、アディクシンの分子生理機構の解明は、各種神経疾患発症分子機序の解明や創薬の開発に大きく貢献するものと考えられる。本研究では、アディクシンの分子生理機構の解明を目的として、Yeast two hybrid 法により新規アディクシン結合蛋白質として同定した BMP シグナル阻害因子 Tomoregulin-1 (TR1) とアディクシンのヘテロ分子複合体の分子生理的意義の解明を試みている。本年度は、各種アディクシン部分欠損変異体ならびに TR-1部分欠損変異体を作成し、免疫沈降解によってアディクシンならびに TR1結合領域を同定した。その結果、TR1結合領域は、アディクシン、Ar16ip1、EAAC1結合領域とは全く異なっており、アディクシンが多様な複合体形成が可能な分子であることが明らかとなった。また、蛍光免疫組織化学法や生化学手法を用いて COS7 細胞内におけるアディクシンと TR-1の細胞内局在を多面的に解析した結果、アディクシンは、小胞体で TR-1と分子複合体を形成することによって TR-1を小胞体に局限させ、TR-1の細胞膜への細胞輸送を阻害する機能を有することが明らかとなった。現在、アディクシンによる TR-1の細胞輸送を阻害がどのような生理現象に関与するかを検討している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 アディクシン、アディクシン結合蛋白質、神経可塑性、神経疾患

〔テーマ題目25〕 転写因子 SATB1の複数の DNA 結合ドメインによる配列認識機構

〔研究代表者〕 山崎 和彦

(分子複合医薬研究グループ)

〔研究担当者〕 山崎 和彦 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

転写因子 SATB1 (Special AT-rich Sequence Binding Protein 1) は、乳がんの悪性化、免疫 T 細胞の分化、ES 細胞の分化など、様々な医学的に重要なプロセスでの転写制御を担う。ゲノム DNA の標的遺伝子領域に配列特異的に結合し、ヒストン修飾酵素のリクルートによるゲノムのループ構造変換によって、プロセスに関わる広範な遺伝子群をまとめてコントロールする。DNA 結合には、複数の DNA 結合ドメイン (CUTr1ドメイン、ホメオドメイン) が関与する。本研究では、SATB1による制御機構の全容解明に向け、これまでに、CUTr1ドメインと DNA の複合体やホメオドメインの立体構造を決定し、さらに、各ドメインやそれらの融合タンパク質による DNA 結合について、発熱量の定量解析を行ってきた。特に議論となるのが、CUTr1ドメインの認識配列 ([C]TAATA) は、ホメオドメインの典型的な認識配列 (TAATA) と基本的に一致する点であった。すなわち、CUTr1とホメオドメインのどちらか強い方が優先的に結合する可能性 (競合的結合) と、両方同時に結合する可能性 (協同的結合) がある。これまでの解析では、1)1つの認識配列ユニットを持つ短い DNA (12mer) に対しては、どちらのドメインも、また融合タンパク質も 1:1の量比で結合すること、2)CUTr1ドメインが DNA に結合した場合の発熱量とホメオドメインが結合した場合の発熱量は3:2程度の比であり、その和が、CUTr1-ホメオドメイン融合タンパク質が結合した場合の発熱量にほぼ一致することが示されていた。すなわち、CUTr1とホメオドメインが CTAATA 配列に対して、同時に結合する。

本年度は、さらに、配列認識をどちらのドメイン (もしくは両方) が担うかを決定するため、CTAATA 配列を1つ含む12mer の DNA に様々な塩基置換を行い、結合活性の変化を解析した。特に、両方のドメインともアデニン塩基への水素結合が配列認識の鍵となることが想定されるため、アデニン→グアニン変換をあらゆる部位で導入した。その結果、CUTr1ドメインについては、複合体結晶解析で明らかになった、重要なアデニン塩基を変換した場合に、結合による発熱量が顕著に減少する一方、ホメオドメインについては、どの箇所を変異させても発熱量がほぼ変化しなかった。さらに、すべてのアデニンをグアニンに変えた DNA に対しても、ホメオドメインは変わらない発熱量を示した。したがって、2つのドメインは、エネルギーとしては3:2の寄与で DNA 結合をするものの、配列認識は CUTr1ドメインが担い、一方、ホメオドメインは非特異的に結合しながら、顕著

に結合活性を高めることが明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質、核酸、転写因子、乳がん、熱分析

【テーマ題目26】ナノバイオ技術融合による極微量生体分子の計測解析技術開発

【研究代表者】芝上 基成（バイオ界面研究グループ）

【研究担当者】芝上 基成、村上 梯一
（常勤職員2名）

【研究内容】

標記テーマの中で当グループでは「糖鎖含有ナノ分子膜によるレクチン類の高感度検出」を担当した。

レクチン（糖結合性タンパク質）の中の一類であるガレクチンは末端に β -ガラクトシド残基のある糖鎖と結合し、細胞接着、免疫、アポトーシス、ガン転移など多様な生命現象に関与する。本課題では糖とレクチン間の特異的結合作用を利用することによりガレクチン等の疾病マーカー候補生体物質を迅速・高感度（10ng/mL 以下）・高選択的に検出することを目標とする。平成22年度までに末端 β -ガラクトシド型二糖性チオール脂質を数種合成し、ガレクチン数種との結合作用を評価した結果を踏まえ、今年度は(1)高い結合能が期待される新規アナログとして N-グリコシル-N-アルキル-アミド類、(2)電気化学的分析法により検出可能なフェロセン基を有するアナログを設計、合成した。(1)では無保護の単糖（グルコースなど）または二糖（ラクトースなど）とアルキルアミン類を縮合させた後、N-アセチル化することにより N-グリコシルアミド類を簡便に得ることができた。ここでは疎水鎖末端メチル体の合成は比較的容易であったが、末端チオール体の合成は難しいことが判明し、糖鎖を金基板上に固定化できなかった。(2)ではラクトサミンのアミノ基にフェロセニル酢酸を結合させたドデカンチオール型糖脂質を合成し、基板上で糖鎖ナノ分子膜を調製し、ガレクチン-3との相互作用を表面プラズモン共鳴（SPR）測定により評価した。SPR 測定において、通常の条件下では1M 濃度のガレクチン-3は検出できなかったが、電極基板に電位を印加（+0.5V）しながら測定すると1M より低濃度のガレクチンが容易に検出でき、5nM まで検出可能であった。すなわち、フェロセンを酸化状態にすると結合能が向上してガレクチン類の高感度検出が可能になり、また電位により結合を制御できる可能性が示された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖脂質、有機合成、レクチン、分子認識、糖鎖ナノ分子膜

【テーマ題目27】バイオ技術産業化に関する研究

【研究代表者】軽部 征夫（連携研究体バイオ技術産業化センター）

【研究担当者】軽部 征夫、横山 憲二、平塚 淳典、鈴木 祥夫（常勤職員3名、他11名）

【研究内容】

民間企業との共同研究を重視しつつ、東京工科大学と連携し、バイオ技術の産業化に関する研究を行った。具体的には以下の研究内容である。

自己血糖値測定センサーチップの製品化に関する研究においては、民間企業との有機的な共同研究により、その製品化を目標として研究開発を行った。共同研究開始3年目に入った平成23年度は、市販の血糖値センサーのスペックを満たしつつ、さらにヘマトクリット値に影響されないセンサーシステムの開発を行った。その結果、性能に関して、測定時間、検出範囲、再現性については、当初の目標を達成した。またヘマトクリット値の依存性も低く、競争力のある血糖値センサーとして製品化の可能性を示すことができた。

自己血糖値測定センサーチップの製品化研究に併行して、血糖値センサーに応用するための新規グルコース脱水素酵素に関する研究も併せて行っている。具体的には、アスパラギルス属およびその他の糸状菌群から、これまでに報告されているグルコース脱水素酵素のコアアミノ酸配列を元にクローニングすることに成功した。

尿中・血中の酸化ストレスマーカー等の健康マーカーを高精度・迅速に測定する方法の開発においては、引き続き民間企業との共同研究により、研究を進展させた。すなわち、これまで尿中および血清中の DNA 損傷に関わる酸化ストレスマーカー8-OHdG を検出するための前処理キットの使用プロトコルを改良し、RNA 損傷に関する酸化ストレスマーカー8-OHG が測定できることを明らかにした。さらに脂質関連酸化ストレスマーカー8-イソプラスタンについて、蛍光ラベリング法と固相抽出を組み合わせることで、簡便で高精度な測定法を開発し、実用化可能レベルにした。

バイオマイクロマシン技術を用いたバイオ MEMS センシングデバイスの開発では、技術研究組合 BEANS 研究所、東京大学生産技術研究所と共同で、膜タンパク質を脂質膜に導入するプロセスおよびこれを用いたバイオ MEMS の開発を行った。すなわち、カリウムイオンチャンネルタンパク質を遺伝子工学的手法により作成して、脂質膜に導入し、カリウムイオンの透過を蛍光分光学的測定、およびイオン電流を測定することにより、カリウムイオンチャンネルとして機能することを確認した。

生化学・臨床分析用蛍光分子プローブの開発に関する研究では、我々が開発し、日本の試薬メーカーから上市したタンパク質検出用分子プローブをさらに発展させ、新たな生化学・臨床分析用分子プローブの開発を行った。その結果、市販されている最も高感度にタンパク質を検出できる蛍光プローブよりも高感度なプローブの開発に

成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 血糖値センサー、グルコース脱水素酵素、酸化ストレスマーカー、バイオ MEMS、蛍光プローブ

⑨【ヒューマンライフテクノロジー研究部門】

(Human Technology Research Institute)

(存続期間：2001.4～終了日)

研究部門長：赤松 幹之

副研究部門長：本間 一弘、横井 孝志

主幹研究員：山根 隆志、梅山 伸二

所在地：つくば中央第6、第2、東事業所、北サイト

人員：84名 (84名)

経費：697,739千円 (351,651千円)

概要：

ヒューマンライフテクノロジー研究部門では、生活者や生体システムとしての人間を科学的に探求することにより、少子高齢化し高度に情報化された社会の中で暮らす人々のニーズを見極めつつ、人間にとって安全で安心かつ有益な技術の人々の生活に導入することを目標として研究開発を行う。この目的のために、安全・安心な生活環境を創出する機器、使いやすい製品を設計することを支援する技術、健康増進のための機器、患者にとって安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術などの研究開発を進め、さらに人間生活及び医療福祉機器関連産業の育成・活性化に貢献する。

特に人間の心身活動を深く理解するための研究を行うとともに、科学技術の利用者である人間側に視点をおきながら、人間の能力発揮や機能回復を支援する技術を開発することをミッションとする。

課題1 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術 (人間生活工学分野)：

ダイヤモンドとパフォーマンスの適合による認知行動タスクの最適化を目指して、以下の要素技術の開発に取り組む。人間の認知処理容量を脳全体の酸素代謝から推定するための光と超音波を組み合わせた計測方法の開発を継続し、人間工学実験によって有効性を確認する。近赤外脳機能計測装置に対しては、頭部血流動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき、アーティファクト除去が可能な手法の開発を進める。また、人間の適応的タスク遂行能力のモデル化によりタスクダイヤモンドを行動から推定する手法の構築を行う。

課題2 心身の適応力の向上のための評価・支援技

術 (健康福祉工学分野)：

健康維持増進技術の一環として、心身の適応能力向上のための評価・支援技術を構築する。そのために、心身の相互応答特性を解明するとともに、心身の適応状態を計測・評価する技術を開発する。

具体的には、運動習慣、睡眠、温熱環境などの身体的要因と、精神ストレス、心理状態、認知機能などの精神・心理要因との関係を明らかにし、身心適応能力を向上させる技術開発につなげる。また、血流応答や血管硬化度、音声情報などを用いて、身心の適応性を計測・評価するための生理的・心理的手法を開発する。

課題3 生活自立支援のための身体機能回復技術 (福祉工学分野)：

次世代リハビリテーション技術の指針を提供することを目標に、生活自立支援のための身体機能回復技術構築の一環として、脳機能に着目したニューロリハビリテーション技術と食の QOL 向上のための基盤研究を行う。

具体的には、動物実験を通じて脳の適応能力機構を解明し、その回復のプロセスと要因を明らかにするとともに、残存機能を活かすニューロリハビリテーション技術を開発する。また、身体の生理機能や認知機能の理解に関わる研究を通じて、長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けた、食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術の構築を行う。

課題4 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術 (医工学分野)：

医工学分野におけるトランスレーショナル・リサーチや本格研究の実践によって、第三世代生体材料の研究開発やその基礎研究を核としながら、次世代人工心臓の開発を行うとともに、低侵襲機器と組合せた治療法の研究開発を進める。適用疾患として骨疾患、心疾患、がんを想定し、それぞれ、高齢社会の QOL 向上二大死因の克服といった社会ニーズに対応する。

課題5 人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究 (標準化分野)：

人間特性に基づいた適正な製品の設計・開発や安全で迅速な医療機器の設計・開発を支援することをねらいに、人間工学的視点及び医療機器に対する技術的視点から、アクセシブルデザイン技術の標準化研究、映像の生体安全性に関する国際標準化、再生医療製品を含む医療機器開発に対するガイドライン策定と標準化を推進する。

内部資金：

交付金 標準基盤研究 整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

交付金 標準基盤研究 高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

交付金 標準基盤研究 ISO/IEC Guide71に基づく人間工学技術資料に関する国際標準化

交付金 標準基盤研究 情報技術における音声命令の標準化

交付金 標準基盤研究 アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化

外部資金：

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発／橋渡し促進技術開発／次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト

経済産業省 平成23年度医療機器開発ガイドライン策定事業 平成23年度医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業 (医療機器に関する開発ガイドライン作成のための支援事業)

経済産業省 平成23年度工業標準化推進事業 平成23年度工業標準化推進事業 (戦略的国際標準化推進事業 (国際標準共同研究開発事業：アクセシブルデザイン (AD) の体系的技術に関する標準化))

経済産業省 平成23年度工業標準化推進事業 平成23年度工業標準化推進事業 (戦略的国際標準化推進事業 (国際標準共同研究開発事業：バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する標準化))

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 (日米先端技術標準化研究協力) 3D映像

(財) 青葉工学振興会 課題解決型医療機器の開発・改良に向けた病院・企業間の連携支援事業 最大限の病変摘出と機能温存を両立するパルスジェットメスの開発

(独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さがけ) BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発

(独) 科学技術振興機構 研究成果最適展開支援事業

(A-STEP) T&T オルファクトメーターによる嗅覚検査の自動化に関わる流体制御技術の開発

(独) 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (さがけ) 大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

(独) 日本学術振興会 財団等受託研究費 認知科学分野に関する学術研究動向調査研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 推論の複雑性に関する圏論的アプローチ

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 推薦システムにおけるスタートアップ問題の転移学習による解消

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 視覚における非意図的な時間文脈ベースの予測に関する脳内情報処理モデルの構築

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環ポンプに関する研究開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 視知覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 発達障害者の療育におけるゲーム性を応用した身体制御機能訓練補助装置に関する研究

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 生物学的シグナル分子を担持した癌免疫療法用複合メソポーラスアジュバンド

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 側頭葉の階層的な情報処理のメカニズムと顔認知における役割

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 微弱高周波電界による生体内計測技術

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 サル第一次運動野損傷後のトレーニングにより生じる神経システムの再構築

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 妊娠高血圧症候群に対する運動の有効性の検討ならびにそのメカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 自閉特性が顔認知に与える影響—分類画像法および反応一貫性分析による検討—

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 物理・免疫融合療法に用いる in situ 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 公共空間において場所及び方向を示す音楽内の新しいデザイン方法

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(A) 多感覚情報の脳内統合機構の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 低容量回線でも高画質画像を活用できる「超舞台」遠隔交流学习支援システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(A) 海馬バインディングの脳認知科学研究

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 ヒートショックが人体の過渡状態に及ぼす影響評価

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) 時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究(B) サル下側頭葉における無意識下での視覚情報処理様式の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 小型遠心ポンプ用いた可搬式除水システムの開発

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(B) 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳内ネットワーク機能の解明

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 顔および社会的情報が関わる場面での注意制御とそのメタ認知

文部科学省 科学研究費補助金 特別研究員奨励費 認知バイアスが妨害情報処理に及ぼす効果の解明

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究(C) 認知資源の個人差と急性ストレス

文部科学省 科学研究費補助金 新学術領域研究 顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムの解明

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 半正値四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究 低エネルギーX線による金ナノ粒子活性化とエネルギー伝達機構に関する研究

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術研究助成事業 曲がり管を利用した超小型質量流量計の開発

発表：誌上発表253件、口頭発表389件、その他82件

アクセシブルデザイン研究グループ

(Accessible Design Group)

研究グループ長：倉片 憲治

(つくば中央第6)

概要：

高齢社会における安全で快適な生活に関する研究を遂行し、人間生活関連産業の育成・活性化に貢献することを目標とする。このため、人間の感覚知覚の分野において、高齢者・障害者の特性を人間工学的に計測し、そのデータベースを作成するとともに、それに基づいて ISO/IEC ガイド71に推奨された高齢者・障害者配慮の設計技術（アクセシブルデザイン技術）を開発する。さらに、その技術を国内外の規格として制定し、アクセシブルデザイン製品の普及を目指す。

研究領域は、聴覚・視覚・触覚等の基本的な感覚知覚特性及びこれらの感覚情報から認識レベルに至る過程の特性（言語理解、文字認識など）を対象とする。

具体的には、音及び音声による案内技術、加齢効果を含む聴覚特性の個人差を考慮した騒音評価、低視覚（ロービジョン）のための視覚表示物の設計指針、IT 機器のアクセシビリティ、視覚障害者のための触覚情報表示技術などを研究課題とする。

研究テーマ：テーマ題目 5

マルチモダリティ研究グループ

(Multimodal Integration Research Group)

研究グループ長：氏家 弘裕

(つくば中央第6)

概要：

人間の視覚、聴覚、味嗅覚、平衡覚および運動感覚等についての情報の統合機構解明を前提として、人間の感覚知覚統合機能に適合した VR 環境等のマルチモーダル情報提示に関する技術開発を目指し、以下の研究を実施する。

- (1) 製品・環境等のパフォーマンス適合性評価：
人間環境を取り巻くマルチモーダル情報提示の機

能性について、パフォーマンス適合性の観点による計測・評価手法の開発を目指す。具体的には、視覚、聴覚、体性感覚フィードバックによる行為特性の解明と製品・環境の適合性評価への展開、及び口腔内での味覚、嗅覚、触覚間の統合機能の解明と味・嗅覚機能検査法の確立とを目指す。前者に対してはその基盤として、感覚モダリティ間の時空間統合特性の解明や、視覚と前庭の情報統合と姿勢との関係の解明、さらに情報提示技術として三次元音響記録再生技術の開発を同時に進める。

- (2) 生体影響リスク低減に資する知的基盤確立：

情報提示による生体影響に関するデータ収集とその蓄積を行い、これに基づく健康面への影響評価技術を開発し、ISO での国際規格化を目指す。具体的には、マルチモーダル環境でとりわけ問題となる立体視による視覚疲労やサイバー酔いについて、情報内要因、情報提示要因、さらに個人特性による影響を明らかにすることで、評価技術開発を目指すとともに、それぞれの要因に対して有効な対策指針の規格化原案作成に結びつける。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 5

認知行動システム研究グループ

(Cognition and Action Research Group)

研究グループ長：熊田 孝恒

(つくば中央第6)

概要：

人間の認知メカニズムは、外界の環境中にある多様な課題要求に応じて機能する。課題要求と人間の認知機能の適合性を検討するためには、認知機能の解明が必要不可欠である。特に、認知メカニズムがどのような機能単位（モジュール）から成り立っており、また、それらが互いにどのように機能するかを明らかにする必要がある。そこで、人間の認知活動に必要な注意、記憶、構え、遂行などの情報処理モジュールを特定する手法を開発し、モデル化に向けた枠組みを構築する。

平成23年度は、前年度に引き続き、複数の認知課題を同一の被験者群に対して実施し、課題成績の共変性を解析した。その結果、作業記憶、構え、抑制などを反映する課題成績間には共変性が認められたが、注意機能の中でも時間的選択課題と空間的選択課題の間に共変性は認められなかった。これらは前年度の結果とほぼ同様であった。これらの結果に基づいて、認知情報処理モジュールを整理するための枠組みの構築を進める。

研究テーマ：テーマ題目 1

システム脳科学研究グループ

(Systems Neuroscience Group)

研究グループ長：高島 一郎

(つくば中央第2)

概要:

システム脳科学研究グループでは、脳が持っている高い能力を引き出し、支援するために必要な基盤的研究を行う。

認知・行動制御メカニズムの解明に必要な適応モデル動物を確立しつつ、活動中の脳におけるニューロン活動の計測と解析を行い、脳で行われている認知や行動様式の基礎となっている情報処理の仕組みの解明を目指す。同時に、注意や動機、疾病診断等の生理的指標として有用な、視線・瞳孔径を高速かつ非侵襲的に計測する装置などの評価支援システムの開発を進める。

また、脳損傷モデル動物を用いて、リハビリ訓練が誘導する脳内変化を明らかにする。大脳皮質運動野が損傷された後のリハビリ訓練が手の巧緻動作の回復を促進することが明らかになっているので、その背景にある遺伝子・分子・神経回路レベルの変化を統合的に解明する。一連の研究を通し、新しい脳機能回復技術開発のための科学的基盤の確立を目指す。

研究テーマ: テーマ題目1、テーマ題目3

ユビキタスインタラクショングループ

(Human Ubiquitous-Environment Interaction Group)

研究グループ長: 宇津木 明男

(つくば中央第6)

概要:

人間生活においては生活環境における情報化及び情報と通信の融合が進み、情報技術がオフィスばかりでなく生活の場へも浸透し、ユビキタス社会が実現しつつある。すでに、携帯電話や PDA、また ITS (高度道路交通システム) などの情報支援機器や行動支援機器、ネットワーク対応した家電機器の開発などが行われているが、その支援の恩恵を誰もが享受できるユビキタス社会を実現することが、社会的な要請となっている。

この要請に応えるために、ユビキタス機器利用時の人間の認知行動特性の理解を得ること、また、それに適合した情報支援・行動支援環境を創出することを目的として、生活行動の把握技術の開発、ユビキタスインタフェースの評価技術の開発を行う。さらに、これらの認知行動特性の理解に基づいて、ユビキタス社会における人間の活動を支援することのできるユビキタスインタフェースの開発を行う。

研究テーマ: テーマ題目1

情報数理研究グループ

(Mathematical Neuroinformatics Group)

研究グループ長: 赤穂 昭太郎

(つくば中央第2)

概要:

人間の認知行動を評価・予測するモデルを構築するために、ビデオ画像や生体信号などの大量データから有用な情報を抽出する機械学習・データマイニングアルゴリズムの構築を行う。

まず、その基礎技術となる確率・統計モデルについて情報幾何学などを用いた理論的な観点からの学問的体系化を行う。近年、インターネットや計測技術の発達に伴い、計測されるデータの多様性が増し、データ解析の結果を還元する際にもさまざまなサービスが開発されている。当グループでも、理論的なバックグラウンドに基づいて多様なデータの解析手法の開発や、新規のサービスの提案などを行っていく。

具体的には、インターネットにおける検索や推薦といった問題や、コンピュータビジョンによる高速な画像処理・パターン認識技術の構築などに取り組む。また、人間の認知機能やその発達などの数理モデルを構築し、認知行動の評価や予測を目指す。

研究テーマ: テーマ題目1

環境適応研究グループ

(Environmental Control Research Group)

研究グループ長: 都築 和代

(つくば中央第6)

概要:

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活を実現することを目的に、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境を創り出す研究を行う。

そのため、実際の生活現場において、低侵襲・低拘束な計測方法を駆使し、人の生理・心理・行動データの収集、ならびに、環境側データの収集を行う。その結果を解析し、実態を把握するとともに、因果関係の解明に努める。また、実態把握にとどまらず、現場実験等も有効な研究手法であるため、必要に応じて生活現場における介入実験を行う。実験室では、眠気、体温調節等のメカニズム解明のための実験計画や非正常不均一な温熱環境における快適性の評価のための基礎研究を行い、人の心身機能の維持・改善や快適性を高める環境の構築技術の開発を行う。さらに、高齢社会における環境適応のための生活環境評価技術に関する研究として、これまでに行ってきた製品の使いやすさや駅の使いやすさなどの主観評価のデータに基づき、製品及び生活環境のユーザビリティ指標構成の開発を行う。

研究テーマ: テーマ題目2、テーマ題目3

身体適応支援工学グループ

(Physical Fitness Technology Group)

研究グループ長: 井野 秀一

(つくば中央第6)

概要：

少子高齢社会において安全・安心で質の高い生活（Quality of Life: QOL）の実現を後押しする多様な人間支援技術の構築を目指し、人の生理機能・感覚運動機能・操作スキル等を計測・評価する手法を開発すると共に、それらを基盤とする下記の研究テーマに取り組む。

- ① 心循環機能・動作機能に関する研究：心身適応力の向上による健康維持増進技術を研究開発する。生体を計測する新しい技術を検討するとともに、自律神経・血圧反射・心循環応答等の循環調節機能や姿勢制御等の動作機能に着目して、環境変化やストレスへの心身の適応性向上のための技術構築を目指す。
- ② 心身親和性の高い生活自立支援技術に関する研究：心身特性との親和性を考慮した生活自立支援技術を研究開発する。運動機能・感覚機能・認知機能等に着目し、高齢者や障害者等の活動的な日常生活や機能訓練を支えるヒューマンインタフェース技術の構築を目指す。
- ③ 手術手技スキル向上支援技術に関する研究：ドライラボ（人工物によるシミュレータ）と手術室での実際の手術の操作情報を融合した、より臨場感の高い遠隔手術手技研修システムおよび自習システムの構築を通じて、安全で効率の良い手術スキル向上支援技術の確立を目指す。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4

ニューロテクノロジー研究グループ

(Neurotechnology Research Group)

研究グループ長：長谷川 良平

(つくば中央第2)

概要：

ニューロサイエンスの研究で得た知見に基づき、人々の「生活の質（QOL）」向上や、脳情報を活用した新産業の創出を視野に入れたさまざまな研究開発を行う。特に、人や動物を対象とした脳・神経系の機能や構造を調べる実験研究や、その成果を活用して、低下した身体機能を補償する装置の開発・実用化を目指し、以下のような研究を行う。

- (1) ブレイン-マシン インターフェース（BMI）技術の開発：

意思伝達機能に困難を感じている方々の社会参加を補助・促進することを目的とし、脳と機械を繋ぐ技術の開発を行う。具体的には、動物や人の脳から発せられる信号の抽出および取りだした信号の解読、そして解読した信号で外部機器を動かす手法それぞれの開発を独自に実施する。開発した装置の試作機を使ってのモニター実験を行い、製品化へと積極的に取り組む。

- (2) 色覚バリアフリー実現に関する技術の開発：

色覚に異常がある人でも、見やすい視環境を提供できることを目的に、色変換データベースを作成している。色盲の方には、どのように色が見えるか、どのような場合に色の区別が難しいか、検索して調べる事ができ、また識別性の良さを判定する機能をもたせたデータベースを公開し、運用している。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

脳機能計測研究グループ

(Brain Function Measurement Research Group)

研究グループ長：梅山 伸二

(つくば中央第2)

概要：

生体の脳が、外界からの刺激を受け、どの場所でのように反応しているかを見ることは、脳機能の解明や病気の診断、また脳機能回復訓練の効果などを判定する上で非常に重要であり、このため fMRI、fNIRS、EEG などの様々な計測手法が開発されてきた。特に近赤外脳機能計測技術（fNIRS）については、その低侵襲性の高さや測定の手軽さ、装置自体が安価であることなどから、近年多くの注目が集まっているが、その反面、測定プローブコンタクトの不安定性や皮膚血流由来によるアーティファクトの問題など、高い精度の計測が難しいことが問題となっている。本グループでは、fNIRS について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

研究テーマ：テーマ題目1

医用計測技術グループ

(Biomedical Sensing and Imaging Group)

研究グループ長：兵藤 行志

(つくば東・つくば中央第6)

概要：

ユニットのミッションである「人間個人が、複雑な社会の中で人々との関係を保ちつつ、自立して知的で快適な生活を安心して送ることを可能とするため、人間の心身活動を深く理解するための研究を行うと共に、技術のユーザである人間側に視点をおき、人間の能力発揮及び機能回復を支援する技術を開発する」において、当グループは、従来は視ることができなかった、測れなかった物理的・生理的事象を計測可能とする技術開発を基軸として、部門内連携研究を推進し、ミッションの遂行に資することを目標とする。

具体的には、電磁波（ラジオ波（MRI）、赤外光、近赤外光、可視光、X線）及び超音波技術を用いた新規検出・解析方法の創出及び高度化と共に、電気生

理、分子・生化学、生体力学計測等の相互補完的な活用によって、(1) 安全で負担の少ない医療機器技術・医療高度化の支援技術のための「生体組織の物理・生理特性新規計測技術」、(2) 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術のための「全脳代謝計測の基盤技術」を確立すると共に、(3) 人間生活に関わる製品・環境の評価・設計支援のための規格化における「医療機器に対する評価技術」を開発し、その標準化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目5

治療支援技術グループ

(Surgical Assist Technology Group)

研究グループ長：小関 義彦

(つくば東)

概要：

病変部位を安全確実にピンポイント同定・到達・治療する微細低侵襲技術の確立を目的とする。またそのような高度医療技術が迅速かつ安全に実用化されること目指して、医療機器の橋渡し研究の推進と評価技術(レギュラトリーサイエンス)の確立を目的とする。

微細侵襲技術の研究では、生体組織の弾性を無侵襲に計測することで、力学的に特徴的な病変部位を同定する生体力学計測の研究を行う。また、針穿刺時に針にかかる抵抗力を分析し適切に使用者に提示することで、安全確実に病変部位に到達させる穿刺力提示の研究を行う。さらに、超音波で可視な造影剤に薬剤を付加することで、治療の可視化とピンポイント化を行う機能性造影剤の研究を行う。

橋渡し研究とレギュラトリーサイエンスでは、特定の課題に対して、臨床試験まで展開をデザインしつつ工学研究者と臨床機関、企業が連携して取り組む課題解決型研究に参加する。また、高度手術支援機器のリスクとベネフィットを評価するガイドラインを策定に取り組むことで、実用化の目安を示す。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

高機能生体材料グループ

(Advanced Biomaterials Group)

研究グループ長：伊藤 敦夫

(つくば中央第6、つくば東)

概要：

組織再生を促進するシグナル物質を担持した骨折固定具の橋渡し研究を行う。この担持技術を応用して高機能アジュバントを開発し、in vitro・in vivo安全性、有効性試験を行う。

微細細胞外環境特性と細胞素機能発現の相互作用を評価し、細胞素機能発現に有効な微細細胞外環境特性の解明に向けた研究を行う。また、硬組織再生

医療用途の高機能生体材料の開発に向けた細胞培養系での生体材料の有効性予測技術開発を行う。

生体物質の分子間相互作用解析を通じて、医薬品であり、生体材料分野にも適応が期待される各種タンパク質を、迅速且つ低欠陥で結晶化させるために必要なメカニズムを解明する。また、硬組織形成過程で生ずる未知の準安定相に関する探索を行う。

再生組織や生体組織の高分解能 X 線断層撮影で構造解析を行い、静的・動的力学試験を実施する。患者別に最適な治療を実現するため、患者の骨格構造や症例に最適化したカスタムメイドインプラントの早期実用化に向けた力学的評価等に関する試験を実施する。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

人工臓器グループ

(Artificial Organ Group)

研究グループ長：丸山 修

(つくば東、つくば中央第6)

概要：

組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能デバイス技術の開発を推進するため、補助循環血液ポンプにおいては、90日間の無血栓を達成するために、ポンプ耐久性を確認するとともに、ポンプ表面に抗血栓性をもつ血管内皮細胞を固着させるためのシグナル分子固定化手法を確立する。また、新規に開発した非接触式ディスポーザブル補助循環血液ポンプの評価試験を実施するとともに、ポンプ運転中の血液凝固状態について、粘弾性学および生化学的手法による評価法を確立する。人工心臓の開発においては、先端医療開発特区(スーパー特区)採択課題の研究分担機関として、成人用補助人工心臓の耐久性評価を継続して臨床使用への発展を試みる一方、小柄患者用補助人工心臓の in vitro 血液適合性・長期耐久性評価を担当し、医療機関との共同研究により動物実験を実施する。脳血管疾患における身体機能回復技術の開発では、失われた脳機能を回復させるための効率的なリハビリテーション手法を開発することを目的として、その脳内メカニズムを解明するのに適した実験動物モデルを用いて近年のリハビリにおいて期待されている動作アシストの効果について検討する。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] 人間の状況認知・遂行能力の評価・支援技術

[研究代表者] 熊田 孝恒(認知行動システム研究グループ)

高島 一郎(システム脳科学研究グループ)

宇津木 明男 (ユビキタスインタラクシ
ョングループ)

赤穂 昭太郎 (情報数理研究グループ)

梅山 伸二 (脳機能計測研究グループ)

兵藤 行志 (医用計測技術グループ)

[研究担当者] 熊田 孝恒、瀧田 正寿、河原 純一郎、
武田 裕司、永井 聖剛、小高 泰、
小村 豊、菅生 康子、梅山 伸二、
山田 亨、岩野 孝之、兵藤 行志、
谷川 ゆかり、新田 尚隆、鈴木 慎也、
宇津木 明男、高橋 昭彦、竹内 晴彦、
中村 則雄、横山 一也、佐藤 稔久、
熊谷 徹、西田 健次、市村 直幸
(常勤職員24名、他12名)

[研究内容]

1) 信頼性の高い近赤外脳機能計測技術の開発

近赤外脳機能計測技術について、その計測原理の解明を行い、またノイズやアーティファクトに強い計測手法の開発を進めることにより、より信頼度の高い計測技術を実現することを目指す。

平成23年度は、近赤外脳機能計測において、ヒトの脳活動とその他の生理活動から生じる信号を分離する新手法を開発した(特願2011-113081)。これは特殊なハードウェアを必要とせず、市販装置で得たデータに対応可能であり、広い適用可能性を持つ。

2) 全脳代謝計測技術の基盤研究

脳のマクロな酸素代謝推定を可能とするために、計測モダリティ及び計測方法の基盤的な研究開発を行い、脳の酸素代謝を伴う人間工学実験によって開発した手法の有効性を確認する。

平成23年度は、頸部計測におけるより最適なインターフェイス仕様を引き続き考察すると共に、頭部における計測の可能性に関して検討を加えた。頭部では、超音波計測における課題が明確となった。

3) ニューロン活動計測による処理資源にかかわる神経基盤の解明

サルをモデル動物として使用し、認知資源の配分と制御に関わる未知の神経基盤を同定することを目的とする。

平成23年度は、刺激の曖昧さを定量的に操作した条件下で、サルに強制2択の知覚判断課題を遂行した。その結果、サルの判断のゆれがシグモイド状の心理物理曲線として捉えられた。また、刺激-報酬連合課題では、経験に基づく期待度(動機レベル)に応じて、サルのリッキング行動や反応時間に変化が認められた。

4) 行動データに基づくタスクディマン드의評価技術

日常的な活動におけるリスク要因を、基本的なタスクのディマンドと人間のパフォーマンスの適合性によって評価する手法を確立するために、タスクを遂行する人間の行動データの統計的分析によりタスクディマ

ンドを推定する技術を開発する。

平成23年度は、高齢ドライバーを対象に、先行車追従時の運転の特徴に注目して運転行動の経年変化を分析した。AIST式認知加齢検査法によって各ドライバーの認知機能の経時変化を調べ、認知機能の衰え方の違いによって異なる追従行動の経年変化の特徴を明らかにした。

5) 認知行動計測のための高速画像認識技術の開発

認知行動計測のために、ビデオ画像から人や物を高速に抽出する必要がある。本研究では、GPUを用いた高速画像特徴抽出法の開発と、画像特徴を用いた物体追跡・パターン認識技術の開発を行う。

平成23年度は多重サイズの画像を用いて特徴量を効率的に抽出する手法を開発した。また、オプティカルフローを用いた路面検出のための新たな手法を開発した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 近赤外脳機能計測技術、fNIRS、アーティファクト除去、超音波循環動態計測、ニューロン活動の計測、タスクディマンド、確率ネットワークモデル、高速画像特徴抽出法

[テーマ題目2] 心身の適応力の向上のための評価・支援技術の開発

[研究代表者] 小峰 秀彦 (身体適応支援工学グループ)

都築 和代 (環境適応研究グループ)

横井 孝志 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

[研究担当者] 横井 孝志、都築 和代、永田 可彦、
稗田 一郎、武田 裕司、甲斐田 幸佐、
河原 純一郎、新田 尚隆、菅原 順、
小峰 秀彦 (常勤職員10名、他15名)

[研究内容]

1) 心身相互応答特性の解明:

習慣的な運動がヒトの認知機能に与える影響について、顔の既知性判断課題を用いて検討した。顔の認知情報処理機能が局在している側頭部と他の部位との機能的結合を調べた結果、運動習慣がある群では運動習慣がない群と比べて、左側頭と前頭を含む他の領域との機能的結合が強くなっていることが明らかになった。この結果は、習慣的運動が身体機能のみならず、脳内の広域的な情報伝達に基づく認知機能の向上にも有効である可能性を示している。

また、運動習慣が精神ストレス時の循環応答に与える影響について、暗算ストレス課題を用いて検討した。暗算ストレス時の上腕血流量は運動習慣の有無にかかわらず増加したが、運動習慣がある群はない群と比べて、暗算時に上腕血流量の増加が小さかった。血流に影響する血管内皮機能は運動習慣による違いがないた

め、運動習慣は血管内皮機能とは無関係に精神ストレス時の上腕血流応答を減弱させると推測される。

次に、仮眠や光照射が認知機能に与える影響を検討することを目的に、午後の高照度光照射（2000 lux）、短時間の仮眠（約20分間）がビジランス反応、潜在学習能力、認知課題遂行能力に与える影響を調べた。その結果、短時間仮眠は主観的眠気を低減させ、認知課題遂行能力を高める効果があることが明らかとなった。高照度光照射は主観的眠気を低減させる一方で、認知課題遂行能力にはほとんど影響を及ぼさなかった。また、潜在学習能力は、短時間仮眠や光照射の影響を受けないことが明らかとなった。

2) 心身の適応状態を計測・評価する技術の構築：

精神ストレス評価法開発の一環として、精神ストレスと知覚負荷を操作し、選択的注意に与える影響を検討した。ストレスと知覚負荷のどちらか一方が高い場合には干渉量が少なく、両者が高い場合には干渉量が多くなることが示された。この結果は、共通の注意資源がストレスによっても、知覚負荷によっても剥奪を受けること、適度な注意資源が残っていれば却って干渉を生じにくくなることを示唆する。

精神ストレスを含む健康管理モニタリング技術の一つとして、掌指脈波測定装置の開発・改良を行った。外乱光によるノイズ成分の除去を行うため、測定部分への遮光構造の追加と信号伝達線路上への10Hz～80Hzの間で設定可能なローパスフィルターの追加を行った。さらに皮膚とセンサの安定な接触状態を維持するため、接触圧が0.1kg/cm²前後になるような新たな機構を考案・設計し、装置に組み入れた。これらの改良によってS/N比が従来装置に比べて10倍に高まり、脈波信号測定精度の向上を図ることができた。

また、血液・血管特性の変化から心身の応答を捉える技術として、血管壁・血球運動分離アルゴリズムに基づく壁すり速度計算の高精度化、及び血液粘度計算の高精度化を行った。壁すり速度計算の高精度化では、血管壁付近の差分フィルタの狭幅化と同期加算に基づく方法を検討した。また血液粘度計算の高精度では、統計的手法に基づく新たなフィルタリング法を検討した。シミュレーション及び牛血実験データを用いた検証の結果、従来法よりも測定分散が抑制され、開発手法による高精度化の可能性が示された。

血圧計を利用して動脈硬化度を評価する技術については実用段階に入った。具体的には、血圧計測定時に上腕カフに伝播する脈波を解析して動脈硬化度を評価する手法を開発、製品化した装置が、医療機器として製造販売承認を取得し（薬事法認可）、製品の販売を開始した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ストレス、認知機能、体温調節、循環調節、運動処方、リラクゼーション、心理

状態

[テーマ題目3] 生活自立支援のための身体機能回復技術

[研究代表者] 井野 秀一（身体適応支援工学グループ）

肥後 範行（システム脳科学研究グループ）

藤崎 和香（マルチモダリティ研究グループ）

[研究担当者] 金子 秀和、肥後 範行、林 隆介、鈴木 慎也、稗田 一郎、藤崎 和香、永井 聖剛、井野 秀一、長谷川 良平、岩月 徹、関 喜一、坂本 隆、氏家 弘裕、伊藤 敦夫、梅村 浩之（健康工学研究部門）（常勤職員15名、他6名）

[研究内容]

1) 残存機能を活かすニューロリハビリ技術：

ニューロリハビリは、リハビリ効果が身体機能の再学習によるものであるという考えに基づく新たなリハビリ法である。本テーマでは、医薬品開発でよく用いられるラットを用いた研究と、ヒトと同じ霊長類であるサルを用いた研究を並行して行うことで、独創性が高く効率的なニューロリハビリ法の開発に繋がる研究成果を挙げることを目指す。

ラットを用いた研究では、近年のリハビリにおいて期待されている動作アシストの効果について検討している。これまで、ラット前肢刺激選択反応時間タスクにおいて、刺激呈示後に前肢の応答運動を強制的に引き起こすような試行を追加した場合、学習の遅れることがわかってきている。強制的な応答運動の発生タイミングと刺激弁別過程に要する処理時間の推定結果から、強制的に応答運動を引き起こす際に生じた深部感覚が運動系の情報処理に影響して学習過程を妨害したのではないかという知見を得た。また、脳内での運動指令に合わせた動作アシストを可能にするため、フローティングワイヤ電極アレイを用いた神経細胞活動計測法について検討した。その結果、複数の神経細胞から活動電位波形を安定に計測できたのは埋め込み後数カ月間程度であった。電極刺入部位周辺の脳組織に対する機械的な損傷が長期計測上の問題と考えられることから、電極ワイヤの弾力性をさらに大きくして損傷を抑制する必要性のあることが示唆された。

サルを用いた研究から、脳損傷後にリハビリ訓練を行うと運動野の体部位局在マップが変化するという報告があり、この変化はリハビリの脳内基盤に対応するものとして注目されてきた。しかし、体部位局在マップは運動野を電気刺激した時に誘発された体の動きを指標にして作られるもので、自然な運動下での役割は

分かっていない。そこで、複数の体部位が関わる運動遂行中のサルにおいて、ユニット活動記録と皮質内微小電気刺激を並行して行った。多くのニューロンで、皮質内微小刺激で応答した体部位の動きに相関した神経活動が見られた。20 μ アンペア以上の比較的強い電気刺激により同定された体部位局在領域では、その相関が低くなることが明らかになった。この成果は、損傷による神経活動変化を知るための基礎データとなり、電気刺激による把握機能回復促進に応用できる可能性がある。

2) 食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術:

長寿社会での人々のライフスタイルの充実に向けて、本テーマは、楽しい語らいのある食生活を目指した福祉介護技術（誤嚥下予防トレーニングシステム・遠隔食事介護システム）とコミュニケーション支援技術（社会コミュニケーションスキル評価・食事雰囲気改善技術）に関する基礎から応用に至る研究開発を展開し、「食生活の QOL 向上のための介護・リハビリ支援技術」を提案することを目指す。

嚥下リハビリの研究では、リハビリのためのソフトウェアについて、前年度の試用の結果を踏まえて、高齢者がより楽しみやすいように、改良を行った。訓練の成果を測る指標として、破裂音の強弱について、基礎的な調査を行った。発声・発話などの訓練を受けていない通常の話者では、破裂音の強度は音声全体の強弱と相関が大きいとされるが、破裂音に特化した測定方法については、今後、検討すべき課題であることがわかった。また、咀嚼力や嚥下機能を簡単に測定する器具・機器による計測を新たに加えた。さらに、高齢者向け介護施設等での観察を通じて、これらのリハビリソフトを扱いやすくすることを目的に高齢者の機器操作におけるメンタルモデルの推定を行うための実験計画の提案、刺激呈示装置の考案及び作成を行った。

遠隔食事介助の研究においては、3D コンピュータグラフィックスおよび力覚提示装置を用いた遠隔食事介助場面における知覚・行動特性の計測系の構築を行い、12名分の予備実験データを取得した。また、遅延視覚フィードバックが人間の行為に与える妨害効果について国際誌に論文を投稿し採択された。

コミュニケーション支援技術の研究においては、定型発達者における自閉傾向の個人差による認知情報処理特性検討のための心理学実験手法開発を行った。具体的には、注意や視覚情報処理範囲の大きさを計測する課題において、検討を行った。また、コミュニケーション特性に深く関連する感情状態の変化による認知情報処理の変化に関する検討も開始した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 脳卒中、動物モデル、運動リハビリテーション、動作アシスト、嚥下リハビリ、

遠隔介護、食生活の QOL、コミュニケーション支援

[テーマ題目 4] 安全で負担の少ない医療機器技術、医療高度化の支援技術

[研究代表者] 伊藤 敦夫（高機能生体材料グループ）

丸山 修（人工臓器グループ）

兵藤 行志（医用計測技術グループ）

小関 義彦（治療支援技術グループ）

[研究担当者] 伊藤 敦夫、王 秀鵬、岡崎 義光、

十河 友、小沼 一雄、廣瀬 志弘、

山根 隆志、丸山 修、金子 秀和、

西田 正浩、小阪 亮、鎮西 清行、

小関 義彦、葭仲 潔、鷲尾 利克、

兵藤 行志、三澤 雅樹、新田 尚隆、

本間 一弘（常勤職員19名）

[研究内容]

1) 第三世代生体材料の先行臨床応用と基礎研究

皮膚内に天然歯周囲組織と類似の組織の形成を促進する、線維芽細胞成長因子-2 (FGF-2) と水酸アパタイト複合層を形成した創外骨折固定ピンの臨床橋渡し研究を行い、同材料について筑波大学附属病院で実施する臨床研究に供するべく、筑波大、産総研の各倫理委員会に研究計画書を提出し、承認に到った。

2) バイオリゾドポンプ

バイオリゾドポンプの構成デバイスとなる非接触軸受式遠心血液ポンプについて、グリセリン水溶液を使用した90日間の連続運転に成功し、機械的耐久性を確認した。また、遠心血液ポンプの材料となりうるチタン、アクリル樹脂およびポリカーボネート表面にシグナル分子を担持するための条件を設定した。シグナル分子を担持したチタン材料試験片については、*in vitro* 抗血栓性試験を実施したところ、試験片表面に血栓は観察されなかった。

3) 生体力学計測と穿刺力提示、機能性造影剤

生体力学計測については、加振装置によって生じた生体組織の歪を MRI で無侵襲に計測する MRE について普及型 MRI で計測できる新方式を提案し、被験者実験により有用性を示した。穿刺力提示については、切開力と摩擦力を分離して提示することにより、組織貫通の知覚が容易になることを人間工学実験により示した。機能性造影剤についてはマイクロバブルの表面にハイドロキシアパタイトを附着させ、それを電子顕微鏡により確認した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 血管内皮細胞、バイオリゾドポンプ、線維芽細胞成長因子-2、アパタイト、シグナル分子、穿刺支援技術、ナノバブル可視化、物理・生理計測技術

〔テーマ題目5〕人間生活製品、福祉、医療機器技術の標準化研究

〔研究代表者〕倉片 憲治（アクセシブルデザイン研究グループ）

氏家 弘裕（マルチモダリティ研究グループ）

本間 一弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、佐川 賢、氏家 弘裕、渡邊 洋、本間 一弘、山根 隆志、鎮西 清行、鷲尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里、兵藤 行志、三澤 雅樹、谷川 ゆかり、新田 尚隆、木山 亮一（バイオメディカル研究部門シグナル分子研究グループ）、片岡 正俊（健康工学研究部門バイオマーカー解析研究グループ）、弓場 俊輔（健康工学研究部門組織・再生工学研究グループ）、坂無 英徳（情報技術研究部門センサーコミュニケーション研究グループ）、本間 敬子（知能システム研究部門・ディペンダブルシステム研究グループ）、梶谷 勇（知能システム研究部門・統合知能研究グループ）、榊田 創（エネルギー技術研究部門・先進プラズマ技術グループ）、池原 譲（糖鎖医工学研究センター・分子医用技術開発チーム）
（常勤職員25名、他9名）

〔研究内容〕

- 1) アクセシブルデザイン技術の標準化研究
高齢者及びロービジョンを考慮した消費者生活用製品の報知光の JIS（日本工業規格）及びロービジョンのコントラスト及び可読文字サイズの TR（技術報告書）各1編の素案を作成した。高齢者の聴覚特性及びそれを考慮した公共空間等の音声アナウンスについて DIS（国際規格原案）投票に向けた審議を行った。若齢者の聴力の個人差に関する ISO 規格1編が発行に至った。視覚障害を考慮した公共空間の音案内に関する JIS の原案作成を開始し、ISO 規格化提案に向けた準備を進めた。高齢者・障害者を対象に視覚・聴覚等の機能に関する心理・行動計測を行い、その成果を ISO/TR 22411第2版の WD（作業原案）に盛り込んだ。産総研で原案作成した JIS/TR の内容を含む視野研究に関する TC（技術委員会）を CIE（国際照明委員会）に提案し、設立に至った。情報アクセシビリティの ISO 規格に対応する JIS1編が発行された。視覚及び触覚に係るアクセシブルデザインの新規 ISO 規格3件、及び音

声命令に関する新規 ISO 規格2件を提案した。

- 2) 映像の生体安全性に関する国際標準化
映像の生体安全性に関するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 12）において課題とする国際規格化のうち、光感受性発作に対する委員会原案（CD）の投票の結果、第2版の CD 作成が決定された。そこで、各国との連携の下でこれを推進し、第2版 CD の提出を行い、投票開始に至った。また、立体映像による視覚疲労に対する国際規格化提案（NP）を実施し、投票により承認され、作業原案の審議を開始した。また、関連するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 2）において、裸眼立体ディスプレイの計測法に関する作業原案作成についての審議を主にフィンランド、ドイツ等と進めている。
- 3) 医療機器開発に対するガイドラインの策定と標準化の推進

医療機器開発ガイドライン策定事業における審議に基づき、新規に2件の医療機器開発ガイドライン（「カスタムメイド人工膝関節」「ヒト細胞・組織の搬送」）を策定した。これまでに策定した開発ガイドラインは総計20件に達する。国際標準共同研究開発事業における再生医療製品製造用途の除染接続装置開発について、関連するワーキンググループ（ISO/TC 198/WG9）にて、国際標準化合意に向けた調整を完了し、国際文書原案の作成を開始した。また、同事業、バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する国際標準化について、細胞侵入性評価法の規格案作成に先立ち、国内 RRT に参加するとともに、欧州のエキスパートを訪問し、国際 RRT の参加と規格案作成の協力を取り付けた。他方、近赤外光診断装置の標準化では JEITA（電子情報技術産業協会）規格原案が承認され、3月に JEITA 規格として発行された。さらに、JEITA との協力で IEC 提案を行い、投票の結果、新規業務項目として採択された。また、赤外線サーモグラフィ試験では、日本非破壊検査協会と連携して試験方法通則の ISO 提案を行い、投票の結果、新規業務項目として採択された。また、マイクロ X 線 CT の標準化では、用語の JIS 化作業を進め（JISZ2034予定）、標準ファントム計測の国際ラウンドロビテストでは ISO TC213 /WG10へ日本側データを継続して提供した。ISO DIS13842（非医療用途パーソナルケアロボット安全規格）等に参加し、医用ロボットの安全性評価等に関する審議を行った。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕高齢者、障害者、ロービジョン、聴覚特性、触覚認識、映像酔い、医療機器、ガイドライン、製造販売承認、JIS、ISO

⑩【特許生物寄託センター】

(International Patent Organism Depository)

所在地：つくば中央第6

人員：9名（6名）

概要：

- ・特許庁の指定機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、国内外からの特許生物の受託並びに求めに応じての分譲業務を行う。
- ・寄託微生物等の生存試験等を行うとともに、その保存技術や各種試験・検査・解析技術の高度化に資する研究開発を行う。
- ・平成23年度は、特許微生物寄託制度に係る業務を次年度に円滑に承継するための作業等を行う。

機構図（2012/3/31現在）

センター長（兼）湯元 昇

—次長 丸山 明彦

—次長 花田 智

— [寄託生物業務室]

室長（兼）丸山 明彦

— [寄託事務業務室]

室長 谷島 清一

— [特許生物寄託支援研究室]

室長（兼）花田 智

特許微生物寄託制度について

生物に係る発明について特許出願する際は、その生物を寄託機関に寄託し、寄託機関が発行する受託証を提出する必要がある。特許生物寄託センターは特許庁長官から指定された寄託機関として、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として国内外からの特許生物を受託・分譲している。寄託機関としての業務は、その生物の生存等を確認し必要な期間保存すること、また、第三者に試験・研究を目的とした生物の試料を分譲することである。特許生物の受託・分譲業務においては、保存法や生存試験法、汚染検査法、安全性確認法の改良など解決すべき技術課題が多い。特許生物寄託センターではサービスの向上を目的とし、寄託生物種ごとに適した保存技術や各種試験・検査・解析技術の高度化を図るなど業務支援のための研究開発も行っている。

平成23年度は、これらの業務や研究開発を継続するとともに、安全を強化した寄託業務の実施に向けた取組みの中で残されていた保管株の安全確認作業を終了した。

また、震災からの復旧並びに上記特許微生物寄託制度に係る業務の遅延なき実施を図るとともに、業務の合理化（生存試験回数の削減、従事者数の削減など）に取り組んだ。さらに、経済産業省等との同時発表（平成23年11月16日付け）に基づき、当該業務を次年度に独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）へ円滑に継承するための様々な作業（法規対応、利用者への通知、NITE 職員の技術研修、NITE との協定書や覚書の締結、資料・資産等の確認・整理など）を実施した。

平成23年度寄託等の件数及び手数料収入実績

事項	微生物の保管手数料					試料の分譲手数料					
	原寄託	新規寄託	再寄託	継続寄託	寄託特例	菌株分譲		海外送付追加（一般）		海外送付追加（冷凍）	
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)
件数	123	133	1	2,822	3	70	17	22	0	3	0
金額(円)	27,060,000	2,793,000	16,000	31,035,000	48,000	695,500	170,000	3,300	0	79,408	0

事項	証明書の交付手数料							情報の通知手数料		合計
	届出に関する証明		最新の生存情報証明		生存試験証明		諸証明	情報通知		
	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国際)	(国内)	(国内)	(国際)	(国内)	
件数	1	1	2	0	0	0	1	0	0	3,199
金額(円)	2,000	2,000	4,000	0	0	0	2,000	0	0	61,910,208

3) 情報通信・エレクトロニクス分野

(Information Technology and Electronics)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：金山 敏彦

副研究統括：松井 俊浩

概 要：

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

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

情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室

(Research Planning Office of Information
Technology and Electronics)

所在地：つくば中央第2

人 員：6名 (5名)

概 要：

当室は、情報通信・エレクトロニクス分野に置かれ、研究所の業務のうち、当該研究分野における研究の推進に関する業務を行う（独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第1節第10条）。

具体的には、第3期研究戦略の策定と研究計画のとりまとめ、研究戦略予算テーマの立案、分野重点化課題研究テーマの選定・評価、研究ユニットへの交付金予算の配分、新規ユニット設立検討、新規採用面接および任期付研究員のパーマネント化評価の事務局、分野内・分野間のスペース利用の調整、オープンプラットフォーム推進に係る企画・調整、技術研究組合の窓口業務、見学・視察対応、オープンラボ出展テーマの取りまとめ・企画等、研究分野推進に係る業務を行っている。

当室の平成23年度の活動は、定常業務に加えて、例えば以下の活動を行った。

1. 新規ユニット設立検討
2. 第3期研究戦略の策定
3. 研究戦略予算の取りまとめ

1. については、情報系ユニットをセキュアシステム研究部門、知能システム研究部門、サービス工学研究センター、デジタルヒューマン工学研究センターに再編した。

2. については、「第3期研究戦略 平成24年度版」の策定にあたり、ポートフォリオの見直しを行い、セキュアシステム、シリコンフォトニクス等への研究資源投入を明確化した。また、平成24年度に情報系研究ユニットの再編を行うことに伴い、研究ユニットの変遷についてユニットの解説を追記した。

3. については、平成24年度研究戦略予算への情報エレクトロニクス分野からの提案として、重点研究加速予算枠に新規2件、融合・連携推進予算枠に新規4件、イノベーション推進予算枠に新規3件を取りまとめて提出した。

機構図 (2012/3/31現在)

[情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室]
研究企画室長 安田 哲二 他

②【情報セキュリティ研究センター】

(Research Center for Information Security)

(存続期間：2005. 4. 1～2012. 3. 31)

研究センター長：今井 秀樹

副研究センター長：川村 信一、渡邊 創

主 幹 研 究 員：古原 和邦

所在地：つくば中央第2

人 員：28名 (28名)

経 費：339,187千円 (137,098千円)

概 要：

情報セキュリティ研究センターのミッションは、「不正行為にも安全に対処できる、誰もが安心して利便性を享受できる IT 社会の実現」のため、情報セキュリティ分野に関する研究開発を実施することである。現状における緊急度や産総研のミッションである「国際的な産業競争力強化、新産業の創出」といった視点を勘案し、特にソフトウェア製品、ハードウェア製品に求められる情報セキュリティ技術、及びそこで用いられる基盤技術の確立を目標とする。さらにこれらの研究活動を通じて、世界的な研究成果を継続的に出すことのできる、「日本のセキュリティ研究のコア」を形成すること、また政府が実行する情報セキュリティ関連施策の技術的、人的支援を行い、国民にも国際的にも信頼される機関として認知されることを目指す。

情報セキュリティに関係する諸問題の現状を鑑み、(ア)～(オ)の5つのサブテーマを中核的課題として設定し研究を行った。

(ア) セキュリティ基盤技術研究チーム

(イ) 物理解析研究チーム

(ウ) ソフトウェアセキュリティ研究チーム

(エ) ハードウェアセキュリティ研究チーム

(オ) ICSS 技術チーム

さらに、それぞれが自身の課題に取り組むだけにとどまらず、ある課題に各チームが異なる視点から取り組み、また協力し合うことにより、これまでに無かった総合的で効果的なセキュリティ技術を創出することも目指す。そして研究開発活動を通じ、以下のような役割を果たしていくことにより、センターの研究目標を達成する。

- 産業界に役立つ研究開発人材の育成：
学術的シーズと産業界・利用者ニーズに精通した人材を、産学官連携による研究活動を通して育成する。
- インシデントに対応できる専門家及びチームの育成：
関係機関に出向するなど、実務を通じた専門家を育成する。
- 裏づけのあるセキュリティ情報の発信源：
高いレベルの研究成果を出し続けることで、専門家及び専門研究により裏付けられた、信頼できる情報の発信地としての役割を果たす。
- 重要インフラ等の安全性評価：
新たな手法の研究、及び最先端の手法を用いた重要インフラの評価を、公的研究機関の立場を活かして行う。脆弱性を発見した場合には、IPA 等適切な伝達ルートを通して関係者へ脆弱性情報及び対処法を周知する。
内外の機関との連携を通じ、研究成果を社会へ還元していく。民間企業、大学、公的研究所等とは、共同で研究プロジェクトを立ち上げ、日本の情報セキュリティ分野のレベルアップ、世界をリードする産業分野の育成、新産業の創出を目指す。経済産業省、内閣官房情報セキュリティセンター、IPA をはじめとする政府およびその関連機関に対しては、情報セキュリティ研究センターで開発した最先端の研究に基づく情報の提供、問題の解析、対処法の提案など、技術的なバックアップを行い、緊密な連携を取っていくことで、より安全性の高い製品を流通させることを目指す。NICT 等の他研究機関とは、担当する研究分野を効率的に分担し、また融合的な分野については共同で研究するなど、より効果的な成果を生み出す協力関係づくりを目指す。

発 表：誌上発表73件、口頭発表74件、その他7件

セキュリティ基盤技術研究チーム

(Research Team for Security Fundamentals)

研究チーム長：花岡 悟一郎

(つくば中央第2)

概 要：

インターネットを介したサービスが広く普及した現

在、その便利さの一方で、不正アクセスによる情報漏えいや、なりすましによるネット詐欺など、これまで存在しなかった問題が、数多く起きようになってきた。セキュリティ基盤技術研究チームでは、このような不正を防止し安心して利用できる IT 社会を実現することを目的とし、それを実現するための情報セキュリティ基盤技術に関する研究を行っている。基盤を構成する要素技術の例としては、ネット上を流れる情報の盗聴を防止したり改ざんを検出したりする「暗号技術」や、ネット上の利用者や端末などを特定・認証する「認証技術」などがある。我々は、それらをより使いやすく、また、より高い機能を実現するための研究や、新たな機能の実現、並びに安全性の評価を行っている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、
テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目6

物理解析研究チーム

(Research Team for Physical Analysis)

研究チーム長：渡邊 創

(つくば中央第2)

概 要：

情報セキュリティ技術は、さまざまな形で周辺科学技術の影響を受けその発展を続けている。特に、情報システムを実装するベースである物理層については、その技術的発展が情報セキュリティ技術に与える影響は大きい。物理層における技術の発展は、単に、既存の情報セキュリティ技術を効率よく達成するだけでなく、新しいタイプの情報セキュリティやそれに対する脅威の源泉となっている場合がある。このような状況を背景とし、物理解析研究チームでは、より安全な情報社会の実現に向け、根源的な貢献を行うことを目的としている。主な研究内容としては、(1)量子情報セキュリティ、(2)実用的仮定に基づく暗号の研究、などが挙げられる。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目9

ソフトウェアセキュリティ研究チーム

(Research Team for Software Security)

研究チーム長：柴山 悦哉

(つくば中央第2)

概 要：

情報のデジタル化が進み、情報の蓄積・管理・利用のためにコンピュータシステムが必須となった今日、システムのセキュリティを抜きに情報のセキュリティを考えることはできない。しかし、コンピュータシステムの挙動を制御するソフトウェアは、依然として多くの脆弱性を抱えたまま稼働を続けている。ソフトウェアセキュリティ研究チームでは、このような現状を改善するために、ソフトウェアのセキュアな設計・実

装・運用を行うための各種技術と、そうしたソフトウェアが安全であることを形式的に検証し保証する技術基盤の研究・開発に取り組んでいる。今年度の主な研究内容としては、プログラミング言語や形式検証によるセキュリティ確保に関する外部資金による研究課題の他に、(1)情報路符号化定理などの情報科学の基礎的な性質の定理証明器による検証基盤の確立、(2)HTTP プロトコルを用いたパスワード漏洩に強い相互認証方式の標準化活動などをあげることができる。

研究テーマ：テーマ題目10、テーマ題目11

ハードウェアセキュリティ研究チーム

(Research Team for Hardware Security)

研究チーム長：佐藤 証

(つくば中央第2)

概要：

VLSI の高速化・高集積化技術の進歩により、かつては大きな演算リソースを必要とした暗号ハードウェアが家電やポータブル機器に容易に実装できるようになっている。また、急速に拡大するブロードバンド・ネットワーク社会における情報の保護に、高性能な暗号ハードウェアを欠かすことはできない。従来、暗号の安全性評価はアルゴリズムの理論的な解析が主流であったが、暗号が実装されたモジュールの物理的な特性を解析する実装攻撃が近年クローズアップされている。特にその中でも暗号モジュールの消費電力や電磁波中に漏洩する動作情報を利用するサイドチャネル攻撃が、現実的な脅威となりつつある。このような背景のもと、ハードウェアセキュリティ研究チームでは、暗号ハードウェアの研究に関して、(1)小型・高速・低消費電力実装、(2)アプリケーション開発、(3)実装攻撃への対策手法および安全性評価手法の確立と国際標準規格化への参画、を主テーマとして研究を行っている。

また、指紋や網膜パターンなどの生体情報が一人一人異なることを利用して個人認証を行うバイオメトリクス技術のように、人工物においても一つ一つ異なる物理特性を見分けることによる偽造防止技術 PUF (Physical Unclonable Function) が注目されている。当チームでは、LSI の製造のばらつきによって個体毎に微妙に異なる配線遅延やトランジスタゲートのスイッチング遅延などを利用し、その特性の違いをデータビット列として出力する回路方式と、それを検出する技術の開発を行っている。

さらに、LSI の安全性と信頼性を向上させるため、不正な回路の混入防止や故障診断を可能とする高度な電磁界計測技術に関する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目12、テーマ題目13

ICSS 技術チーム

(ICSS Technology Team)

研究チーム長：川村 信一

(つくば中央第2)

概要：

銀行カード、電子定期券、住基カードなどでは、IC チップが埋め込まれた IC カードの採用により、高い利便性と安全性が実現されている。カードの安全性は、IC チップの偽造や複製が困難であることによって保証されているため、IC チップの安全性を第三者が客観的に評価し認証する国内制度が求められる。その一つが国際規格 ISO/IEC 15408に基づく認証制度であるが、チップの評価や認証制度の運用では欧州が先行している。産総研は、経済産業省の支援を戴いて IC チップの安全性評価の研究を行える施設を整備し、国内企業との共同研究によって既存試験方法の改良や新しい試験方法の検討により技術力向上と人材育成に取り組んでいる。レーザー光を IC チップに照射しても重要な情報が漏洩しないことを確認する試験方法や、レーザーを利用してチップのレイアウト情報を得る手法の有効性を確認した。また、IC システムセキュリティ協会の分科会である CC 認証評価部会 (ICSS-JC) に参画し、実際の評価試験の在り方について検討するとともに、近い将来、日本での評価結果が欧州でも認められる (相互認証の取得) ための活動の一つとして、前記分科会を介して欧州の業界団体に技術のアピールを行った。

研究テーマ：テーマ題目14

【テーマ題目1】鍵漏洩に堅牢な暗号・認証技術に関する研究

【研究代表者】古原 和邦

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】古原 和邦、花岡 悟一郎、渡邊 創、辛 星漢 (常勤職員4名)

【研究内容】

従来、多くのセキュリティシステムは、そこで利用されている鍵や認証用データは漏えいしないとの仮定の基で構築されてきた。本研究では、この仮定を見直し、鍵や認証用データは漏えいするとした上で、それらが漏えいしたとしても大きな被害を引き起こさない、あるいは被害を局所化できる方法の研究を行っている。具体的に、鍵漏えいに堅牢な暗号化方式、電子署名方式、認証鍵共有方式、鍵の効率的な更新方法などの研究に取り組んでおり、これらの成果を応用することで、サーバやクライアントに保存している機密情報をより高度かつ効率的に保護したり、データベースに保存している個人情報を情報漏えいや不正アクセスから保護したりすることが期待できる。

本年度の主な成果は以下のとおりである。(1) 匿名パ

スワード認証方式において内部攻撃者を想定した安全性モデルとそのモデルで安全な方式に関する論文を国際学術誌へ掲載した。(2) LR-AKE をクラウドストレージ (public model) へ応用した論文を国際学会で発表した。(3) LR-AKE をベースにグループ間でのファイル共有を柔軟かつ安全に行う内容で国内特許出願を行った。(4) IETF へ提案したより計算量の小さな PAKE の I-D (Internet-Draft) を IESG LC に応じて更新し、平成24年3月に予定されている IESG telechat の agenda になっている。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 認証、情報漏えい、暗号化

【テーマ題目2】 代替暗号・認証技術に関する研究

【研究代表者】 花岡 悟一郎

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 花岡 悟一郎、古原 和邦、辛 星漢、
ナッタポン・アッタラパドゥン

(常勤職員4名)

【研究内容】

近年、クラウドやソーシャルネットワークなどの複雑なシステムが盛んになりつつある。それに従い、単調なシステムのために設計された従来の暗号・認証技術が不十分であり、代わりに高機能な次世代暗号・認証技術が必要となる。

今年度は、クラウド向け暗号技術として、昨年度に引き続き、柔軟なアクセスコントロールが可能な公開鍵暗号の理論および実現方式の研究を進めた。その結果、実用レベルのアクセス制御条件を暗号技術だけで実現可能な「属性ベース暗号」、「述語暗号」、さらに、これらを含む概念である「関数型暗号」に関して、選択暗号攻撃に対する安全性を付与するための一般的手法を開発した。また、「属性ベース暗号」の極めて効率的な構成方法についても提案を行っている。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 公開鍵暗号、属性ベース暗号、関数型暗号、認証

【テーマ題目3】 プライバシ保護技術に関する研究

【研究代表者】 花岡 悟一郎

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 花岡 悟一郎、古原 和邦、
渡邊 創、山口 利恵、辛 星漢、
ナッタポン・アッタラパドゥン、

(常勤職員6名)

【研究内容】

情報技術の発達に伴い、情報システム内に大量に蓄えられたプライバシ情報の漏洩が深刻な社会問題になっており、またネットワーク上の個人の尊厳を守ることはきわめて重要な課題になりつつある。本テーマではプライ

バシ情報漏洩問題を抜本的に解決するため、プライバシ情報を一切取得しなくても適切に情報処理が行える基盤技術の確立を目指して研究を行っている。

今年度は、昨年度に引き続き、暗号および認証システムにおける強いプライバシ概念の理論構築と、実用的なプライバシ保護技術の二つに注目して研究を進めた。暗号および認証システムのプライバシに関しては、グループ署名とよばれる匿名性が強化された電子署名技術に関し、従来の安全性定義が、必ずしもすべての不正行為を網羅的に対応したものとはなっていないことを指摘し、具体的に、従来の安全性要件を満足していても安全とはいえない状況がありうることを示した。また、より厳密な安全性定義を行い、その安全性定義の上で安全となる具体的な方式の提案も行った。その他、さらに、関数暗号を用いて匿名認証を行うための一般的手法の提案を行っている。また、実用的なプライバシ保護技術に関しては、昨年から継続して、企業が取得したプライバシ情報を流通させる際の基準として k-匿名性概念に注目し、多様かつ大量のプライバシ情報への適用方法および効率的な処理方法に関する検討を行った。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 グループ署名、匿名認証、k-匿名性

【テーマ題目4】 経済モデルを使った情報セキュリティ管理理論の研究

【研究代表者】 田沼 均

(セキュリティ基盤技術研究チーム)

【研究担当者】 田沼 均 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究の目的は、有用なセキュリティ管理手法を考案すると共に経済学等の人間行動に関する諸科学を利用してセキュリティ管理の基盤理論の構築を図ることにある。

本年度は、主にソーシャルネットワークサービスと個人情報保護の関係を経済モデルを用いて分析する研究を行った。ソーシャルネットワークサービスは、そのサービスの性質上、多くの個人情報を集め、その集めた情報を下により価値のあるサービスを提供する。しかしこの集めた個人情報の扱いにおいて、勝手な利用を許したり、杜撰な管理を許すと利用者に被害が及ぶ。このことは利用者の懸念となり、仮にサービス提供者が十分な注意を持って利用・管理を行ったとしても利用者には十分な検証手段がないため懸念が残り、個人情報の提供を抑制し、サービスの利用を控えるようになる。この追うな状況を防ぐためにサービス提供者が個人情報利用に際し生じた被害を補填するモデル (損害補填モデル) を作成し、経済分析を行った。その結果、損害補填モデルにおいて利用者が個人情報を積極的に提供する条件を導いた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 情報セキュリティ管理、情報セキュリティROI

〔テーマ題目5〕 ヒューマンクリプトに関する研究

〔研究代表者〕 古原 和邦
(セキュリティ基盤技術研究チーム)
〔研究担当者〕 古原 和邦、井沼 学
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

簡便で高精度な本人認証は現在及び今後の情報化社会にとって重要な課題である。本研究では、バイオメトリクス技術のセキュリティ評価基準の開発を目指して研究を行っている。

本年度は、我々が提案した安全性指標であるウルフ攻撃確率 (WAP: Wolf Attack Probability) をより実践的な評価技術に高めることを目的として、マルチバイオメトリクスや生体検知アルゴリズムに対するウルフ攻撃評価理論の構築、実際の製品の安全性評価手法の研究、脆弱性の調査や理論的攻撃の実験による実現・検証等を行った。

また、テンプレート (登録生体情報) 保護技術の安全性評価基準の国際標準化のための活動を行った。国内に委員会を設置しての規格案策定、米国や EU 各国の関係者との意見調整等を行い、ISO/IEC JTC1/SC37 プラケット会議にて NWI 提案に向けた日本提案を発表した (発表資料は SC37 N4933 として公開)。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス
〔キーワード〕 バイオメトリクス、個人認証、ウルフ攻撃、生体情報保護、キャンセルブル・バイオメトリクス

〔テーマ題目6〕 信頼できる数学的仮定に基づく実用的暗号技術に関する研究

〔研究代表者〕 古原 和邦
(セキュリティ基盤技術研究チーム)
〔研究担当者〕 古原 和邦、花岡 悟一郎
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

従来の暗号技術の多くは、安全性を素因数分解の困難性等の計算量的な仮定に依拠している。しかし、これらの仮定が将来にわたって成り立つかどうかについては不明であるため、長期的な安全性が要求されるアプリケーションに対しては、必ずしも適用することができない。本研究においては、このような問題を回避するために (1) 新技術及び新解析技術の研究、及び (2) 新技術を円滑に適用するための研究を行なっている。

本年度は、特に、強く信頼できる数学的仮定のみには依存しながら、これまででない有用な性質を併せ持つさまざまな公開鍵暗号の設計を行い、それらについて、査読付国際会議などにおいて発表を行った。

具体的には、非常に困難な数学的問題として良く知られている RSA 問題の困難性の仮定の下で証明可能安全となる電子署名方式を設計し、その効率性評価を行った。

提案方式は、同じ安全性を持つ既存方式に比べ、署名長および公開鍵長のいずれについても同等か、もしくは、より効率的となっている。また、一方、RSA 問題と同様に、非常に困難な数学的問題として知られている離散対数問題について、ある種の補助入力を与えられた場合、通常考えられていたよりも容易となることを明らかにした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス
〔キーワード〕 証明可能安全性、計算量的安全性、公開鍵暗号、電子署名

〔テーマ題目7〕 量子情報セキュリティ技術

〔研究代表者〕 今福 健太郎 (物理解析研究チーム)
〔研究担当者〕 今福 健太郎、萩原 学、縫田 光司、宮寺 隆之 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

情報理論は、「情報の記述」あるいは「情報の伝達や取得の際の原理的境界」について考察するための体系であり、一方量子論は、「物理系の振舞いや測定の原理的境界」を考察するための体系であることから、情報理論と量子論の結びつきは必然である。量子性の高い物理系をリソースとして利用し、従来の情報システムでは達成することができなかった情報論的タスクを実現する応用として、量子暗号や量子計算が知られており、これらは21世紀の科学として大きな発展が期待されている分野である。特に量子暗号は、情報理論的安全性を達成できる技術として期待を持って開発が進められている。

この技術について、本年度は、特に光子受信機側に光子の偏光直交二状態用の測定だけのメカニズムを要する (即ち、オリジナルの量子鍵配送で求められるような、偏光直交二状態用の測定と、それらの干渉直交二状態の測定のスイッチングを必要とせず、実装的なアドバンテージを持つとされる) 改良されたプロトコルについて安全性解析を行った。その結果、オリジナルの量子鍵配送の安全性の根拠と同じ情報攪乱定理が成立することを確認し、オリジナルの量子鍵配送と同様の安全性が保証されることを明らかとした。量子情報セキュリティの基盤となる量子誤り訂正符号の研究としては、多元体上の Sum-Product 復号アルゴリズムを活用した二準位量子符号の構成に成功した。現在、世界最高性能を持つ符号として知られている。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス
〔キーワード〕 量子暗号、量子符号、情報理論

〔テーマ題目8〕 現代暗号論に基づくハードウェアデバイスのセキュリティ

〔研究代表者〕 今福 健太郎 (物理解析研究チーム)
〔研究担当者〕 今福 健太郎、渡邊 創
(常勤職員2名)

【研究内容】

ユビキタスの発展により情報へのアクセス構造が複雑化したこと、さらには、多様な物理的攻撃法（暗号モジュールが、動作にともなって秘密情報が物理的な観測量の中に漏れだすことを利用した強力な攻撃法）の存在が指摘されている。

本年度は特に、攻撃対象と同じタイプのオープンデバイスを自由にコントロールできる場合に可能となる「テンプレート攻撃（あるいは、この攻撃に対する耐性評価）」について研究を行った。テンプレート攻撃では、膨大な時系列データである物理的な観測量の中で、どの時系列部分に情報が漏れ出ているかを同定することが、効率のよい攻撃（とその耐性評価）に直結する重要な過程である。本研究ではこの「着目すべき時間同定」過程について、情報論的な尺度を用いてそれを発見する方法を考察、シミュレーションと実地研究によりその効果を検証した。この「着目すべき時間同定」を最も良く達成すると言われている従来手法（検定的手法を用いたもの）と比較し、同等以上の性能を持つことを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】耐タンパー、情報漏えい

【テーマ題目9】 実用的仮定に基づく暗号の研究

【研究代表者】今福 健太郎（物理解析研究チーム）

【研究担当者】今福 健太郎、萩原 学、縫田 光司、渡邊 創（常勤職員4名）

【研究内容】

現在実用化されている多くの暗号は、ある数学的問題が計算量的に難しいという仮定に基づいたものであるが、その安全性評価では、やはり理想的な関数を仮定しており、現実的どの程度安全であるかの評価とはなっていない。また、現実的と思える状況を仮定（例えばある程度コントロールすることができない雑音を含む通信路など）することにより、情報理論的に安全な暗号を構成できることが知られており、情報理論的な安全性を満たす（攻撃者の計算資源に依らない）暗号を構成する幾つかの研究が行われている。

今年度は、関数の近似可能性の観点から、パラメータ固定ハッシュ関数の理論的安全性評価について考察を行った。また擬似乱数の識別不可能性概念の相互関係について明らかにした。その他、RFID などの軽量デバイスのための認証プロトコルである HB[#]を拡張した新たなプロトコル HB^βを考案、安全性を損なうことなくパラメータサイズを減少させることができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報理論、暗号理論、符号理論

【テーマ題目10】 定理検証支援系による情報学の基礎理論群の定式化と応用

【研究代表者】Affeldt Reynald

（ソフトウェアセキュリティ研究チーム）

【研究担当者】Affeldt Reynald、萩原 学

（常勤職員2名）

【研究内容】

これまでソフトウェアセキュリティ研究チームでは、OS の基礎ルーチンや暗号処理ライブラリの正当性など、ソフトウェアの様々な性質を、定理証明支援系という厳密な数学的証明を機械化できるツールを通して証明してきた。この一連の研究は、ある特定のソフトウェアの安全性を証明することそのものに加え、その証明の過程を通じて必要となる様々な情報学の基礎的な理論を定理及び自動証明戦略のライブラリとして定式化し整備することで、今後他のソフトウェア、特に実用ソフトウェアを安全性解析・検証する際に部品として再利用し、その解析作業を定型化することに大きな目的がある。

今回、この研究の対象の1つとして、シャノンの情報源符号化定理、通信路符号化定理など、情報理論、特に通信・符号にまつわる基礎的な定理の証明を、定理証明支援系を用いて厳密化し、ライブラリとして整備することに成功した。

一般的な応用において定理証明支援系上で用いられる論理体系は、記号処理や自然数演算など、数学の中でも比較的「論理学」に近い分野の定式化が行われてきている。しかし、情報量の理論においては実数・対数や微分・積分など、これまで一般的には定理検証の対象として重視されていない分野の数学対象が用いられていて、これまでの検証技術基盤だけでは厳密な検証が難しい。一方で、情報量の理論は暗号のセキュリティの解析など多くの分野で、セキュリティの証明の基礎として重要な役割を果たすことが期待される。

今回の作業を通じて、一般に情報理論などの数学分野で用いられる「N を大きくすれば不等式が成り立つ」などの曖昧な議論を、定理証明器が受け入れるレベルに厳密化し、実際に情報量理論の1つの定理が、論理的に一貫し厳密な意味で正しいことの具体的証明を、定理証明器上で行うことに初めて成功した。

今後も引き続き他の定理の定式化と証明を行ってゆくことで、暗号など確率的・情報量な取り扱いを必要とする理論を定理証明器上に定式化し、それらの実装の正当性を厳密に検査するための知見を集積し、ライブラリとして構築してゆく。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報セキュリティ、形式検証、符号理論

【テーマ題目11】 HTTP アクセス認証法を拡張した相互認証方式の提案

【研究代表者】渡邊 創（副研究センター長）

【研究担当者】渡邊 創、大岩 寛、高木 浩光（常勤職員3名）

【研究内容】

近年、インターネット上であるサービスの利用者を偽のサーバに誘導し、そのサービスの ID やパスワード、さらにはクレジットカード情報や個人情報などを詐取する「フィッシング詐欺」が大きな問題になっている。これまでに、さまざまな解決法が提案されてきているが、それぞれ、新たにソフトウェアをインストールする必要がある場合、特定の利用者への絞って攻撃された場合に対処が難しい場合、偽サーバが利用者と本物のサーバの間に入って通信を巧妙に中継した場合に無力である場合、などの欠点が存在し、抜本的な解決法となるものは存在していなかった。本研究では、各種セキュリティ技術を用いた新たな通信プロトコルの開発だけでなく、Webブラウザのユーザインターフェイスの改良までを行うことで、このような犯罪を未然に防ぐことができる方式を開発することを目標とする。これまでに、誤って偽サーバと通信してもパスワードが詐取されない、HTTP アクセス認証法を拡張した新たな相互認証方式を、そのユーザインターフェイスの設計とともに開発し、現在インターネット標準の規格化団体 IETF (Internet Engineering Task Force) に標準規格案を提案している。

本年度は、提案技術の標準化活動を精力的に行った。IETF81, 82, 83 また W3C TPAC といった、業界標準規格を作成している団体の会議に参加し、ブラウザベンダーやユーザとなる企業関係者との議論を深めた。IETF 83 では、HTTP 規格の改訂が合意され、それに合わせた HTTP 認証法の公募がアナウンスされた。今後はこの公募に本技術を応募し、国際標準規格成立に向け尽力して行く。技術の実装では今後の普及や実験での利用を想定し、Ruby 言語での実装を新たに作成した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報セキュリティ、HTTP アクセス認証法、Web アプリケーション、フィッシング詐欺

【テーマ題目12】サイドチャネル攻撃に対する安全性評価手法に関する研究

【研究代表者】佐藤 証
(ハードウェアセキュリティ研究チーム)

【研究担当者】佐藤 証、坂根 宏史、片下 敏宏、堀 洋平 (常勤職員4名)

【研究内容】

IC カード等の暗号回路が動作中に発生する電磁波や、消費電力波形に漏洩している情報を解析し、内部データを盗み出すサイドチャネル攻撃の脅威が現実のものとなっている。そこで、サイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドライン策定が急がれているが、各研究機関が独自の環境で実験を進めていたため、その結果の追試や検証が難しく標準化の妨げとなっていた。また、攻撃実

験の対象に市販の暗号製品を標準として用いることにも大きな問題があった。本研究では、サイドチャネル攻撃実験標準評価プラットフォーム SASEBO と、ISO/IEC 標準暗号を全て実装した LSI の開発を行い、ガイドライン策定のための環境整備を行うと共に、様々な提案手法の評価と攻撃・対策手法の開発を行っている。

本年度は、NIST との共催によりサイドチャネル攻撃を主テーマとする国際ワークショップ Non-Invasive Attack Testing Workshop (NIAT2011) を奈良で開催した。その成功を受けて当チームが策定したドラフトをベースに ISO/IEC 17825 Testing methods for the mitigation of non-invasive attack classes against cryptographic modules の策定が開始された。また暗号ハードウェアで最も権威の高い International Workshop on Cryptographic Hardware and Embedded Systems (CHES2011) も NIAT2011 に次いで奈良で開催し、併設の企業展示会では9団体から SASEBO を用いたデモ展示が行われた。

次世代ハッシュアルゴリズム SHA-3 の実装性能評価や暗号 LSI のサイドチャネル攻撃のため新規ボード SASEBO-RII、高性能磁界プローブ、磁界自動計測・解析環境を開発・整備し、国内外の研究機関での利用を促進するとともに事業化を進めた。また、CRYPTREC における電子政府推奨暗号アルゴリズムのハードウェア性能評価環境の整備を行った。昨年度に引き続き、サイドチャネル攻撃に対する評価技術の蓄積を目的とした国際的な活動である DPA コンテストを、SASEBO を解析ターゲットとして開催した。サイドチャネル攻撃に加えて、レーザーや電磁放射装置によるフォールト攻撃や、先端 LSI 解析装置による解析技術開発など新たなプロジェクトを開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サイドチャネル攻撃、侵襲攻撃、標準評価プラットフォーム、国際標準規格

【テーマ題目13】偽造防止技術 PUF の研究

【研究代表者】佐藤 証 (ハードウェアセキュリティ研究チーム)

【研究担当者】佐藤 証、片下 敏宏、堀 洋平
(常勤職員3名)

【研究内容】

IC カードの攻撃に、無尽蔵のコストをかけることができれば、内部の秘密情報を盗み出すことは不可能ではない。しかし、情報を取り出すことができたとしても、それを物理的にコピーすることができなければ、安全性は担保される。このような目的で、LSI の製造過程において偶然に生じ人為的に制御不可能なデバイスの物理的なばらつきを、固有の ID や認証データとして利用する PUF (Physically Unclonable Function) の研究を行っている。

本年は、統計的手法やバイオメトリクス的手法によって PUF の性能を定量的に評価する方法を開発し、FPGA 上の Arbiter PUF を用いてその有効性を実証するとともに、評価プログラムを Web サイトに公開した。また、PUF の物理的動作パラメータが模擬可能かどうかの安全性検証のため機械学習攻撃プログラムを作成した。さらに、PUF が出力する ID だけでなく、LSI の消費電力パターンの検査を併用した偽造防止技術の開発に向けた様々な実験を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】PUF、物理 ID、複製防止、偽造防止

【テーマ題目14】チップセキュリティ技術開発

【研究代表者】川村 信一 (ICSS 技術チーム)

【研究担当者】川村 信一、山梨 晃、藤原 充、
諸藤 力、平野 晋健、沖 秀一、
秋本 諭史、高橋 憲介、佐々木 實
(常勤職員9名)

【研究内容】

この研究の目的は、IC カードの主要企業であるルネサスエレクトロニクス、大日本印刷や電子商取引安全技術研究組合との共同研究を通じて、IC チップの脆弱性評価技術を高めることであり、その過程を通じて研究従事者が評価に必要なスキルを獲得することである。また、国内の IC システムセキュリティ協会の分科会である CC 認証評価部会 (ICSS-JC) の活動と連携し、技術面で支援することも本テーマの目的の一つである。

本研究では、まず脆弱性評価の環境を構築するために、以下に挙げるような装置類を整備した。

(1)電流リーク解析装置、(2)電源ノイズ注入による誤動作解析装置、(3)レーザー光照射による誤動作解析装置、(4)カードからチップを取り出すのに必要な化学実験処理施設、(5)チップへの微細な加工が可能な FIB (Focused Ion Beam) 装置、(6)チップ上のトランジスタのオン・オフ時に放出されるフォトンを観測する装置 (TriPHEMOS)。

これらの装置を用いて、まず、基本的な評価試験の追試を行なった。IC カードからチップ部分のみを取り出して、試験するサンプルを作成し、実際の試験を行うという一連の手続きを確認した。

次に、より高度な評価のために、前年度に引き続き、レーザー照射によるチップレイアウト解析手法の改良を進めると共に、使用するレーザーの差異による評価結果への影響や、チップから漏洩する磁界に重要情報が漏れていないか試験する方法について検討した。

この他に、電子商取引安全技術研究組合およびハードウェアセキュリティチームと協力して、1990年代以降に公表されたチップの脆弱性評価に関する公知文献600件以上を網羅的に調査し整理した。成果は2010年度に有益な資料として日欧の関係者と共有されたが、その更新

作業を引き続き実施した。

2011年度末で共同研究が本体制での共同研究は一旦終了したが、引き続き高度なチップ評価技術の研究に取組み国内の技術力向上に貢献したい。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】チップセキュリティ、脆弱性評価、認証

③【ネットワークフォトンクス研究センター】

(Network Photonics Research Center)

(存続期間：2008.10.1～)

研究センター長：石川 浩

副研究センター長：挾間 壽文

所在地：つくば中央第2

人員：17名 (17名)

経費：886,506千円 (163,703千円)

概要：

インターネットの普及で映像情報を中心として通信トラフィックが大きく増加している。これに対応してネットワークの消費電力が急激に増大している。今後、ネットワークを活用して、より効率的で安全、安心な社会を形成していくためには、低消費電力で、大量の情報を扱うことの出来るネットワークインフラを構築して行く必要がある。このために、我々は IP をベースとした従来のネットワークに加えて、大幅な低消費電力化が期待できる光の回線交換を用いた光パズネットワークを提案している。これに向けて、文部科学省のイノベーションシステム整備事業の「先端融合領域イノベーション創出拠点形成」のプログラムで「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」を形成し、企業10社と産総研関連研究ユニットと連携して研究開発を推進している。また、今後増大していく、高精細画像情報を中心とした、巨大情報に対応するために、172Gb/s の超高速の光伝送装置の研究開発を NEDO プロジェクト「次世代高効率ネットワークデバイス技術開発」で進めた。

先端融合領域イノベーション拠点では、企業と連携して以下の開発を進めた。まず、光パズネットワークでの経路切り替え用のスイッチとして、小型・大規模化が可能なシリコンフォトンクスを用いたスイッチおよび PLC、LCOS を用いた波長選択スイッチの開発を進めた。シリコンフォトンクスのスイッチでは、熱光学効果を用いた干渉計型スイッチの8x8までのスイッチの作製技術を開発し、偏波無依存化、低クロスターク化、駆動回路のモノリシック集積技術の開発を進めている。波長選択スイッチでは、基本設計と要素技術の開発を進め、来年度にはプロトタイプモジュールを試作することを目指している。また、光パズネットワ

ークのファイバの分散補償技術では、ファイバの非線形性を用いた4光波混合による波長変換と、逆分散のファイバを組み合わせた、パラメトリック分散補償技術を開発し、分散補償装置の小型モジュール化に向けて研究を進めた。加えて、23年度から、光パスネットワークのダイナミックノードの要素技術として、ODU スイッチの設計、波長可変レーザの開発、光ROADMの研究開発を進めた。さらに、光パスネットワークのアーキテクチャ案を策定した。

画像情報については、NEDO プロジェクト「次世代高効率ネットワークでデバイス技術」で、技術研究組合 PETRA に参加して、実時間で高精細の映像情報を伝送するための172Gb/s の超高速の送受技術の研究開発を行った。光時分割多重方式を採用しており、応用として、放送局舎内でスーパーハイビジョンなどの高精細映像を配信する光 LAN に適用することを目指している。その中の主要なデバイスとして、InGaAs/AlAsSb 半導体量子井戸の伝導帯での離散的な準位間の電子の遷移（サブバンド間遷移）による超高速全光位相変調効果を用いたモノリシック集積の超小型全光スイッチを開発し、モジュール化を行った。また、超高速光時間多重信号のルートを切り替えた時の受信側高速クロック抽出技術を新規に開発した。このプロジェクトの最終成果報告会で、NHK と連携して、172Gb/s でスーパーハイビジョン配信の動展示を成功裏に実施することができた。

以上の研究開発に加えて、InGaAs 系のサブバンド間遷移素子やII-VI族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を新しいデバイスに展開する研究、シリコンフォトニクスと有機材料を組み合わせた相変化光スイッチの開発、磁気光学効果を用いた新規の光スイッチの可能性についても基礎的検討を行った。

外部資金：

文部科学省 イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」

総務省「超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光スイッチの研究開発」

総務省「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発」

発 表：誌上発表48件、口頭発表63件、その他1件

超高速光デバイス研究チーム

(Ultrafast Optical Device Research Team)

研究チーム長： 鯉塚 治彦

(つくば中央第2)

概 要：

160Gbit/s 以上の超高速光通信に資する光デバイスの研究を進めている。励起電子の超高速緩和が可能な化合物半導体の量子井戸のサブバンド間遷移 (ISBT) を利用した、超高速光スイッチの実現を目指し、ISBT 素子の高効率化・集積化と、新たな応用に向けた検討を進めた。マイケルソン干渉計構成のモノリシック集積の超小型全光スイッチモジュール化を開発し、172Gb/s でスーパーハイビジョン配信の動展示を成功させた。また、ISBT および材料の新しい応用に向け、位相変調の光信号処理および、新波長帯領域への応用検討を進めた。また、新しい光スイッチとして、磁気光学効果を用いた光スイッチについて基礎的な検討を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 1

ナノフォトニクス集積研究チーム

(Nanophotonics Integration Research Team)

研究チーム長： 河島 整

(つくば中央第2)

概 要：

光通信機器が、今後も、トラフィック拡大の要求に答えていくためには、光スイッチや光源、受光器などの個別デバイス、更には論理回路を組み合わせ、より高度な処理機能を備えたモジュールにすることと、そのための次世代集積技術が求められている。これまで石英平面光回路 (Planar Light Circuit, PLC) が、集積化のプラットフォームとなる導波路系として利用されてきたが、SOI を基に作製されるシリコン光導波路は、石英系を凌駕する集積密度を実現するプラットフォームとして注目を集めている。当チームでは、シリコン光導波路や分・合波器など基本素子の低損失化、光入出力効率の改善といった基盤技術の開発に取り組むとともに、駆動用電子回路のモノリシック集積、シリコン光導波路系に化合物半導体のアクティブデバイスを組み込むハイブリッド集積技術や光記録材料等の機能材料を集積する技術、光パス網の実現に必要な大規模光クロスコネクタ (マトリックススイッチ) の研究開発を進めている。高い消光比、広帯域、低損失を設計時から優先的に重視している。

研究テーマ：テーマ題目 2

光信号処理システム研究チーム

(Optical Signal Processing System Research Team)

研究チーム長： 並木 周

(つくば中央第2)

概要:

将来のネットワーク像を模索し、システムにおける光の役割を検討・提案しながら、光ネットワークの実現を目指す研究を進めている。光機能性材料・デバイスを活用した光信号処理システム、特に、非線形光学現象を用いる新しい光信号処理の提案を行い、システムレベルでの検証を行う。光ネットワークの要素技術として、波長変換、可変分散補償、光信号再生などを優先的な課題としている。非線形光学材料として、高非線形ファイバ、シリコン導波路、化合物半導体などを用いる。このチームでは材料開発は行わないため、ネットワークフォトンクス研究センターや光技術研究部門など産総研内の関連部門だけでなく、国内外の先端研究グループとの材料に関連した連携・シナジーを積極的に追及している。ネットワークレベルなど上位レイヤーでの検討評価についても、内外の関連研究グループとの連携を行い、目指すネットワークのシステムデモンストレーションを実施する。

研究テーマ：テーマ題目3

[テーマ題目1] 超高速全光スイッチ（運営交付金、総務省「サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発」）

[研究代表者] 鋏塚 治彦

(超高速光デバイス研究チーム)

[研究担当者] 秋本 良一、小笠原 剛、挾間 壽文、葛西 淳一、牛頭 信一郎、物集 照夫、Feng Jijun、Albores-Mejia Aron

(常勤職員6名、他3名)

[研究内容]

当研究チームでは、今後の高精細動画像を中心とした通信需要と消費エネルギーの増大に対処するべく、160Gbps以上の全光信号処理実現を目的に、半導体量子井戸のサブバンド遷移(ISBT)を用いたISBT素子を中心に研究を進めてきた。ISBT素子は、低損失超高速全光スイッチ、強度・位相変調信号変換素子、波長変換素子等の新しい応用が期待できる。実用化には、この素子の高効率化と動作エネルギーの低減を進めるとともに、光信号処理用光集積回路への適用が必要である。H23年度は技術研究組合PETRAに参加して、この研究を進めた。マイケルソン干渉計構成の導入により、光スイッチのモノリシック集積回路を実現し、さらに、モジュール化の組立手法に改良を加え、光スイッチモジュールの小型化、安定動作を実現した。この光スイッチモジュールを用いた、172Gb/sでスーパーハイビジョン配信の動展示を成功させた。

加えて、総務省SCOPEの課題としてISBTの新しい応用に向け、位相変調の光信号処理の検討を進めた。四光波混合による波長変換のメカニズムを実験、理論両面

から進めた。

InGaAs系のサブバンド間遷移素子やII-VI族のサブバンド間遷移素子の開発で培った高度の量子井戸の結晶成長技術を用い、波長2~4 μm 帯および、0.5 μm 帯の新波長帯領域光源の検討を進めた。

周期構造を持った磁性材料の巨大磁気抵抗効果による光通信帯波長での屈折率変化について理論検討を行い、新しい光スイッチ材料としての可能性を見出した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 超高速光スイッチ、サブバンド間遷移、量子井戸、位相変調

[テーマ題目2] 光スイッチ集積技術（運営交付金、文部科学省「イノベーションシステム整備事業」・「先端融合イノベーション創出拠点の形成」、総務省「超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光スイッチの研究開発」、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発」）

[研究代表者] 河島 整

(ナノフォトンクス研究チーム)

[研究担当者] 須田 悟史、Cong Guangwei、Kim Sang-Hung

(常勤職員3名、他3名)

[研究内容]

光パスネットワークの回線切り替え用にスイッチとして小型で大規模集積化が可能なシリコン細線導波路を用いた熱光学効果の光スイッチの開発を行った。シリコン細線導波路の伝搬損失を低減した。ヒーター電流駆動用の電子回路を、導波路コアと同じSOIにモノリシック集積した。ヒーター用抵抗体をCMOSプロセスに親和性のあるTiNにした。これを上部クラッドに埋め込む構造にしたことで、抵抗値のばらつきが抑制され、また耐久性が大きく向上した。

更に8 \times 8 Siスイッチの試作を進め、クロストーク特製の詳細な評価を行った。MEMSや空間変調器を用いた波長選択スイッチの設計を行った。光記録に使われる相変化材料をシリコン細線に装荷した光スイッチを試作しそのゲート動作を実証した。PLZTスイッチとのハイブリッド実装を念頭において、その光入出力部となる石英PLCの開発を進めた。相変化材料装荷型のシリコン導波路に基づく、状態保持型波長スイッチの設計と試作を進めた。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] キーワード：光スイッチ、シリコン細線導波路、光クロスコネクタ、波長選択スイッチ、PLC、光相変化材料

〔テーマ題目3〕光信号処理システム（運営交付金、文部科学省・イノベーションシステム整備事業「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」・「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」）

〔研究代表者〕並木 周

（光信号処理システム研究チーム）

〔研究担当者〕黒須 隆行、来見田 淳也、井上 崇、石井 紀代、松浦 裕之、谷澤 健、Gao Mingyi、Karen Solis-Trapala（常勤職員5名、非常勤職員4名）

〔研究内容〕

共通基盤技術としては、超高速およびコヒーレント伝送システムの評価技術、超短光パルス整形・伝送技術、高性能光波形観測技術などの構築を進めた。特に、平成23年度は、NEDO プロジェクトの最終成果として、NHK・富士通と連携して、NHK のスーパーハイビジョン映像信号を独自の172Gb/s 光時間多重方式によって光 LAN 上で15 μ 秒以内に切り替える動作の実演を行い、同プロジェクト最終デモ展示会を成功裏に収めた。

光パスネットワークの主要技術の一つである、光ファイバの非線形を活用したパラメトリック可変分散補償技術の研究では、WDM や位相変調信号など実用上重要な分散補償動作を実証し、さらに、ネットワークにおける自律制御動作のためのデジタル制御の開発に着手した。

新しい研究テーマとして、光信号の位相雑音を抑える光信号再生および非線形補償の研究に着手した。

多粒度階層よりなる光パスネットワークの具体的トポロジーを考案し、基礎的な性能評価を行ったところ現状技術に比して3桁以上の省エネルギー効果となる資産が得られた。この結果は、H26年度に予定している拠点デモの基礎トポロジーとして生かされる。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕超高速光 LAN、高非線形ファイバ、可変分散補償、位相再生、光ネットワーク、グリーンネットワーク

④【デジタルヒューマン工学研究センター】

（Digital Human Research Center）

（存続期間：2010. 4. 1～2017. 3. 31）

研究センター長：持丸 正明

副研究センター長：加賀美 聡

上 席 研 究 員：河内 まき子、西田 佳史

所在地：臨海副都心センター

人 員：16名（16名）

経 費：405,197千円（117,514千円）

概要：

デジタルヒューマン工学研究センターの前身であるデジタルヒューマン研究センターでは「人間個人の機能モデルで個人の欲求を満足するように製品・サービスを最適化する技術」を研究し、成果をあげてきた。しかしながら、個人の欲求を追求することの積りが、社会・環境の価値に繋がるわけではない。個人の満足と持続的社会の共存という問題は、人間個人の機能モデルだけでは解決し得なかった。そこで、「個人にとって付加価値の高い製品・サービス（＝個人欲求充足による市場原理）を通じて、健康で安全で持続可能な社会（＝社会・市場の価値形成）を実現すること」を次なるグランドチャレンジに据える。このグランドチャレンジを達成するための方策として、いままで培ってきた「人間個人の人体機能モデル」に、新たに「人間生活の機能モデル」を研究する。ここで、人間生活とは、人間の個体だけでなく、関係する他の人間や周囲の環境を含むものであり、また、時間的な文脈を備えたものである。人間生活の機能を計算論的にモデル化することとは、すなわち、人間生活を観測し、それをひとつのシステムとして記述し、人間生活同士を比較し、再現提示できることを意味する。これには、実験室における人間観測とモデル化だけではなく、実生活の場における人間と環境の観測とモデル化研究が必要になる。人間（ユーザ）とその生活がモデル化されれば、生活をまもる、生活を変える、生活を支えるような製品・サービスの設計を支援することができる。このような製品・サービスを通じて、ユーザに個別満足を与えつつ、ユーザにその製品・サービスのもつ社会・環境価値も合わせて提示し、ユーザの欲求と社会・環境価値をバランスする社会創成を目指す。このような実社会に開かれたサイクルにデジタルヒューマンモデルを組み込むことで、持続的に人間生活特性データを蓄積し、モデルをアップデートしていく研究アプローチそのものが、デジタルヒューマン工学研究センターのセントラルドグマである。

デジタルヒューマン工学研究センターでは、先に掲げたグランドチャレンジに寄与する研究のアウトリーチシナリオを立て、そのシナリオに駆動されて必要な技術開発や技術の統合を進める。ここでは大きく4つのアウトリーチシナリオにしたがって研究を推進する。

- (1) 身体機能に適合し活用する製品設計支援技術の研究
 - (2) 健康を維持し人間生活機能を高める健康増進支援技術の研究
 - (3) 事故を予防し人間生活機能をまもる傷害予防工学の研究
 - (4) 人間と環境を理解し人間生活機能を支えるスマートアシスト技術の研究
- 個々のシナリオについて、最終的な社会還元を見据

え、単に必要な新規技術を開発するだけでなく、シナリオ実現に不可欠な既存要素技術との統合、ステークホルダーを巻き込む組織体の構成なども行い、シナリオ遂行におけるイニシアチブを発揮し、社会的にインパクトのある成果につなげる。中核となる新規技術については、個々のシナリオの枠内にとどまらず、他のシナリオや他のアプリケーションでも幅広く活用できるように、できるだけ汎用的な基盤技術として確立することを目指す。すなわち、人間とその生活を、機能的、生成的にモデル化する技術を、できるだけ普遍的なモジュールとして確立し、それらを社会シナリオの実現に役立てることをミッションとする。

平成23年度は、4つのアウトリーチシナリオについて「人間生活モデル」を指向した具体的な研究を推進した。(1)の製品設計支援技術については、国際的に競争力の高い技術やデータベースを有する全身形状モデリングと手の機能モデリングにリソースを集中した。平成23年度ではメキシコの国家的人体計測事業を支援するための技術移転予算を獲得し、技術の移転と将来的な人体形状データの獲得についての合意を形成した。海外データは、国内企業が海外市場に適合した製品を開発する際の基盤となる。手の機能モデリングについては、手の運動生成と運動スキル評価を技術的な核と位置付け、そのための運動生成技術、筋骨格系モデルの開発を進めた。これらを活用した具体的な製品設計支援研究として、自転車や日用品を対象とした資金提供型共同研究を推進するとともに、ライターやパッケージのチャイルドレジスタント設計（子どもに使いにくくすることで安全を担保する設計）にも協力した。これらは、新たに設定した「人間生活」における製品使用価値の向上を目指すものである。(2)の健康増進技術については、単に健康に関与する身体機能を評価するだけでなく、その身体機能を維持・増進させる取り組みを日常生活の中で「つづけさせる」ことを目標に設定した。生活者自身にとって「自分でできる感（self efficacy）」が高いと考えられる「歩行」に着目し、日常生活において歩行の質を変えることで、効果的に身体機能を維持・増進させる技術の開発を行った。歩行データベースを構成するとともに、簡易な現場計測データから歩行特徴や転倒リスクを評価する技術を開発した。実用化を目指して企業との共同研究を開始した。(3)傷害予防工学については、経済産業省委託事業「キッズデザイン製品開発事業」を中核プロジェクトとして、科学技術振興機構「犯罪からの子ども安全事業」を絡めながら、病院などから傷害データを収集し統計モデルを構成する技術や、事故原因を究明し対策効果を検証するための人体転落・転倒シミュレーション技術、これらを支える基本人体特性データベースの整備を進めた。特に平成23年度では、経済産業省委託事業で推進したキッズデザイン基盤整備プロジェ

クトで、子どもの安全に配慮した製品開発を進める企業との共同開発を進め、家電製品、自転車、住宅設備などで具体的な成果を得た。(4)のスマートアシスト技術では、ロボットなどが生活環境下で生活者を適切にサポートする技術の確立を目指し、これに必要な要素技術として、環境と生活者行動の観測、モデル化の研究を重点的に推進した。生活者の行動観測のみでは、生活者がどのような環境刺激に対して行動を起こしたのかが分からず、データとして意味をなさない。従来の実験室環境では環境刺激を制御していたためこのような問題は生じなかったが、デジタルヒューマン工学研究センターが掲げる生活環境下での継続的なデータ観測では、刺激としての環境観測とモデル化が不可欠である。平成23年度では、マイクロフォンアレイの立体化による音響環境観測、移動ロボットの立体視覚による空間環境観測技術の開発を進めた。また、移動技術については、人間生活環境へのロボット技術の投入を目指し、段差や凹凸がある環境下でも安定的な移動を可能とする二足歩行技術を開発した。

外部資金：

経済産業省 中小企業支援調査「キッズデザイン製品開発支援事業」

消費者庁 「小児の転倒・転落防止に資する検討業務」

独立行政法人科学技術振興機構 社会技術研究開発事業「傷害データ収集システムの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業「実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究」

独立行政法人製品評価技術基盤機構 「乳幼児用ベッドからの転落事故防止対策」

社団法人日本皮革産業連合会 「足入れの良い健康革靴プロジェクト」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「高速度光源を用いたアクティブビジョンセンシングによる運動物体の形状解析」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「系統的な接触状態制御による把持姿勢データベース構築と手姿勢生成」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費助成事業「歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発ー日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策」

発表：誌上発表87件、口頭発表98件、その他6件

身体機能中心デザインチーム

(Human Centered Design Team)

研究チーム長：多田 充徳

(臨海副都心センター)

概要：

製品デザインを介した生活の変容を実現するために、製品使用時の体感を予測するための身体機能モデルと、このモデルを用いて製品を設計・製造・販売するためのデザイン支援技術を開発する。特に力を入れて取り組むのが、設計者が直感的に想像できない他者の身体性を理解できるようにする「身体機能理解」の実現と、身体機能を考慮することで個人の製品使用体験をエンハンスする「身体機能中心デザイン」の実現である。このために、身体の形状・運動・接触・変形・体感を定量化するための計測技術、計測した身体機能を統計・力学的に解釈し、再利用に向けて蓄積するためのデータベース化技術、計測した身体機能を運動学・動力学的に解釈し、それを計算機上で再現・予測するためのモデル化技術、そして身体機能モデルを用いて身体機能理解や、身体機能中心デザインを実現するための仮想評価技術を研究する。数年の間は「手」に関する研究に人的リソースを集中的に投入するが、開発するモデルや技術については他の身体部位へも広く展開できるように一般的な体系化を目指す。また、アプリケーションを想定しない基礎的な研究から、アプリケーションに駆動された具体的な研究まで、研究のフェーズやモデルの完成度に応じて適切な研究を柔軟に実施する。

研究テーマ：テーマ題目1

生活・社会機能デザイン研究チーム

(Human and Social Functioning Technology Team)

研究チーム長：西田 佳史

(臨海副都心センター)

概要：

日常生活における製品による事故や、個々の環境や人に対して適切に個別化された製品設計の困難性の問題の最深部には、日常生活という複雑システムを扱う科学技術が未成熟であるという共通問題がある。

生活・社会機能デザイン研究では、人間の生活機能と計算機や人工物による生活支援機能とを有機的に組み合わせ再構成することで、人の日常生活をデザイン可能にする技術体系（生活機能構成学）および社会体系を確立することを目的とする。

生活機能構成学を確立するためには、日常生活を記述し、再利用可能な知識として扱えるようにする科学的方法が必要となる。そこで、本研究では、人間の生活現象を、心身機能、活動機能、そして社会参加機能

の側面から捉え、生活機能構造を解明するなど、日常生活を科学的に取り扱うことを可能にする技術を開発する。また、この研究によって開発した生活機能モデルと、知能メカトロニクス（IRT）コンポーネントを用いて生活機能を再構成可能にする工学の研究、さらに、どのような生活機能設計が望ましいかという規範や考え方の整理を通じて、生活支援システム/サービスの開発や評価の方法論やあり方を明らかにする研究を行う。また、生活機能構成学を確立するためには、科学技術（技術体系）のみならず、多機関連携やオープンイノベーションを促進する社会的な仕組みを構築することで、問題解決する体制の構築も重要となる。このような観点から、技術体系と社会体系は相互に関係して存在するため、本研究では、技術体系と社会体系の両方を同時に開発するアプローチをとる。

具体的研究テーマとして、1) 目的志向の状況記述技術、2) 日常生活を可制御化するためのモデリング技術、3) 日常生活データベース、4) 対話的正規化に基づく同一問題構造化技術、5) 多様なステークホルダー間での知識循環を可能とする技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目2

健康増進技術研究チーム

(Health Technology Team)

研究チーム長：持丸 正明

(臨海副都心センター)

概要：

健康の維持・増進は、長期的な医療費の削減として社会的に大きな効果があるだけでなく、健康維持・増進を支える製品、サービス産業としても大きな市場を有している。しかしながら、それらの製品やサービスを持続的に使わせることは困難であり、多くの製品やサービスが「三日坊主」に終わっている。本研究チームでは、単に健康に資する要素技術を開発するだけでなく、それらを個人の特性・状態に合わせて提供し、使用効果を適切に呈示することで、健康に対する取り組みを「つづけさせる」技術として統合することを目指して掲げる。平成23年度では、「自分でできる感（self efficacy）」が高い「歩行」に着目し、歩行の質を変えることで身体機能を維持・増進させる技術の開発を行った。歩行データベースを構成するとともに、簡易な現場計測データから歩行特徴や転倒リスクを評価する技術を開発した。実用化を目指して企業との共同研究を開始した。

研究テーマ：テーマ題目3

スマートアシスト技術研究チーム

(Smart Assist Technology Team)

研究チーム長：加賀美 聡

(臨海副都心センター)

概要：

システムが人間あるいは人間環境のモデルを持ち、それを利用して適切により良く支援するためのスマートアシスト技術について研究する。この目的のために、1) 人間やシステムに装着した視覚、聴覚、力覚、姿勢覚、筋電などの各種センサとその統合による人間と人間環境の理解技術と、2) 理解した人間や人間環境の情報をを用いて個人や環境に応じた適切な支援を行うアシスト技術の二つの方面から研究を進める。

1) の人間と人間環境の理解技術においては、人間環境の地図化、人間の行動情報の取得とモデル化、場所とその使い方の理解、人間環境にある物体のモデル化と環境中からの発見や追跡、一人称ビジョンによる行動理解、音源地図作成と音源発見や追跡などの研究を行う。

2) のアシスト技術においては、得られた人間と環境のモデル、行動の履歴、物体の使用履歴などから、健康向上、QoL 向上、介護・介助、見回り、運搬、案内、搬送、移動などのタスクを、個人や環境に適した方法によって行うことを計画し、実際にサービスを行うことを目的とする。また物体の受け渡しやすれ違いの方法、個人の意図の理解や対象物の特定、などのインタラクションやインターフェースの研究を行う。これらの目的を達成するために Dhaiba を始めとする人間の形状、運動などのモデルとデータベース、あるいは子供の事故情報、物品のデータベースなど、他のチームの成果を積極的に利用し、デジタルヒューマンモデルにより始めて可能となるサービスやアシスト技術にフォーカスする。

研究テーマ：テーマ題目 4

傷害予防工学研究チーム

(Injury Prevention Engineering Research Team)

研究チーム長：山中 龍宏

(臨海副都心センター)

概要：

傷害予防工学では、日常生活現象の理解、そして、傷害という生理現象の理解まで踏み込んで傷害予防を可能とする技術体系と社会体系の確立を目的とする。傷害予防の技術体系に関しては、製品のリスクを制御するために我々が制御可能な対象を、大きく環境・製品と、人の意識・行動とに分類し、その全体を環境改善と行動変容の両方からなる一つの制御システムと捉えフィードバックループを作って持続的改善していく包括的なアプローチを可能とする科学技術の構築を目指す。生活や傷害のデータベースに基づいて、製品改善によって生活場面での傷害リスクを低減させていく技術を開発するだけでなく、リスクを共有する技術も不可欠である。対策法や改善策が開発されてもこれが採用されなかったり、普及しないのでは意味がないか

らである。そのため、傷害予防工学では、企業の経営者やデザイナーに対策法を採用させ、また、保護者に対策済みの製品の購入を促すためのリスクコミュニケーションを行う技術も扱う。

傷害予防に求められるのは技術体系だけに留まらない。データの収集から制御までを実際に行うには、それを可能とする社会体系（社会システム）が不可欠である。社会全体に散らばった事故データの収集、多様なインタラクションによって生じる現象の解明やモデルの開発は、ある一企業だけで実施するにはコストがかかりすぎて実現不可能であるからである。傷害予防工学の研究活動では、技術開発に留まることなく、傷害予防のための社会体系として、「安全知識循環型社会システム」の社会実装を多機関連携によって進める。

本研究では、安全知識循環型社会システムを構成するのに不可欠な技術である、1) 事故サーベイランス技術（医療機関を核として子どもの事故に関するデータを収集する技術）の高度化、2) 事故制御モデリング・傷害シミュレーション技術（収集されたデータを解析し、子どもの行動や事故の発生プロセスの計算モデルを構築し、行動・事故の計算モデルに基づいて、事故の予防策を開発する技術）の開発、3) リスクコミュニケーション技術（社会にリスクを伝達したり、事故予防策を普及させたりするための技術）の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] 人間機能モデル Dhaiba の拡張と国際人体特性データベース

[研究代表者] 多田 充徳

(身体機能中心デザイン研究チーム)

[研究担当者] 多田 充徳、宮田 なつき、遠藤 維、有木 由香 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

製品設計のための身体機能モデル (Dhaiba) の拡張を行った。特に、レバー操作を要する製品を対象に、握り戦略モデルと姿勢依存の指先発揮力モデルの導出を実験ベースで行った。これらのモデルと、代表寸法データベースから生成した代表手モデルを用いたコンピュータシミュレーションを実施することで、手長に関わらず必要十分な力を発揮できるような最適レバー形状デザインを実現した。

また、これ以外の製品に対しても握り戦略や指先発揮力を推定出来るように、把握姿勢データベースの構築と、手指筋骨格モデルの構築を行った。前者では、40個以上の製品に対してのべ200件以上の把握姿勢と接触位置を計測した。これらの計測データを統計的に分析することで把握姿勢の分類を行うと共に、与えられた製品形状に対してあり得る把握姿勢や接触位置を推定するためのアルゴリズムを実装した。後者では、慶應義塾大学医学部

と共同でのべ10体の屍体手を用いた筋骨格運動の計測を実施し、実際の腱走行を再現した詳細な筋骨格モデルを構築した。屈筋腱に対する腱鞘の拘束を再現することで、姿勢依存のモーメントアーム長を再現できるようになった。

これらのデータベースやモデルを統合的に扱うためのソフトウェアとして、DhaibaWorks を開発した。昨年度以前から開発してきた DhaibaSDK の基本機能を継承しつつ、全身モデルだけでなく手モデルについても、代表形態の生成や関節モデルのモーションデータへのフィッティングが行えるようになった。Python を用いて機能を拡張できるため、上記機能のカスタマイズや、製品に特化した評価モデルの実装などを容易かつ迅速に実現できる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】製品設計、生体力学、デジタルヒューマン

【テーマ題目2】生活データベース技術、生活センシング技術およびに関する研究

【研究代表者】西田 佳史

(生活・社会機能デザイン研究チーム)

【研究担当者】西田 佳史、堀 俊夫、中田 亨、北村 光司、掛札 逸美、

San Min Yoon、井上 美喜子、

金 一雄 (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

高齢者の社会参加を向上させるための生活デザインを可能とする方法論の確立に不可欠な基本技術として、日常生活現象を正準化させ、再利用性の高いデータとして記述する手法を開発した。具体的には、日常生活状態の新しい記述法として、WHO で推奨されている生活機能モデルの考え方にに基づき、主観的体験レベルの現象をも扱えるように、国際生活機能分類 (ICF) を新たに拡張させた拡張 ICF を開発した。また、拡張 ICF を用いて20人の高齢者 (68-89歳)、を対象に、生活記述を行い、有効性の検証を行った。感情=体験=社会参加イベント=活動の間の関係を記述することで、うれしさを生み出す生活構造の可視化が可能となった。これらのグラフデータに対して、ネットワーク分析技術を適用することで、うれしさを生み出す生活構造の分析が可能となった。例えば、「うれしい」ネットワークにおける次数中心性の分析からは、1)高齢者の属性によって「うれしい」と感じるバリエーションに違いがある、2)高齢者世帯と独居世帯の「うれしい」ネットワークを用いて、「家族」の要素がある場合とない場合の生活構造の違いを比較することで、生活を構成する要素の役割の検討が可能である、3)時系列に沿った生活構造の可視化も可能であり、生活に変化をもたらした要因にまで立ち返って評価できる、などの知見を得た。

また、これらの分析結果に基づいて、高齢者の社会参加を支援する情報技術として、人の体験、日常生活の出来事、生活機能を拡張 ICF を基にグラフ構造で記述することで生活をデータベース化する手法を開発した。また、データベースから生活の構造が類似した人を見つけ出したり、うれしさを感じるのに重要な変数を分析可能な手法を提案し、実際の高齢者20名に関するデータに適用し、提案手法を検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活データベース、生活モデル、行動モデル、行動シミュレーション、正準化技術、フルボディインタラクション、ヒューマンエラー、センサーネットワーク、大規模データ

【テーマ題目3】歩行データベース整備と歩行評価システムの研究

【研究代表者】持丸 正明

(健康増進技術研究チーム)

【研究担当者】持丸 正明、森田 孝男、三輪 洋靖、小林 吉之、青木 慶、エドワード 村上

(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

店頭や日常生活環境で顧客の歩行を観測し、その歩き方の特徴を評価する技術、より健康増進に効果のある歩き方の推奨、あるいはその歩き方に変容させる商品の開発と推奨に関する研究を進めた。要素技術として、健常者のさまざまな歩行 (運動、床反力) を蓄積した歩行データベースの整備、歩行の個人差を表現する歩行主成分モデルの確立、さらに現場で実現可能な限られた歩行データに歩行主成分モデルを活用することで全身歩行を再現し、特徴を評価する技術の開発を行った。平成22年度までに開発してきたトレッドミル型歩行評価システムのみならず、圧力センサを敷き詰めたウォークウェイ型、身体装着センサ型など異なる場面で利用できる歩行評価システムの開発に着手した。平成23年度では、(1)歩行データベースの拡充として新たに101名の健常者 (高齢者含む) の計測を実施した。(2)歩行データベースを用いて歩行時の転倒リスクに相当する遊脚期のつま先高さ余裕 (Minimum Toe Clearance) を推定する手法を開発した。(3)歩行特徴分析を3次元に拡張し、骨盤、体幹、上司の運動特徴も評価可能とした。(4)日常的にどのようなつまずきが発生しているかを調査するために、監視カメラからつまずきシーンを自動抽出する画像処理技術を開発した。ラボ内に設置した監視カメラ画像から、最初は手作業でつまずきシーンを検出し、それを教師情報として機械学習によって分離器を構成した。これにより、大規模に設置された監視カメラ画像から効率よくつまずきシーンを抽出できる見通しが立った。なお、(4)の研

究は情報技術研究部門と共同で実施した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 健康工学、生体力学、デジタルヒューマン

〔テーマ題目4〕 スマートアシスト技術の研究

〔研究代表者〕 加賀美 聡

(スマートアシスト技術研究チーム)

〔研究担当者〕 加賀美 聡、西脇 光一、山崎 俊太郎、
トンプソン・サイモン、佐々木 洋子
(情報技術部門と併任)

(常勤職員5名)

〔研究内容〕

主に下記の6項目の研究を行った。

1) ヒューマノイドロボットのアシストに向けた基本機能の研究

これまで研究してきた動力的モデルに基づいた短周期歩行軌道生成手法に、カセンサと姿勢センサからの入力をフィードバックし、外乱に対して頑健な二足歩行システムを研究している。

本年度は ZMP 規範の歩行軌道生成法において1歩内での許容範囲及び将来の着地位置変更を統一的に扱う歩行軌道生成法を開発し、1歩内でのバランス回復が不可能であれば着地位置を変更する手法を開発した。さらに足部を傾斜して着地することで不整地における着地時の床反力中心の挙動を確定的にし、着地時に次の1歩の着地位置・時刻を決定することで頑健性を増す方法を考案した。

またこれまで開発してきた、歩容計画、不整地歩行制御の統合を行い、2)で述べる環境理解機能と合わせて、ヒューマノイドの自律移動システムの構築を行った。これにより15[cm]程度までの段差、10[deg]程度の傾斜、砂利道等の細かい凹凸かつ変形する路面を含む環境での自律移動に成功した。

2) 視覚による人間と人間環境の理解機能の研究

カメラ、パターン投影立体視、レーザー距離センサなどを利用する各手法の研究と、これらを用いた人間の発見・追従・進路予測、環境の地図作成・自己位置認識、物体のモデル作成・発見・位置姿勢検出、生活行動のモデル化などの研究を行っている。

本年度は、レーザー距離センサからの入力から人モデルや車モデルを当てはめることで、複数の人や車が重なって見える状況でも、複数仮説検定により、人や車をロボストに発見し、追跡する手法を開発した。本手法は10hzで約20人の同時追跡が可能である。

また人の立位や座位を距離画像センサである KINECT を用いて判別し、人が座っている場所や立っている場所を地図情報として統合する手法を開発した。本手法により生活環境における人間の行動記録やそれに基づいたサービスを実現が可能になる。

3) 聴覚による人間と人間環境の理解機能の研究

低サイドローブ全方位望遠マイクアレイの研究を進め、音源定位、分離、音声認識・音源識別などの各手法の研究と、これを用いた環境の音地図作成・人間の発見・生活行動のモデル化の研究を行う。

本年度はこれまで研究してきた低サイドローブ型マイクアレイの設計法を応用して、本年度は二元方位角が定位可能な64chの球状のマイクアレイを構築した。本システムは数度の精度で方位角と仰角の二元角を数個の音源を対象に精度約±3度で定位可能なものであり、世界初の成果である。

4) デジタルヒューマンモデルを用いたアシスト技術の研究

スマートアシスト技術により実現されるサービスからアプリケーションドリブンにシステムを構成し、実際にサービスを行うことにより、システムの有用性を実証し、問題点を探る研究を行う。具体的には一人称ビジョンによる生活記録、サービス移動ロボットによる人間環境の変化や人間の生活記録、人間に親和性の高い移動アシスト、音焦点形成による呼びかけなどの技術について研究している。

本年度は当センターの体形データベースからのモデル化を行い、光学的に外部から簡便に計測できる数項目の寸法項目を計測することにより、精度良く体形の寸法項目を推定できる手法を実現した。また Microsoft KINECT を用いた体形推定システムを構築し、実証実験を行うことにより、約5%の精度を実現した。

次に物体の把持において、障害物を避け、フォースクロージャータッチを満たし、腕のリーチ範囲を考慮し、物体の重心近くを掴む自律把持手法を提案した。

また数 km オーダーの屋外の自律移動を実現し、プラントの機器の監視を行うシステムを試作した。

5) 双方向 Mixed-Reality による提示とインタラクション機能の研究

人間にシステムの内部状態を提示したり、逆に人間から意図や指示を受け取るための双方向 Mixed Reality (MR) の研究を行う。またこの双方向 MR システムにより環境中のシステムの内部・外部状態とマーカーをつけた環境中の人間や物体の記録を取ることが可能になる。この情報を利用したシステムの改善、人間とシステムのインタラクションの記録と解析、安全性の検証などの活用などについて研究する。

これまで、開発してきた Mixed-Reality システムを応用し、ロボット搭載カメラの映像に、ジョイスティックでの操縦と計画された足跡を表示するインターフェースを開発した。大局的な移動経路はユーザが決定し、不整地に合わせた着地位置・姿勢計画は自律的に行うという枠組みで、同映像を見ながら人間がロボットを誘導することに成功した。

6) 実時間ディペンダブル OS の研究

ART-Linux の開発を継続し、Linux2.6.24~3.11に対応する実時間機能、AMP 機能、実時間通信機能を持つ OS を開発した。本 OS は他の Linux ベースの実時間 OS よりも実時間処理のジッターが数倍から数十倍少ないという特徴がある。開発した OS を Sourceforge より一般公開し、これまでに約6,000件のダウンロードがあった。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2, HRP3, HRP4や移動ロボット Pen2, Segway RMP などでも利用し、実証実験を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマノイドロボット、二足歩行、3次元視覚、地図作成、位置認識、経路計画、実時間 OS、ディペンダビリティ

【テーマ題目5】傷害データベースと傷害データマイニング技術に関する研究

【研究代表者】山中 龍宏（傷害予防工学研究チーム）

【研究担当者】山中 龍宏、西田 佳史、北村 光司、掛札 逸美、San Min Yoon、高野 太刀雄、井上 美喜子、金 一雄、持丸 正明、河内 まき子（常勤職員2名、他6名）

【研究内容】

統計的虐待診断技術として、成育医療研究センターの協力を得て、2006年から4年間で約10,000件の傷害データを収集してきた傷害データを用いることで、身体上に存在する負傷の条件付き確率密度分布を算出するシステムを開発し、大阪市（大阪市子どもセンター）において導入検証を行った。また、保育園を対象に、埼玉県（1園）、長崎県（平成23年度新規・10以上の保育園で導入済み）、傷害・虐待診断のための記入用紙、または、統計的虐待診断支援ソフトウェアを配布した。この仕組みを使って、平成23年度は、保育園環境から123件の傷害データを蓄積した。大阪市の子ども虐待医療支援検討会と協力し、虐待が強く疑われる傷害データの事例に関して構築システムを用いて判別の検証を行った。提供して頂いた虐待による傷害データのうち、身体上の外傷が存在した24件のデータを用いて評価を行った。開発したソフトウェアに関しては、その利用を促すためのホームページを開設した。希望するユーザに対し、登録ユーザが WEB 上で利用できるソフトウェアを配布し、ユーザビリティ等の有効性の検証を行う。児童相談所や警察に関しては、H22年度より、ホームページ（<http://www.cipec.jp/ipert/ip/>）からの呼びかけを開始した。

虐待の物理的診断支援技術の一環として、日本人の子どもの生体組織の力学特性値を検査する新しい手法として、昨年までに開発してきた技術（試験片の採取⇒レー

ザースキャナによる試験片の3次元形状計測と有限要素モデル作成⇒硬組織検査システムを用いた限界強度検査⇒有限要素解析による材料定数の算出からなる検査法）を用いて、これまでに6歳以下の子どもの8人のデータを蓄積した。

大量の事故状況データを用いて、その背景に潜む構造を抽出する状況構造分析技術の確立を目的に、状況の時間変化をグラフ構造化するエディタ機能、大量の事例グラフの検索・解析機能からなるシステムを開発した。818件の自転車事故データを用いた有効性の検証を行った。

傷害に関する工学的モデルの研究では、骨折については多く行われているものの、製品の角や稜線への衝突によって皮膚が裂けてできる裂傷については未だ解明されていない。そこで、日常生活で多発する裂傷に着目し、その動力学的メカニズムを解明するための計測・分析システムを開発した。豚の皮を用いた衝突試験により裂傷メカニズムの基本的な考察を行った。

衝撃吸収性を有する空気膜構造遊具で、骨折事故が発生している。空気膜構造遊具の特性を計測する各種インパクタを開発し、これを用いた特性計測実験を行った。また、そのデータを用いた有限要素モデルの基本モデルを作成した。これにより、外部より連続的に加わる力によって空気膜構造遊具の特性が複雑に変化し、単発時より大きな衝撃力が発生することなどを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】傷害データベース、傷害シミュレーション、リスクコミュニケーション、オープンイノベーション、安心・安全、製品安全、リスクアセスメント、知識循環、虐待防止、不慮の事故

⑤【ナノスピントロニクス研究センター】
(Spintronics Research Center)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：湯浅 新治

副研究センター長：福島 章雄

所在地：つくば中央第2

人員：8名（8名）

経費：327,572千円（82,131千円）

概要：

電子の電荷のみを用いた従来の半導体エレクトロニクスに対して、電子の持つ“スピン”の自由度も活用した新しいエレクトロニクス技術が「スピントロニクス」です。IT 社会の発展に伴って急増する電子機器の消費電力を抑制するために、電子機器が仕事をしていない“入力待ち”時間の消費電力（待機電力）を大

幅に削減する必要があり、そのためには電源を切っても記憶が保持される不揮発性メモリ」の開発が不可欠となります。

当研究センターでは、この不揮発性を最大限に引き出すため、固体中のスピン制御技術を極める学術的基礎研究からデバイス応用研究まで、スピントロニクス技術の開発を企業や大学と連携し推進します。

当研究センターでは以下の3つのミッションを掲げ電子スピンを活用したスピントロニクス技術とナノテクノロジーを融合した「ナノスピントロニクス技術」により、大容量・高速かつ高信頼性を有する不揮発性メモリの開発を行い、この技術を中核にして、待機電力ゼロの究極グリーン IT である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」の実現を目指します。また、半導体中でのスピン注入、スピン操作、スピン検出の「半導体スピントロニクス技術」を開発し、「スピン・トランジスタ」を開発します。さらに、半導体中のスピンと光の相互作用に基づく「光スピントロニクス技術」を活用し、光通信ネットワークの高度化のための新デバイス「スピン光メモリ」の研究開発を行います。

・ミッション1 グリーン・イノベーションの実現

ナノスピントロニクス技術の中核にして、大容量・高速・高信頼性の不揮発性メモリ「スピン RAM」を開発し、コンピュータの主要メモリを不揮発化することによるグリーン・イノベーションの実現を目指す。

・ミッション2 半導体スケール限界の突破

スピン RAM によるメモリの不揮発化だけでなく、ナノサイズでも安定に動作するメモリセルを開発することにより、半導体メモリのスケール限界を打破することも目標とする。

・ミッション3 革新的電子デバイスの開発

光メモリや不揮発性スイッチング素子、スピン・トランジスタ、高周波デバイスなど、将来的に IT に革新をもたらすポテンシャルを有する新デバイスの創出を目指す。

内部資金：

高周波スピントロニクスに関する研究

超省電力光スピントロニクス素子に関する研究

スピン XMOS に関する研究

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構 (S-イノベ) 「3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発」

独立行政法人科学技術振興機構 (さきがけ) 「ナノ構造スピン系の電界制御」

独立行政法人科学技術振興機構 (CREST) 「金属/機能性酸化物複合デバイスの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 (さきがけ) 「単原子層デザインによる希少金属フリー超高磁気異方性薄膜の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金 特別研究員奨励 「不揮発性トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入」

独立行政法人日本学術振興会 最先端次世代研究開発支援プログラム 「スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓」

発表：誌上发表23件、口頭発表73件、その他4件

金属スピントロニクスチーム

(Metal Spintronics team)

研究チーム長：久保田 均

(つくば中央第2)

概要：

MgO-MTJ 素子の巨大 TMR 効果とスピントルク磁化反転を用いた大容量不揮発メモリ「スピン RAM」の研究開発を行っています。特に、垂直磁化電極を用いた nm サイズ MTJ 素子の開発を行い、書き込み時の低消費電力化と電源を切っても情報が保持される不揮発性の両立を目指しています。また、同じ基盤技術を活用した新デバイスの研究開発、具体的には、ナノサイズのマイクロ波・ミリ波発振器および検波器、物理乱数発生器、不揮発性スイッチング素子の開発も行っています。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 4

半導体スピントロニクスチーム

(Semiconductor Spintronics team)

研究チーム長：齋藤 秀和

(つくば中央第2)

概要：

半導体を用いた伝導及び光スピントロニクス技術の研究開発を行っています。具体的には、1) スピン・トランジスタの実現を目指した半導体へのスピン注入・制御・検出、2) 薄膜光アイソレータやスピン光メモリなどの光デバイスの研究開発を行います。現行の IT 機器は主に揮発性（電源を切れば情報が失われる）の半導体により構成されており、そのため消費電力の約9割は待機中に消費してしまっています。本研究では、スピントロニクス技術最大の特徴である不揮発性（電源を切っても情報を保持する）を用いた超省電力トランジスタ技術を開拓します。これにより、従来技術で

は困難であった消費電力の劇的な削減に繋がります。将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。また、このスピンの持つ不揮発機能を光素子に付加することにより、従来は実現されていない新型光アイソレータやスピンレーザ等の革新的光素子の開発研究を進めています。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3

【テーマ題目1】高周波スピントロニクス

【研究代表者】久保田 均

【研究担当者】福島 章雄、薬師寺 啓、山口 明啓
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

本研究では、MgO トンネルバリアを有する強磁性トンネル接合をベースとする、マイクロ波発振器および検波器の開発に取り組んでいる。原理は、強磁性トンネル接合中を流れるスピントロニクスが作るスピントルクとスピンの配置に依存してトンネル確率が変化する強磁性トンネル効果に基づく。これらのデバイスは、サイズが非常に小さく、自励発振であるため共振器不要で回路中に組み込みやすいなどの特徴を持ち、半導体素子にない特徴を有している。23年度は、スピントルク発振素子の作製と評価をおこなった。その結果、2マイクロワットの出力を得ることに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントルク発振素子

【テーマ題目2】超省電力光スピントロニクス素子に関する研究

【研究代表者】齋藤 秀和

【研究担当者】齋藤 秀和、バディム ザエツ
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

情報通信機器の省電力化は緊急の課題となっており、光通信分野においてもいわゆる「グリーン・イノベーション」の推進が必要である。近年、電子の有する電荷とスピンを同時に固体素子中において利用する、いわゆるスピントロニクス技術が大きく注目されている。これまでは、スピントロニクス技術は専ら伝導デバイスに導入されて、例えば磁気ランダムアクセスメモリ等の超省電力デバイスが実現するに至っている。しかしながら、スピンの持つ機能はメモリに代表される不揮発機能だけに留まらない。その大きな特徴の一つは、光と強く結合する性質を有することである。この光とスピンの相互作用（光スピントロニクス技術）を半導体光デバイスに中で効率良く用いることが可能であるならば、新動作原理を有する革新的光デバイスができるはずである。本プロジェクトでは、光スピントロニクス技術を利用する、下記の新機能デバイスの作製と動作実証を行う。

1) プラズモン光アイソレータ：強磁性金属表面のプラズモンを利用することにより、光集積回路の実現に不可欠な導波路型光アイソレータを実現する。強磁性金属表面における光伝播技術の確立と光アイソレーション機能を達成する。光スピントロニクス技術を用いて実現を目指している低閾値レーザおよび光アイソレータは、光デバイスの省電力化や光集積回路・光計算機の実現に大きく貢献すると期待される。

2) スピンレーザ：スピン偏極電子を利用した低消費電力レーザの実現を目指す。無磁界中での円偏光発光の実現、更に、閾値電流の大幅な削減（理論的には半減が可能）の達成を目標とする。同素子は円偏光発振することから、将来的には量子暗号通信等のより高度な情報通信技術のキーデバイスとして用いられることが期待される。

本年度は、強磁性金属を用いた導波路型プラズモン光アイソレータの試作を行い、光伝搬実験を行った。その結果、数マイクロメートルにも及ぶ磁性体/誘電体界面のプラズモンを利用した光伝搬実証に成功した。今後は、光損失の低下およびアイソレーション機能の実証を試みる。スピンレーザに関しては、本年度にレーザ作製装置（III-V 族半導体成膜用分子線エピタキシー装置）を購入し、立ち上げ作業を行った。今後、実際の素子作製を行う予定ある。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光スピントロニクス、スピンレーザ、光スピントロニクス、磁気光学効果

【テーマ題目3】スピン XMOS に関する研究

【研究代表者】遠藤 和彦

【研究担当者】遠藤 和彦、齋藤 秀和、
ロン ヤンセン、湯浅 新治
(常勤職員9名、他2名)

【研究内容】

コンピュータに代表されるハイテク IT 機器は今日の高度情報化社会の礎であり、今後大幅な出荷台数の増大が予想されている。例えば、2020年に世界で稼働しているパソコン台数は約40億台に達し、その消費電力はCO₂換算で2億トンを超えると予想されている。これは2009年における我が国の総排出量の約15%にも相当することになる。この事実は、もし IT 機器の大幅な省電力化が達成できれば、グリーン・イノベーションを実現するための大きな推進力となることを意味する。

現在の IT 機器が消費する電力の8~9割は待機中に消費してしまっている。これは、現行の IT 機器が主に揮発性（電源を切れば情報が失われる）半導体デバイスにより構成されているためである。従って、その画期的な省電力化のためには、既存デバイスの改良ではなく革新的な動作原理に基づく新メモリデバイスを開発し、「揮発性エレクトロニクス」から「不揮発性エレクトロニクス」へのパラダイムシフトが必要である。

この課題を克服するため、電子の電荷とスピン自由度を半導体中で同時に利用することにより不揮発的に情報を記憶するトランジスタ“スピントランジスタ”が世界的に注目されている。しかし、これまでに明確にスピンに依存したトランジスタ動作を実証した例は無い。この理由は、スピントランジスタを実現する上での基盤技術である、強磁性金属電極からシリコンチャンネルへのスピン注入およびその検出と制御技術が未確立であるためである。

本年度はシリコン上に単結晶 MgO トンネル膜の作製技術を確立し、室温でのスピン注入を実証した。また、スピントネル・ゼーベック効果という新現象の発見にも貢献した。後者は排熱を利用した全く新しい演算デバイスの可能性を示すものであり、Nature 誌に掲載される等、世界的にも大変注目される成果を挙げることができた。次年度は、スピン注入の次のステップとしてスピン検出の実証を目標とする。具体的には100nm 程度の狭ギャップを有する強磁性ソース・ドレイン素子を新規に作製し、強磁性ドレイン電極によるスピン検出を目指す。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、スピン注入、シリコン

【テーマ題目4】金属／機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】湯浅 新治

【研究担当者】久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真
(常勤職員5名)

【研究内容】

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それをを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成23年度は、原子状酸素雰囲気下での分子線エピタキシー成膜技術を確立した。これにより、ナノメートルオーダーで組成・構造を高精度に制御した強磁性酸化物の作製、および強磁性金属層との積層構造化による磁気特性の改善に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】金属酸化物、スイッチング素子

⑥【サービス工学研究センター】

(Center for Service Research)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究センター長：持丸 正明

研究副センター長：内藤 耕

研究副センター長：本村 陽一

主幹研究員：北島 宗雄

所在地：臨海副都心センター、つくば中央第2

人員：15名 (15名)

経費：314,612千円 (74,122千円)

概要：

サービスは GDP においても雇用においても日本経済の7割を占めるようになってきた。特に、今後の少子高齢化などの社会構造変化や、企業の業務効率化のためのアウトソーシングなどによりサービスへの需要は拡大しており、製造業と並んで日本の経済成長の牽引役となることが期待されている。しかし、経済や産業におけるこのような重要性にもかかわらず、近年、サービス産業の生産性の伸び率が低いと言われている。例えば米国では製造業、サービス業の労働生産性上昇率 (1995～2003年) はそれぞれ3.3%、2.3%であったが、日本ではそれぞれ4.1%、0.8%となり、製造業に比べてサービス業の伸びが小さい (OECD compendium of Productivity Indicator 2005)。このような意味でサービスの生産性の向上は急務となっている。こうした状況を背景として、政府レベルの政策においても、サービスの生産性向上は重要課題と位置づけられるようになってきた。

本研究センターは、これを受け、サービス産業の生産性向上＝サービス受容者にとっての価値の向上とサービス提供側の効率化の双方を同時に実現するサービス工学基盤技術を開発することをミッションとし、サービス産業に基盤技術を普及することを目標とする。

サービスにおいては、ものづくり以上に「人」の関わりが重要であり「人」の機能のモデルが重要であると考えている。そこで、本センターではサービスの現場での「人」である顧客と従業員の行動を観測し、それを分析して得られる客観的モデルを構築、シミュレーション技術を用いて効率的に新サービスを再設計し、それを現場に適用するという最適設計ループを繰り返すサービス工学研究を推進する。これを推進する体制として、

- ・顧客、従業員の行動観測と提示技術の研究
 - ・行動観測で蓄積した大規模データモデリングの研究
 - ・サービスプロセスのモデル化に関する研究
 - ・シミュレーションによるサービス支援の研究
- という4つの研究チームを設ける。

サービス企業との連携を通じて実際のサービスフィールドで具体的研究を推進しながら、幅広いサービス産業に展開可能なサービス工学要素技術の開発を進めていく。また、これらの要素技術の企業への導入、研究の方法論の確立とサービス工学の理論の構築、研究者・技術者の裾野の拡大を図る。このために、公開ワークショップ等を開催する。

外部資金：

経済産業省「平成23年度次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業（サービス工学研究開発分野）」

文部科学省「広域的危機管理・減災体制の構築に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「ステレオビジョンとシミュレーション技術の統合による大型複合施設での人流解析と新しいサービスモデルの創出」

独立行政法人科学技術振興機構「直感的インタフェースと市民芸術創造 SNS（ソーシャル・ネットワーキング・システム）の研究・開発」

独立行政法人科学技術振興機構「3次元映像の解析」

独立行政法人科学技術振興機構「対話型モバイル拡張現実体験（AMIE）：メンテナンスサービスへの応用」

独立行政法人科学技術振興機構「複合階層モデルを用いた都市エリアシミュレーションの開発と利用方法の確立」

独立行政法人科学技術振興機構「多視点化による「共有する医療」の実現に向けた研究」

科学研究費補助金「聴覚障害者のためのデジタルコンテンツのデザインと評価」

科学研究費補助金「観光客類型の定量的継続的把握技術の開発」

科学研究費補助金「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」

科学研究費補助金「マルチエージェントの学習過程に注目した系安定化・全体最適化に関する研究」

厚生労働省科学研究費補助金「子どもの心の診療拠点病院における診療とそのシステムの効果的あり方、および

多職種人材育成に関する研究」

企業からの資金提供型共同研究：10件

発表：誌上発表161件、口頭発表143件、その他8件

行動観測・提示技術研究チーム

（Human-Behavior Sensing and Visualization Research Team）

研究チーム長：蔵田 武志

（つくば中央第2）

概要：

経験と勘への強い依存からの脱却、サービス生産性向上、価値共創社会の構築、さらにはサービスイノベーション誘発のために、行動観測・提示技術研究チームでは、ヒト、モノ、コト（プロセス）の微視的・巨視的な把握に資する行動計測、モデル化、提示、また、それらに基づくサービス設計支援、最適化に関する研究開発に取り組む。特に、歩行者慣性航法（PDR）と動作認識を有機的に組み合わせた PDRplus、センサ・データフュージョン（SDF）によるセンシングの依存度を軽減した屋内測位、作業内容推定（SOE）、屋内モデリング、可視化等からなる複合現実情報循環技術、及び従業員、市場、社会のモデル化とその従業員育成や環境サービスへの応用に関する研究開発については重点化して推進する。また、企業との共同研究や技術移転等を通じた技術の社会実装を積極的に推し進めることもこのチームの目標とする。

研究テーマ：テーマ題目1

大規模データモデリング研究チーム

（Data Based Modeling Research Team）

研究チーム長：本村 陽一

（臨海副都心センター）

概要：

現実社会の中で行われるサービスに対する観測・分析・設計・適用を可能にするために、サービスを通じて得られる大規模データをモデル化し、それを活用してサービスの最適化を可能にする技術を開発する。実際のサービス現場の中に研究者が踏み込み研究活動を行う方法論はある種のアクションリサーチとも見なせる。そこでは、実際のサービス活動を改善しながら、サービスの現場で日常的に行われているサービス提供者とサービス受容者の活動を、客観的に観測可能な大規模データに基づいて、観測・分析し、計算モデル化を行う大規模データモデリングの技術を社会実装可能な状態で提供することが重要である。具体的には、人間行動を観測する情報工学的技術、心理学的特性を推定する認知・行動科学的技術、大規模データから潜在的な意味カテゴリを抽出する数理的手法や計算技術、

計算モデルを構築する確率的情報処理技術、計算モデルを用いた予測・制御・シミュレーション技術、これらの技術をサービス現場に実装し、社会化を促進する応用開発技術の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目2

サービスプロセスモデリング研究チーム

(Service Process Modeling Research Team)

研究チーム長：西村 拓一

(臨海副都心センター)

概要：

人（従業員と顧客）が中心となるサービス業では、効率的・高付加価値を実現するために、複数の人々が組織を超えて連携する複雑なシステムとなっている。また、人は意欲、価値観などによって作業品質や人間間コミュニケーションの効率も変化する。このため、生産性向上や新サービス創出に必要な俯瞰的・定量的な現場プロセスの把握が困難となっている。

そこで、本チームでは、人を中心とするプロセスの記述、モデリング、可視化技術およびインタラクション技術を統合的に研究する。これにより、現場プロセスの把握、現場参画型開発の方法論確立、プロセス改良後の効果測定、各業務とコスト・顧客満足度との関係の推定などを旨とする。

研究テーマ：テーマ題目3

サービス設計支援技術研究チーム

(Service Design Assist Research Team)

研究チーム長：野田 五十樹

(つくば中央第2)

概要：

サービスの生産性向上を工学的に進めるために、サービスプロセス自身や、それとサービス資源の関係をできるだけ簡潔な計算論的モデルとして構成する。その上でプロセスの改変や資源の投入について多数の可能性をシミュレーションすることで、有効なサービスプロセス改変法、資源投入法を効率よくスクリーニングするための技術モジュールを開発する。具体的には、飲食店などのサービス業において、顧客や従業員をエージェントとし、あるサービス改善策の効果を会計的・非会計的指標と合わせて予測するマルチエージェント業務シミュレーション技術を開発する。また、自治体や医療機関における防災サービスの改善のため、災害時の救急医療現場や非常時の群集の避難について、そのモニタリングおよびシミュレーションシステムを開発し、各種状況における防災・救援施策の効果を網羅的に見える化する技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目4

[テーマ題目1] 行動観測・提示技術群の構築

[研究代表者] 蔵田 武志

(行動観測・提示技術研究チーム)

[研究担当者] 大隈 隆史、興梠 正克、松本 光崇、大西 正輝、石川 智也、天目 隆平、牧田 孝嗣、上岡 玲子、

Hyun Jungwoo、

Thangamani Kalaivani

(常勤職員5名、他6名)

[研究内容]

本テーマでは、サービスイノベーションに資する行動観測・提示技術群の構築に向けた研究を進めている。特に、複合現実情報循環技術については、サービス現場での環境刺激と顧客・従業員行動の双方を明らかにするための基礎・応用研究として、歩行者慣性航法（PDR）と動作認識を有機的に組み合わせた PDRplus、センサ・データフュージョン（SDF）によるセンサインフラの依存度を軽減した屋内測位、作業内容推定（SOE）、屋内モデリング技術を開発し、並行して可視化を含む従業員支援パッケージを構築している。また、従業員、市場、社会のモデル化技術開発とその応用についても継続的に取り組んでいる。

本年度は、PDR のハンドヘルド化及び組み込み化技術を開発、実装すると共に、SDF 及び屋内モデリング技術の外部への技術移転を推進した。また、ユビキタスステレオビジョン（USV）等のセンサインフラによる詳細な人流計測結果を SDF の枠組みで PDR と連携させる取り組みを新たに立ち上げた。さらに、サービス提供の過程を示す行動指標、POS 等の結果を示す指標をサービス現場環境に重畳可視化する技術を用いた従業員支援パッケージの構築とその水平展開を進め、ベンチャー化の具体的検討もはじまった。環境サービスに関しては、工業製品の資源バランスモデルを構築し、その中で特定製品の普及分析モデルの構築を実施し、モデルへの組み込みを行った。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 行動計測、複合現実、情報循環、サービス工学

[テーマ題目2] 大規模データモデリングの研究

[研究代表者] 本村 陽一

(大規模データモデリング研究チーム)

[研究担当者] 竹中 毅、櫻井 瑛一、小柴 等、崔 瑛、富山 一、高橋 久尚、

宮本 亜希、新佐 絵吏

(常勤職員2名、他6名)

[研究内容]

日常生活における様々なサービス活動において、購買履歴や電子カルテ、業務上の記録などの大規模データが集積されるようになってきている。本テーマでは、これらの

大規模データの中にある意味のある因果的な構造を抽出し、計算モデルを構築する技術や需要・経営効率を予測する技術によって、実際のサービス活動を支援することを可能にする方法論を確立する。具体的には、i) 安価で実用性の高いデバイスやソフトウェア、既存のシステムを適宜組み合わせることで実現する実サービスの中で大規模データを収集する技術の研究、ii) 社会心理学、行動科学、行動分析学的技法を駆使しながら、実サービスの中に現れる人の行動特性を分析する手法の研究、iii) 人間の行動と心理学的特性の間の関係を共通の意味として対応づけるために、観測された大規模データに基づいて意味のあるカテゴリを自動抽出する技術としての数理的手法やテキスト処理手法の研究を行う。とくに本年度は、サービスにおける来店行動を説明できる確率モデルから店舗の需要や必要な労働投入量を構築する技術を開発した。また、サービス現場における大規模データに有用な情報を追加する仕組みとして、店舗内外や病院内で実際のサービスに活用しながら、現場からのフィードバックや従業員や利用者からの情報を自然に集積するための支援端末を現場に導入し、サービス現場を支援しながら現場のデータを収集する技術の開発研究を行った。また、電話相談を受けるスタッフの行動を観測し、テキストで入力された記録を分析するテキストマイニングや業務改善提案の研究も行った。なお、上述のi)～iii)の技術を組み合わせることで、サービス現場に新たな価値をもたらす観測・分析・最適化システムを導入し、実社会で観測・分析・設計・適用のループを継続的に実行することが可能となる。成果の出口や形式については幅広くとらえ、実証的研究を機動的に実行することで、本格研究として早期の社会実装を可能にするメタな方法論の研究も課題として意識しながら研究を進めている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス工学、本格研究、アクションリサーチ

【テーマ題目3】サービスプロセスモデリングの研究

【研究代表者】西村 拓一（サービスプロセスモデリング研究チーム）

【研究担当者】山本 吉伸、三輪 洋靖、吉野 公三、福原 知宏、山田 クリス 孝介、中島 正人、久保田 秀和（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

本テーマでは、看護・介護サービスの現場において、従業員が現場で必要となる知識を流通させることでサービス行為の迅速な記録を可能とする技術を開発した。既存の医療情報システムや関連機器と連携し、カテゴリ&コンテキストマイニングで得られたモデルを活用することで、高度で複雑な作業内容を端末上で迅速に入力し活用できる候補推薦機能および検索技術を実現した。介護

施設における評価実験により、申し送り作業における作業時点記録および閲覧の労力が、現状の手法に比べ63.1%削減されることを確認した。

観光・集客サービスの現場に関しては、温泉地において顧客にIDを配布する基盤技術（顧客ID化基盤技術）を改良した。煩雑であった設定作業を、初期設定パラメータを整理しなおすことで設定コストを大幅に削減し、顧客行動を可視化する技術を開発して相互送客支援を実現した。また、野球場において顧客の心理状態を客観的に計測する技術を改良し、応援時にある程度動いても心拍計測により観客の試合中の興奮、活気、幸福感などの熱狂感を客観的に計測する技術を開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス工学、本格研究、アクションリサーチ、現場参画型開発、現場共有知

【テーマ題目4】サービス設計支援技術群の構築

【研究代表者】野田 五十樹

（サービス設計支援技術研究チーム）

【研究担当者】宮下 和雄、依田 育士、山下 倫央、小川 祐樹、岡田 崇、黒嶋 智美（常勤職員4名、その他3名）

【研究内容】

本テーマでは、サービスプロセスの改善を定量的・工学的に予測するために、マルチエージェントシミュレーションをコアとしたサービスプロセス評価技術およびそのもととなるモニタリング・モデリング技術の研究開発を重点的に行っている。

本年度は、これに対し、飲食店のサービス業務をモデル化し、従業員の投入量や役割分担とサービス品質との関連を示すシミュレーションシステムを開発し、シフト管理や業務分担の効果の評価手法の技術開発に着手した。その結果、来店客数や注文傾向といった状況の違いを実データによって取り入れたデータ同化型シミュレーションが可能となり、一日の接客サービスにおける従業員の忙しさや、顧客における接客サービスへの満足度の一つである待ち時間の時系列的変化の挙動を定量的に示すことができるようになった。

また、災害に対する自治体の防災サービスについて、情報共有や情報提供と帰宅困難者や群集避難誘導などの関係を明らかにするため、各種シミュレーションシステムを構築し、大都市における避難誘導や被災者・帰宅困難者への情報サービスの有効性検証に着手した。特に情報共有については、東日本大震災でも実際に交通情報に関する情報提供を一般に向け行い、救助救援の支援を行った。さらに、歩行者の大規模誘導に対して都市エリアシミュレータを適用し、数千通りのシミュレーションを行うことで、交通規制や一方通行を的確に設定することによる混雑軽減の効果を明らかにした。

救急医療分野においても、救命救急センターにおける

医療スタッフ間で動線と会話の融合的な分析をするシステムを完成させ、初期研修医やポリクリなどへの教育に利用することを開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サービス設計、サービス最適化、シミュレーション、情報循環

⑦【フレキシブルエレクトロニクス研究センター】

(Flexible Electronics Research Center)

(存続期間：2011.4.1～2018.3.31)

研究センター長：鎌田 俊英

副研究センター長：長谷川 達生

所在地：つくば中央第5、つくば中央第4

人員：21名 (21名)

経費：338,987千円 (148,948千円)

概要：

1. ミッション

社会の隅々にまで行きわたる情報通信技術の普及には、人々が直接情報の入手・発信に触れるためのツールとなる情報端末機器の利便性の向上と高度普及化が重要な課題となっている。本研究センターでは、こうした課題を解決し、これにかかる新産業創出、国際競争力強化に貢献していくために、ディスプレイやセンサーなどの情報通信端末機器用のデバイス技術としての使用利便性の向上および省エネルギー化の促進を目指して、軽い、薄い、落としても壊れない、形状自由度が高いという特徴を備えたフレキシブルデバイス技術の開発を推進する。これにより、より利便性の高い革新的情報端末機器を社会に普及させ、新市場創出による経済効果の拡大を図る。また、これら情報端末デバイスの低消費電力化技術の開発とともに、フレキシブルデバイスを省エネルギー・省資源・高生産性で製造する技術となる印刷法を駆使したデバイス製造技術の開発に取り組み、大量普及する情報端末用デバイスの低消費電力化、製造エネルギーの削減を推進して、グリーンイノベーションに貢献する。さらに、これらの技術に係る材料基盤・計測標準化技術の開発に取り組み、産業基盤支援と国際競争力強化に貢献することを目指す。

2. 研究開発の課題

ミッション遂行のために、下記の研究開発課題を設定して、技術開発を推進する。

① フレキシブルデバイス技術の開発研究

超薄型、軽量、形状自由度、大面積、耐衝撃性に優れた情報入出力インターフェースデバイスの創出を目指し、柔軟性を有するフィルム基板上に

回路・デバイスを設置したフレキシブルデバイス技術の開発を行う。特に、ディスプレイなどの表示・出力デバイス、圧力、光、熱応答の入力デバイス、無線アンテナ、配線等、回路デバイスなどをフレキシブルデバイス化する技術を中心に技術開発を推進する。

② プリンタブルデバイス製造技術の開発研究

フレキシブルデバイスの省エネルギー・省資源・高生産性製造プロセス技術として、脱真空プロセス、脱高温プロセス、脱フォトリソグラフィプロセスによりデバイスの製造エネルギーを著しく軽減させ、高速高生産性デバイス製造を可能にする溶液プロセスに立脚した印刷デバイス製造技術の開発を推進する。特に、高精度高精細印刷デバイス製造技術、低温印刷デバイス製造技術、高機能化印刷デバイス製造プロセス、大面積高均質デバイス製造技術などを中心に、技術開発を推進する。

③ フレキシブルデバイス用材料基盤・評価技術の開発研究

フレキシブルデバイス用材料の開発ならびにそれらの基礎物性、寿命、効率、素子性能等にかかる評価、計測に関する技術の開発を推進する。特に、有機半導体材料などのデバイス用有機機能性材料の開発

3. 研究開発の推進体制

研究開発の推進に当たっては、本研究センター内に下記5つの研究チームを設置し、それぞれ設定研究課題に対応した研究開発課題を推進する。

(ア) 印刷エレクトロニクスデバイスチーム

(イ) 表示機能デバイスチーム

(ウ) 先進機能表面プロセスチーム

(エ) 機能発現プロセスチーム

(オ) フレキシブル有機半導体チーム

特に、本研究センターの研究開発技術は、産業界の技術開発と密接に関係していることから、関連する多業種の企業群からなる技術研究組合を構成し、その中で企業と一体的な技術開発をすることで、技術の円滑な産業普及と推進を図っていく。現在、次世代プリンテッドエレクトロニクス技術研究組合(JAPER)および次世代化学材料評価技術研究組合(CEREB)の二つの技術研究組合を構成し、それぞれ印刷技術に基づくフレキシブルデバイスの製造技術、デバイス用化学材料の評価技術の開発推進を行っている。さらに、産業界との情報交換の場としての産総研コンソーシアム「次世代プリンテッドエレクトロニクスコンソーシアム」を設置し、当該関連分野の最新の産業動向を反映させた技術開発の推進を図っている。

外部資金：
経済産業省

[平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業]
「スーパーインクジェットを用いたソーワイヤーへの砥粒配置技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
(NEDO)

[NEDO 委託]
「次世代大型有機 EL ディスプレイ 基盤技術の開発 (グリーン IT プロジェクト)」
「太陽エネルギー技術研究開発/太陽光発電システム次世代高性能技術の開発/極限シリコン結晶太陽電池の研究開発 (銅ペーストの研究開発)」

[NEDO 助成金]
「フレキシブル実装のための金属インク直描パターン非熱的焼結技術の開発」
「ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発」

独立行政法人日本学術振興会 (JSPS)

「電界誘起電子スピン共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定」

独立行政法人科学技術振興機構 (JST)

「プリンテッドエレクトロニクスのための強誘電体/誘電体技術の開発」
「新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発」
「有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発及び結晶構造の解明」

発 表：誌上発表56件、口頭発表162件、その他22件

フレキシブル有機半導体チーム (Flexible Organic Semiconductor Team)

研究チーム長：堀内 佐智雄

(つくば中央第4)

概 要：

- ・目的：フレキシブルエレクトロニクスによるグリーンイノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術を開発する。特に、プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：物性物理学・物性化学・電子工学を基盤とする先端的知見を活用しながら

ら、新規材料・新機能開拓と、印刷プロセスの革新、微視的評価技術の開発に取り組み、主に学術雑誌を通じた成果発信により情報通信・エレクトロニクス・材料分野に貢献する。

- ・国際的な研究レベル：有機導電体・有機半導体の高品質薄膜化に適したダブルショット・インクジェット印刷技術を世界に先駆けて開発し有機半導体で最高レベルの高移動度を実現、有機強誘電体では常温・常圧で巨大分極を有する材料群を世界に先駆けて開発、電界誘起電子スピン共鳴法や変調分光法を用いた有機トランジスタのキャリア輸送の研究で世界のトップを走るなど。

研究テーマ： テーマ題目 1

先進機能表面プロセスチーム (Advanced Surface Processing Team)

研究チーム長：牛島 洋史

(つくば中央第5)

概 要：

薄膜トランジスタやセンサなどを印刷によって作製するために必要になるプロセス、材料、評価の各要素技術開発をおこなっている。特にマイクロコンタクトプリント法による超高精細印刷技術については製版から印刷装置の試作、更に精細なパターンニング技術を開発するためにプローブ顕微鏡の技術を応用した極微細パターンニング技術と表面の評価技術に関する基盤的な研究、トランジスタやセンサの機能を向上させるための表面処理技術などについて研究を進め、プリンテッドエレクトロニクスの実現を目指している。

研究テーマ： テーマ題目 2

機能発現プロセスチーム (Functionalizing Process Team)

研究チーム長：村田 和広

(つくば中央第5)

概 要：

機能発現プロセスチームでは、従来の1/1000以下の微小液滴吐出が可能な、スーパーインクジェットに代表される非接触・無版印刷技術の高度化と、大気圧で酸素分圧濃度を10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作る事ができる酸素ポンプ技術のフレキシブルエレクトロニクスへの応用を研究している。

これまで、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いた、サブミクロンの直接配線形成や、酸素ポンプ技術を用いた銅などの配線の還元などを行ってきた。

今年度は、スーパーインクジェットのスルーブット向上のため、マルチヘッド化と無電解めっきによる微細配線および接合法の研究と、材料の製造からパターンニング処理までを一貫して行うプロセスの開発用のプラットフォーム整備を行った。無電解めっき工法では、

十分な密着性を持つインクと基板の組み合わせを見いだした。また、マルチノズルプレート形成法などに進展があった。

酸素ポンプ関連では、室温での酸素濃度定量のためガルバニ電池式酸素計を導入し、極低酸素ガスの分析を進めた。さらに酸素分圧到達値向上のため、その制限要因となるジルコニアの *overpotential* について、酸素分圧依存性を調べた。

研究テーマ：テーマ題目 3

印刷エレクトロニクスデバイスチーム (Printed Electronics Device Team)

研究チーム長：高田 徳幸

(つくば中央第5)

概要：

- 目的：情報入出力機器の軽量化・フレキシブル化及びグリーン・イノベーションに貢献するフレキシブル印刷デバイスの創製技術の開発に向け、印刷プロセス要素技術の開発、フレキシブル情報入力デバイスの開発、デバイス・プロセス・材料に基づく評価基盤技術の開発を推進する。これらを通して、高信頼ヒューマンインターフェース情報端末機器の普及を目指す。
- 手段：大型プロジェクト、技術研究組合との連携、企業・大学との共同研究等における研究開発を積極的に推進するとともに、社会のニーズや新規研究テーマの発掘に努める。またフレキシブルエレクトロニクス開発に必要な要素技術の高度化・集積化を図るため、分野横断的な連携を推奨する。
- 方法論：国際的に注目を集める当研究チームの開発技術である加圧焼成技術の高度化に取り組むと共に、シリコン太陽電池用の低温焼成可能な印刷導体形成技術の開発や低線膨張耐熱基材の適正評価を行う。また強誘電性生体高分子を用いた全印刷メモリ・センサの開発や有機エレクトロニクスに適用可能な性能評価・劣化解析技術の開発を推進する。

研究テーマ：テーマ題目 4

表示機能デバイスチーム (Functional Display Device Team)

研究チーム長：星野 聡

(つくば中央第4、第5)

概要：

- 研究目的：ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を行い、高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とする。

- 研究手段：ディスプレイの低消費電力化と高生産性を両立させる製造技術の基盤開発、およびプロセスダメージ評価技術の研究開発、機器・端末のユーザビリティを向上させる要素技術となるフレキシブル、プリンタブル電子デバイス技術基盤として、印刷プロセスでも高特性を示す有機半導体材料・半導体微粒子の材料・インキ化技術の開発、多様な形状の物体等への適応性、耐衝撃性を向上させるフレキシブル部素材・プロセス技術の開発を行う。

方法論：

- 1) 極低ダメージスパッタプロセスの開発を通して、次世代低消費電力有機ELディスプレイの複合透明カソードの形成技術を確認、2) 印刷製造高移動度薄膜トランジスタアレイ実現するため、酸化物半導体の微粒子精密製造技術、半導体インキ化のための分散技術、3) 情報端末のユーザビリティ向上のため、高エネルギー変換効率を示すフィルム状のフレキシブル熱電変換素子の実現に向けた部素材、デバイス設計技術の研究開発を進める。

研究テーマ：テーマ題目 5

[テーマ題目 1] フレキシブル有機半導体に関する研究

[研究代表者] 堀内 佐智雄 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 堀内 佐智雄、長谷川 達生、
山田 寿一、熊井 玲児、所 和彦、
堤 潤也、松井 弘之 他
(常勤職員7名、他4名)

[研究内容]

フレキシブルエレクトロニクスによるグリーンイノベーションを目指し、有機半導体・導電体・強誘電体などの電子機能性材料を印刷プロセスに適用するための材料基盤技術開発を行う。プロセス適合性をもつ高性能な電子機能性材料の開発、材料の特質に立脚した革新的印刷プロセスの開発、高性能化に必要な不可欠となる高度な微視的材料評価技術の開発を推進する。平成23年度には、次の成果を得た。プロセス適合性を目指す材料開発では、高分極化に電子的機構が決定づける新たな有機強誘電体材料を見いだしたことで、 π 電子系の有効性を実証した。有機半導体の光電変換機能開発として、電荷移動励起子系から分子内励起子系に至る様々な有機材料の拡散長を測定し、太陽電池の効率を左右する電荷キャリアの生成・拡散のメカニズムを明らかにした。ダブルショット・インクジェット印刷技術に関しては、液滴形状を制御することで、有機半導体単結晶薄膜について、 $10\text{--}30\text{cm}^2/\text{Vs}$ もの極めて高い移動度を再現性よく発揮でき、かつ大面積化パターンニングもできる印刷法の開発に成功した。結晶化過程の高速度カメラ観察や、膜表面構造の走査プローブ顕微鏡像の解析により、これらの単結晶薄膜成長機構を解明した。高度微視的材料評価技術とし

て、電子スピン共鳴法において、一軸性の多結晶薄膜に対して印加する磁場の方向を様々に変化させた測定を行うことにより、結晶粒内と結晶粒界の電子の運動頻度をそれぞれ個別に評価する手法を開発した。有機トランジスタにおけるキャリアの電子状態を分析する上で、電荷変調分光法が、ゲート絶縁膜の誘電率の違いによって界面電子状態の変化を捉える有効な手段であることを明らかにした。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス分野、ナノテクノロジー・材料・製造分野

【キーワード】 有機半導体、有機デバイス、インクジェット印刷、材料評価技術

【テーマ題目2】 先進機能表面プロセスに関する研究

【研究代表者】 牛島 洋史

(先進機能表面プロセスチーム)

【研究担当者】 牛島 洋史、安部 浩司、山本 典孝
石田 尚之、福田 伸子、尾上 美紀
野村 健一、堀井 美徳、日下 靖之
粕谷 陽子、藤田 真理子、岩瀬 典子
忽那 志満子、小倉 晋太郎
真中 潤 (常勤職員5名、他10名)

【研究内容】

プリントドエレクトロニクスおよびフレキシブルエレクトロニクス実現のため、印刷技術による高精細なパターンニングや、更に微細なパターンニングを可能にする技術、パターンニングをおこなう際に刷版や被印刷物表面に施す修飾や改質処理技術、表面の形状や物理化学的性質を評価する技術の確立を目指している。高精細パターンニング技術としてのマイクロコンタクトプリント技術と、極微細パターンニング技術としてのペンタイプリソグラフィを中心にデバイス作製プロセスの開発をおこない、コロイド化学や表面化学的手法と走査型プローブ顕微鏡の技術を統合した表面分析技術による評価法の開発も進めている。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス分野

【キーワード】 マイクロコンタクトプリント、ペンタイプリソグラフィ、走査型プローブ顕微鏡、印刷技術、コロイド化学、表面化学、プリントドエレクトロニクス

【テーマ題目3】 機能発現プロセスに関する研究

【研究代表者】 村田 和広 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 村田 和広、白川 直樹、宮川 俊彦
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

機能発現プロセスチームでは、従来の1/1000以下の微量液滴吐出が可能な、スーパーインクジェットに代表される非接触・無版印刷技術の高度化と、大気圧で酸素

分圧濃度を10のマイナス30乗以下の極低酸素雰囲気を作る事ができる酸素ポンプ技術のフレキシブルエレクトロニクスへの応用を研究している。

これまで、スーパーインクジェットと金属ナノ粒子を用いた、サブミクロンの直接配線形成や、酸素ポンプ技術を用いた銅などの配線の還元などを行ってきた。

今年度は、スーパーインクジェットのスルーット向上のため、マルチヘッド化と無電解めっきによる微細配線および接合法の研究と、材料の製造からパターンニング処理までを一貫して行うプロセスの開発用のプラットフォーム整備を行った。無電解めっき工法では、十分な密着性を持つインクと基板の組み合わせを見いだした。また、マルチノズルプレートの形成法などに進展があった。

酸素ポンプ関連では、室温での酸素濃度定量のためガルバニ電池式酸素計を導入し、極低酸素ガスの分析を進めた。さらに酸素分圧到達値向上のため、その制限要因となるジルコニアの overpotential について、酸素分圧依存性を調べた。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス分野

【キーワード】 スーパーインクジェット技術、極低酸素技術、非接触印刷技術、無版印刷技術

【テーマ題目4】 有機エレクトロニクスデバイスに関する研究

【研究代表者】 高田 徳幸 (印刷エレクトロニクスデバイスチーム)

【研究担当者】 吉田 学、徳久 英雄、植村 聖、
高田 徳幸 (常勤職員4名、他21名)

【研究内容】

1) 印刷プロセス要素技術に関する研究開発

印刷プロセスにより形成した配線 (回路)・バリア膜 (保護膜)・半導体膜を実装したフレキシブルデバイスの高度普及を目指し、低温・高速・高生産性印刷製造技術の開発を行う。

平成23年度は、

- ・高効率結晶シリコン太陽電池電極のためのスクリーン印刷用銅ペーストの開発を行った。本ペーストは低融点合金を含有し、優れた印刷性と低温 (200℃以下) 焼成を可能にした。優れた電気特性 (線抵抗率: $2 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}$) を有し、現行の樹脂銀ペーストに代替し得る銅ペーストおよび印刷技術の開発に成功した。
- ・加圧焼成用金属ペーストを開発し、高性能な RFID (Radio Frequency Identification) アンテナ作製に成功した。抵抗率は、従来品アルミニウムペーストの約7分の1 ($7.5 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$)、銅ペーストで約5分の1 ($7.6 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}$) と大幅に改善された。また、標準剥離テスト (テープピーリングテスト) では全く剥離が見られない高い密着性が得られた。これらの金属ペーストを用いて作製した RFID ア

ンテナは市販品と同等の性能を示すことを実証した。

2) フレキシブル情報入力デバイス創製技術の開発

高感度・高精度・高信頼な大面積・全印刷型情報入力デバイスの創製技術の開発を行う。電子デバイスを構成する半導体材料や電極などの塗布形成技術と組み合わせることにより、高性能なメモリ素子を低コストで大量生産する全印刷製造プロセスの実現を目指す。

平成23年度は、

- ・ポリアミノ酸をメモリンクとして用いたメモリ素子を印刷プロセスプロセスで作製し、メモリ機能を有する共振タグを全溶液プロセスで作製することに成功した。コンデンサ部分にポリアミノ酸強誘電材料を用いたタグ或いはそれをゲート絶縁膜にしたトランジスタ型メモリを直列で配列させたタグを作製し、外部電場印加によって任意に共振周波数を変えることができるメモリ性 RF 共振タグを全溶液プロセスで作製した。

3) デバイス・プロセス・材料用評価基盤技術の開発

フレキシブルデバイス性能評価、製造プロセスや材料用の標準評価技術の開発を行う。本研究では配線・デバイス性能を高精度に評価解析する計測技術を開発する。

平成23年度は、

- ・デバイス性能評価技術として、AC 法であるインピーダンス分光装置と DC 法である IVL 計測装置を適合させた計測システムを開発することに成功した。
- ・サーモフレクタンス技術を用いることで、有機エレクトロニクスデバイス内の熱伝導性が非破壊で計測可能であることを明らかにした。
- ・酸化反応に起因したラジカル・ラジカルイオン形成を定量評価するため、450K におけるスピン数 (ESR) や酸化発光強度の経時変化を計測し、相関があることを見出した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス分野、
環境・エネルギー、ナノテクノロジー・
材料・製造

[キーワード] プリンテッドエレクトロニクス、印刷金属配線、銅ペースト、太陽電池、印刷メモリ、RFID タグ、有機エレクトロニクス、評価解析技術

[テーマ題目5] 表示機能デバイスに関する研究

[研究代表者] 星野 聡 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

[研究担当者] 星野 聡、小笹 健仁、末森 浩司、
白杵 順二、茨木 伸樹、奈幡 明子、
富山 加代、山本 龍登
(常勤職員4名、他4名)

[研究内容]

高度情報ネットワーク社会の実現と進展、我が国の情

報通信・エレクトロニクス関連産業の持続的な発展に貢献することを目的とし、ディスプレイをはじめとする情報端末のユーザビリティの向上や低消費電力化、また非連続的なイノベーション創出に資する部素材、デバイス、及びそのプロセス技術やアセンブリー技術の基盤的な研究開発を推進した。平成23年度は有機 EL フルカラーディスプレイの低消費電力化と広い色度域を実現する「トップエミッション方式」に不可欠な透明複合カソードの開発に関して、透明酸化導電体と有機層との電子注入障壁を緩和させ、より低電界強度での電子注入を可能にする金属極薄膜層のスパッタ形成時に有機層に与えるダメージ要因の解析と低ダメージスパッタ条件の探索を行い、加熱抵抗性蒸着とはほぼ同等の(駆動電圧の上昇が10%以下に収まる)低ダメージスパッタ薄膜形成技術を開発した。また、ディスプレイ・関連デバイスの製造に対して、高移動度、高導電性、高可視光透過性、高発色性などディスプレイの高機能化、高付加価値化を塗布・印刷技術をベースとして実現するために、薄膜強制式マイクロリアクター技術を利用し、粒径サイズ・分散制御性に優れた機能性微粒子の製造基盤技術、塗布、印刷プロセス適用に繋がる部材化技術の開発を推進し、アクティブマトリックスディスプレイのバックプレーン薄膜トランジスタ (TFT) の半導体材料や透明導電膜としての応用が期待される酸化亜鉛系半導体の狭分散性半導体微粒子の形成条件の探索、塗布型半導体材料化(溶媒分散技術)、TFT 動作実証と半導体特性評価を進めた。さらに、ディスプレイをはじめとする情報通信端末や入出力機器のユーザビリティにイノベーションをもたらす要素技術開発として、エネルギーハーベスティング素子として情報通信分野や環境エネルギー分野でそのユーザビリティの更なる向上が要求されている熱電変換素子に関して、形状・形態面、導入普及の面でイノベーションをもたらすため、素子作製に印刷プロセスが適用可能で大面積化や大量生産が容易に行える、またフレキシブルなフィルム状の素子が作製でき、設置場所の形状に対する追従性や省スペース性を大きく改善できる、さらに原材料や部材にレアアースを必要としないことで、希少資源による普及の制約を受けないなど、これまでの熱電変換素子にはない特徴を有する部材、プロセス技術の開発を推進し、カーボンナノチューブを高分子中に特異分散させフレキシブル熱電変換材料、インキ材料の開発、フレキシブル熱電変換フィルム素子の試作と熱電変換実証に成功した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス分野

[キーワード] 有機 EL ディスプレイ、プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、低消費電力化

⑧【知能システム研究部門】

(Intelligent Systems Research Institute)

存続期間：2001.4.1～

研究ユニット長：比留川 博久

副研究部門長：横井 一仁、大場 光太郎

所在地：つくば中央第2、東

人 員：57名 (57名)

経 費：650,742千円 (259,147千円)

概 要：

1. ユニットの理念・目的

人間の行動を支援あるいは代行する、知能情報処理・ロボティクスに関わる技術を知能システム技術と位置づけ、その基礎原理、要素技術、システム化技術の研究開発を行い、成果を社会に普及させる努力を通じ、持続的発展可能な社会実現・産業競争力強化に貢献すること。

2. ユニットの研究の方向性

「出口を見据えた基礎研究の推進」を基本運営方針とし、アウトカムの社会的有用性の精査を前提として、中長期的基礎研究を推進する。

ロボットの安全性評価技術、高信頼ロボットソフトウェア開発技術をユニットの2つの基幹技術として主として大型外部資金で実施、生活支援、サービス産業、製造業の応用指向技術をグループの基盤技術として産総研交付金重点課題予算・純粋民間資金等により研究を実施する。市街地移動システム技術の開発をユニット3つ目の基幹技術とすべく、大型外部資金獲得を目指して研究提案を行う。この他、先端的技術開発として、製造業の省力化・高効率化のための産業用ロボット知能化技術、QOL 向上のための生活支援ロボット基盤技術、サービス産業のためのロボット自律移動技術、新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技術の研究開発に取り組む。

内部資金：

融合・連携推進予算（戦略予算）「つながり（絆）の活性化支援技術の研究」

標準基盤研究「ロボット用位置・測位情報標準の研究」

外部資金：

総務省

戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）

「4次元メディアシステムの研究開発」

文部科学省

科学研究費補助金 新学術領域研究

「超高速3次元形状計測センサの開発および応用の研

究」

「人とかかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動」

消防庁

受託研究

「消防防災無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発」

中小企業庁

戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン）

「形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発」

「3次元画像認識による自動錠剤識別機と錠剤識別技術の開発」

「超並列集積回路上の画像処理組み込みミドルウェア開発による高度計測システムの実証」

「Ultra-Android：マルチコア対応組み込みソフトウェア・プラットフォームの研究開発」

「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発」

「環境対応型先進無人飛行機（UAV）用ジェットエンジン部品の開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィジビリティスタディステージ探索タイプ 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィジビリティスタディステージ探索タイプ(第二回)

「レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発」

独立行政法人 科学技術振興機構

戦略的国際科学技術協力推進事業

「社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究—日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究」

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

エネルギーITS 推進事業

「エネルギーITS 推進事業／協調走行（自動運転）に向けた研究開発」

次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発」

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／作業知能（社会・生活分野）の開発/作業知能（社会・生活分野）の研究開発」

「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボッ

ト知能ソフトウェアプラットフォームの開発／ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発」

にパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究」

生活支援ロボット実用化プロジェクト
「生活支援ロボット実用化プロジェクト／生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発」

発表：誌上発表159件、口頭発表262件、その他53件

統合知能研究グループ

(RT-Synthesis Research Group)

研究グループ長：神徳 徹雄

(つくば中央第2)

概要：

ロボットシステムに必要な知識を統合し、高信頼システムを構成するために、RT ミドルウェアを技術コアとした基盤アーキテクチャを設計し、開発支援ツールを提供するとともに、その手法の体系化を目指している。集合知や空間知能などのロボット技術 (RT) を蓄積してニーズに応じた柔軟なシステム構築を目指すとともに、基盤技術をベースに住宅から街全体まで考慮したスマートコミュニティ型 RT システムという生活・産業支援を実現するプロトタイプシステムの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 3、テーマ題目 7

タスクビジョン研究グループ

(Vision and Manipulation Research Group)

研究グループ長：河井 良浩

(つくば中央第2)

概要：

3次元視覚情報処理、力覚・触覚情報処理、把持・作業計画など、知能システムに要求される作業知能に関する要素技術の高度化を中心に、ロボット作業の体系化を図り、様々なニーズに応えるロボット技術の確立を目指した研究開発を行っている。

具体的には、人間の活動を支援または代行するシステムとして、環境や対象物の認識技術 (VVV) や、センシング・制御戦略を実装した作業・動作プリミティブに基づく知的マニピュレーション技術等の研究開発とともに、新たな取り組みとして視覚技術と作業技術の密な融合による高精度な作業知能技術の確立を目指している。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 6

ヒューマノイド研究グループ

(Humanoid Research Group)

研究グループ長：横井 一仁

(つくば中央第2)

概要：

少子高齢化社会においても豊かな暮らしを実現するには、労働力不足の解消が必要である。我々人間のた

独立行政法人 日本学術振興会
科学研究費補助金 基盤研究 (A)
「確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究」
「非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画」
「多重時空間スケールで適応する多自由度ロボットのノンストップ運動計画」
「対象物の柔軟性を考慮した組立作業計画」
「キャストニング作業システムを用いた器用な遠隔物体操作に関する研究」

独立行政法人 日本学術振興会
科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究」
「把握技能における指の協調関係と機能の解明」
「ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究」
「無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究」
「グラフオートマトンにおける自己組織原理の研究」

独立行政法人 日本学術振興会
科学研究費補助金 若手研究 (B)
「全方位医療用内視鏡を用いた全天球視野映像の研究開発」
「半構造化環境を利用したロボットの自律的環境モデル構築とタスクプランニング」

独立行政法人 日本学術振興会
科学研究費補助金 特別研究員奨励費
「インパクトを含む3次元非周期・多点接触動作の実時間生成」

独立行政法人 日本学術振興会
科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「腕から計測可能な多種生体信号を用いた手の動作意図の推定手法の開発」

独立行政法人 科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業 (CREST)
「パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならび

めにデザインされている社会環境において、様々な仕事を人とともに行うには、その形体も人間に近いヒューマノイドロボットが最も適している。

ヒューマノイド研究グループでは、ヒューマノイドロボットを用いた新たなサービスの創出を目指し、企業と共同でヒューマノイドロボットを開発するとともに、その移動機能、作業機能、動作教示・指示手法を確立すべく研究開発を行っている。さらに、ヒューマノイド研究開発用プラットフォームの提供や、エンターテインメント分野においてヒューマノイドサービスを試行することで、誰でも気軽に使える働くヒューマノイドの実現に挑戦している。

研究テーマ：テーマ題目 6

インタラクションモデリング研究グループ (Interaction Modeling Research Group)

研究グループ長：浅野 太

(つくば中央第2)

概要：

インタラクションモデリング研究グループは、人とロボットのインタラクションに関する研究を行っている。特に高齢者を対象とした、人とロボットとの音声対話によるインタラクションを統計的にモデル化し、このモデルに基づいて、サービスを提供するシステムの開発を行っている。これまでに、インタラクションを行うツールとして、RT ミドルウェア上で動作する対話エンジン SEAT/SAT を開発した。現在は、対話戦略の最適化と検証、ロボットプラットフォームへの実装と実証実験などを進めている。

研究テーマ：テーマ題目 5、テーマ題目 6

サービスロボティクス研究グループ (Service Robotics Research Group)

研究グループ長：松本 吉央

(つくば中央第2)

概要：

サービスロボティクス研究グループでは、家庭、オフィス、サービス産業等、人と共存する実環境において人の活動を支援するロボットの研究開発を行い、少子高齢化社会の課題解決に資する次世代ロボットの実現を目指している。役に立つ支援技術を開発し、高信頼なシステム構築を行うだけでなく、企業との連携や実証実験を通して、実用化による社会への成果還元を目指している。

1. 生活支援サービスロボット

- ・生活支援の設計技術 (ICF によるニーズ把握、評価)
- ・生活支援アーム技術 (安全な機構と操作インタフェース)
- ・コミュニケーション支援技術 (アンドロイド、安

心・満足度の向上)

2. サービス産業のための作業支援ロボット

- ・移動作業技術 (屋内ナビゲーション技術、ハンドリング技術)
- ・センシング技術 (人との安全な共存のための認識技術)

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 5、テーマ題目 7

ディペンダブルシステム研究グループ

(Dependable Systems Research Group)

研究グループ長：大場 光太郎

(つくば中央第2)

概要：

ディペンダブルシステム研究グループでは、次世代ロボット普及のため、システムを高信頼かつ安全 (ディペンダブル) に構成するための技術についての体系化を図っている。応用システムとしては、福祉システム、車椅子、対人アーム、ディペンダブル・モビリティなどを想定し、高信頼、機能安全、リスクアセスメント、ヒューマンファクターズ、Physical Human-Robot Interaction (pHRI)、人間中心設計、安全認証試験・国際規格などの技術課題についての研究、開発、普及などを行っている。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3

フィールドロボティクス研究グループ (Field Robotics Research Group)

研究グループ長：松本 治

(つくば中央第2)

概要：

人の移動を支援したり、人の代わりに自律的に移動し作業したりする、いわゆる移動支援・移動作業型システムは、少子高齢化社会において、移動手段の確保や重労働・危険作業者の減少対策として、特に屋外環境への適用が期待されている。フィールドロボティクス研究グループでは、安心・安全な屋外実環境移動支援・移動作業型システムの実現を目指して、搭乗型・不整地走行型移動支援システム (自律走行車いす等のパーソナルモビリティ、自律走行ホイールローダー、移動検査ロボット、ITS、飛行ロボット、自己組織化ロボット、フレキシブル・パーソナル・ロボットなど) を対象に、環境認識技術、ナビゲーション技術、ヒューマンインターフェース技術、移動体通信技術など、屋外環境で使えるシステム技術や要素技術に関する研究を推進している。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 3

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体

(CNRS-AIST JRL (Joint Robotics Laboratory))

UMI3218/CRT)

連携研究体長：吉田 英一

(つくば中央第2)

概要：

AIST-CNRS ロボット工学連携研究体 CNRS-AIST JRL (Joint Robotics Laboratory)、UMI3218/CRT は、フランス国立科学研究センター (CNRS) と産業技術総合研究所により設立された国際共同研究組織で、知能システム研究部門内に設置されている。ロボットの自律性の高めるための研究を、ヒューマノイドロボットを主要なプラットフォームに使用して両国からの研究者の密な協力によって進めている。主な研究テーマは、作業や動作の計画と制御、応答性の高い行動制御、視覚や触覚などの感覚を統合したインタフェースによる人間・ロボット協調システムなどである。フランス CNRS 傘下の他の研究機関、またヨーロッパを中心とした他の研究機関とも EU プロジェクトなどへの参加により国際共同研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

【テーマ題目1】自律・協調移動システム技術に関する研究

【研究代表者】松本 治 (フィールドロボティクス研究グループ)

【研究担当者】松本 治、加藤 晋、橋本 尚久、堀内 英一、富田 康治、横塚 将志、鈴木 雄介、高橋 佑介、佐藤 宏明、神徳 徹雄、谷川 民生、小島 一浩、山口 渉 (常勤職員8名、他5名)

【研究内容】

低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つとして、中心市街地での輸送 (人および物) を自動車に過度に依存しないコンパクトシティ構想が地方自治体を中心に提案されており、その構想の実現を加速するための技術として、ロボット技術を応用した新しい輸送システム技術への期待が高い。本研究では、輸送システムの中でも高齢者等の新しい移動手段としての利用が期待されている次世代パーソナルモビリティ等の搭乗型移動支援システム等を対象に、センサネットワークを活用した市街地環境全体の知能化による支援も含めた形で研究開発を行い、ロボット技術を応用した新しい移動支援システムに関する基盤技術を構築することを目的としている。今年度は、自律走行技術、障害物検知・回避技術、操作支援・協調走行技術、センサネットワーク技術に関して、2011年6月より開始された「つくばモビリティロボット実験特区」などを活用し、市街地における実証実験を実施しつつ、研究開発を行った。

自律走行技術に関しては、今年度は新しい3次元レーザレンジセンサユニット (2次元レーザレンジセンサをモータ駆動により上下左右に振るユニット) を開発し、

それを自律走行車いす Marcus2011に搭載し活用することで、研究開発を実施した。具体的には、本センサユニットにより格子占有地図 (グリッドマップ) を3次元に拡張した多層格子占有地図を構築し、自己位置推定の異常検出と GPS によるエラーリカバリ手法や、広域3次元地図のループクローズ手法などを提案した。前者はパーティクルフィルターの目標尤度可変による自己位置の見失い検知を行い、見失った場合には GPS 情報による復帰を行う手法である。後者は、広域3次元地図のループクローズを多数のサブマップに分割しサブマップ間の関係から整形する手法を開発し、さらに DB 検索で使用する手法 (UB-tree によるグリッド検索システムと高速グリッドアクセス手法) を地図検索に応用することにより、メモリ占有量を格段に低減し、ノート PC 上で広域3次元地図作成や広域3次元地図ベースの自己位置推定を実現した。

障害物検知・回避技術に関しては、事前に構築した障害物地図と実時間で検出した前方障害物の関係から、障害物を安全に回避する手法を考案した。本手法は最短経路探索アルゴリズムである A*アルゴリズムを用いた障害物回避軌道リアルタイム生成手法をベースに、環境地図やシミュレーションを活用することで、環境に応じてロボットの走行速度を可変にし、安全に回避する手法である。

以上の手法に関しては、「つくばモビリティロボット実験特区」における公道 (歩道) 上での実証実験により、その有効性検証を行った。さらには、昨年度に引き続いて、ロボットの屋外長距離自律走行能力を競う大会であるつくばチャレンジ2011試走会において技術実証実験を行い、その結果2011/11/16のファイナル走行において2年連続で完走を果たした。

操作支援・協調走行技術に関しては、複数台の車いすを対象に、柔軟な追従配置を可能とするフォーメーション制御 (複数列追従や順番入替) や、マニュアル走行から追従走行へのスムーズな遷移、人等の割込み障害物に対する一時停止と追従再開、先導する人に対する追従機能 (歩行リズムの除去) などの各種制御技術を開発した。これらの研究成果については、東京モーターショー2011において実施した「パーソナルビークル試乗会」にて、技術実証デモを実施した。

センサネットワーク技術に関しては、地図データ仕様および無線通信手段の検討を行った。さらに、無線通信を活用することによるレーザレンジデータや座標データの送信、レーザレンジデータとサーバ上に構築した地図を照合することによる場所検索、ロボットへの周辺地図の提供などの研究開発を実施した。

以上の研究成果により、今年度の目標である、モビリティロボットの2km 以上の市街地自律移動、複数の移動支援システムの協調走行 (時速4km/h 以上)、広域センサネットワークを利用した2km の走行ルート周辺の

地図情報の自動取得・配信を実現した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 自律走行、車いす、障害物検知、障害物回避、追従走行、協調走行、操作支援、センサネットワーク

【テーマ題目2】 ロボット安全要素技術の検証手法開発

【研究代表者】 大場 光太郎（ディペンダブルシステム研究グループ）

【研究担当者】 大場 光太郎、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、水口 大知、藤原 清司、本間 敬子、松本 吉央、角 保志、佐川 立昌（常勤職員9名）

【研究内容】

企業が生活支援ロボットを事業化するため、安全性評価および認証機関の早期実現が急務である。その中で、ロボット安全要素技術としてセンサや制御、インターフェースなどの RT 要素としての安全技術の安全性の検証手法を確立することで、企業が認証可能な生活支援ロボットを開発するために、認証をとったロボット安全要素技術を流用することが可能となり、企業のロボット認証の負担を軽減することが期待される。

そのため、ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する（中期目標 II-3-(2)-①）。

第一に、ビジョン安全センサの国際標準化 IEC61496-4 VBPD 規格化提案とともに、規格に準拠したビジョン安全センサを試作し、ビジョンセンサの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発した。具体的には、非接触安全センサの国際規格である IEC61496 のシリーズとして、新たな企画提案を検討すると同時に、ビジョン安全センサの試験方法を開発した。

第二に、機能安全ライフサイクルに従った高信頼なハードウェアチップ（FPGA）の開発手法を確立する。形式手法を含む、検証可能な要求仕様からの高位合成 FPGA 開発フローを確立し、それに基づく高信頼分散制御用の FPGA 通信モジュールを試作。また自己診断機能を搭載した FPGA 設計技術の調査研究、設計手法・開発フローを提案した。具体的には、高信頼分散制御フレームワークを導入し、行為合成による FPGA 統合システムを開発、検証を行った。

第三に、インターフェース技術の安全性を検証するための調査研究を行う予定であったが、震災などの影響により本課題は行われなかった。

本研究は NEDO 生活支援ロボット実用化プロジェクトなどにおいて、機能安全の国内外の動向調査などの技術情報蓄積、類似の研究を行っている内外のプロジェクトとの連携、特に生活支援ロボットにおける機能安全についてのノウハウは、国内外の他の研究機関と比べても、

最先端を進んでいると言える。

上記の研究が進むことで、ロボット安全要素技術の検証手法を社会に還元することで、ロボット要素技術の低コストの認証プロセスを早期に実現可能とし、日本の高信頼なシステム開発技術の国際競争力強化に繋がり、生活支援ロボットのみならず、ロボット安全要素技術を含むシステム一般の高信頼化が図られる。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ロボット、安全要素

【テーマ題目3】 認証可能な高信頼ロボットソフトウェア開発技術

【研究代表者】 大場 光太郎（ディペンダブルシステム研究グループ）

【研究担当者】 大場 光太郎、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、水口 大知、藤原 清司、本間 敬子、神徳 徹雄、安藤 慶昭、Biggs Geoffrey、松本 治、橋本 尚久（常勤職員11名）

【研究内容】

企業が生活支援ロボットを事業化するため、安全性評価および認証機関の早期実現が急務であり、同時に、企業が認証可能な生活支援ロボットの開発を容易にするため、ソフトウェアの機能安全（IEC61508）認証可能かつ高信頼なロボットソフトウェアシステム構築手法を確立することが必須である。

このために、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術の開発（中期計画 II-3-(2)-②）を行う。

第一に、研究段階から製品開発段階（認証可能）まで使えるツールチェーン開発を、安価なツールチェーンソフト ZIPC を用いながら構築した。ここでは特に、高信頼な知能システム用モデル言語として、従来の SysML から安全要求事項も記述できる SafeML を提案し、産総研オープンラボなどで公開した。

第二に、開発したツールチェーンを用いて、生活支援ロボットシステムとソフトウェアを開発することにより、そのプロセスの実証を行った。ロボットシステムとしては、高信頼自律車両として、電動車いすを改良し、安全関連系には SIL2-3相当の冗長系を組むなど、安全設計を盛り込んだシステムを構築しながら、ツールチェーンの検証を行った。

第三としては、機能安全認証可能で高信頼な RT ミドルウェア開発については、別途 NEDO 知能化プロジェクトの予算から、ソフトウェア企業が高信頼 RT ミドルウェア開発を行った。

本研究は NEDO 生活支援ロボット実用化プロジェクトなどにおいて、機能安全の国内外の動向調査などの技術情報蓄積、類似の研究を行っている内外のプロジェクトとの連携、特に生活支援ロボットにおける機能安全に

ついでにのノウハウは、国内外の他の研究機関と比べても、最先端を進んでいると言える。

上記の研究が進むことで、高信頼なソフトウェア開発プロセスを社会に還元することで、安価に認証可能なプロセスを早期に実現可能とし、日本の高信頼なシステム開発技術の国際競争力強化に繋がる。また、生活支援ロボットのみならず、ソフトウェアを含むシステム一般の高信頼化が計られる。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ロボット、高信頼、ソフトウェア

〔テーマ題目4〕 ロボットの作業知能基盤技術に関する研究

〔研究代表者〕 河井 良浩

(タスクビジョン研究グループ)

〔研究担当者〕 音田 弘、原田 研介、山野辺 夏樹、永田 和之、吉田 英一、河井 良浩
(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

製造業の国内空洞化を防ぐためには、製造工程において IT を活用して製造プロセスの省力化を進め、生産性向上を図る必要がある。現在、産業用ロボット市場成長は頭打ち状態だが、ロボット化が困難な製造プロセスを着実に自動化していくことで、市場を拡大できる余地は大きい。本研究では、作業毎に行う必要がある実機によるティーチングの効率化を目標に、特に教示の手間が大きい変形部品の組み立て作業を対象とし、実演データにおける力・動作パターンの解析、シミュレーションに基づく作業計画技術に関する技術を確立することを目指す。今年度は、変形を考慮した作業スキルの解析技術、及び、変形を考慮した作業計画・動作計画技術の研究開発を行った。

変形を考慮した作業スキルの解析技術においては、薄い部品、スナップジョイントを含む部品のように変形部分を含む組立対象について解析を行い、作業解析による組立タイプの分類、実演から実作業時の力覚データのパターンの取得を行った。具体的には、拘束やコンプライアンスの配置関係に着目した作業モデル作りを行うために、力覚センサ先にジグにより組立対象を取り付けたデバイスによる計測と、ロボットの腕に組立対象を把持させた計測とを行った。バイラテラル制御を用いた遠隔操作技術を利用して、力覚を操作者にフィードバックした操縦用の腕（研究用上部ヒューマノイドロボット HIRO 川田工業製）を動かして、ロボットで作業の実行を行うことで、実作業時の位置および力覚データを取得し、成功・失敗のパターンを解析した。組立対象をグリップで把持したデータと、より鮮明にパターンを表すために手先に組立対象を固定した計測をそれぞれ行った。

変形を考慮した作業計画・動作計画技術においては、シミュレーションによる変形部品の組立データ取得と接

触状態遷移グラフの構成手法を開発した。特にモデルとしては、カメラの筐体の組み立てにおいて、筐体がスナップジョイントを含む場合を想定した。スナップジョイントを集中バネでモデル化し、異なる組み立て手法 (Linear Type, Pivot Type) について OpenHRP3によりシミュレーションを行った。この際、ロボットの手首に力覚センサを想定することで、力覚センサの時系列データを取得した。接触状態遷移グラフの構築に関しては、曲面・細かい段差を持つ複雑な形状を持つ部品のポリゴンモデルをクラスタリング・領域分割し、クラスタ同士の面接触の遷移として接触状態の遷移を記述することで接触状態遷移グラフを構築した。また、スナップジョイントを考慮し、接触状態遷移グラフから組み立てが可能となる経路を導出できることを確認した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ティーチング、シミュレーション、変形物体、作業スキル、作業・動作計画

〔テーマ題目5〕 QOL 向上のための生活支援ロボット技術のモデル化に関する研究

〔研究代表者〕 松本 吉央

(サービスロボティクス研究グループ)

〔研究担当者〕 松本 吉央、角 保志、大山 英明、脇田 優仁、尹 祐根、金 奉根、阪口 健、佐川 立昌、田中 秀幸、吉川 雅博、鈴木 夢見子、河井 良浩、永田 和之、中村 晃、山野辺 夏樹、原田 研介、浅野 太、麻生 英樹、松坂 要佐、原 功
(常勤職員18名、他2名)

〔研究内容〕

高齢化人口の増大や、少子化に伴う労働人口の減少に伴い、高齢者の支援・介護分野における人手不足が顕著になっており、RT 技術による QOL 向上のための自立活動の支援や、介護・介助サービスの省力化への期待が高まっている。本研究課題では、高齢化社会における QOL 向上を目指し、生活支援ロボットを実現するための基盤技術を開発することを目的とする。ロボットが実環境で行動するための要素技術として、移動、作業、コミュニケーションに関するモデル化技術の開発を行うとともに、生活支援ロボットの設計および評価方法といった開発プロセスについても確立することを目指している。

ICF に基づく生活データのモデル化技術および支援の評価・設計技術に関しては、ICF を電子化した上で、オントロジー工学を適用した ICF の整理・拡張等の分析を行い、現状の体系の問題点の抽出を行った。また、生活データ (ライフログ) の構築を行うためのツール (ビデオタグ付ツール等) の構築・改良を行った。さらに、既存の各種の支援技術 (福祉用具、支援機器、支

援ロボット等)を ICF に基づきデータベース化し、利用者が活用できるようにするため、情報収集用ウェブサイトのシステム設計と試作を行った。また、生活支援用アームロボット RAPUDA に関しては、筋ジストロフィー患者等の被験者を対象とした病院での評価実験に加え、より日常生活に近い動作を対象とした評価実験や、複数のアームロボットによる支援機能を比較・評価するための評価プロトコル(ベンチマークタスク)の試作と評価実験を行った。

把持技術に関しては、多種多様な物品を複雑な環境下で扱うことができる生活支援ロボットの実現を目指し、多様な物体を把持する技術として、代表的な30種類の日用品について物体を構成するパーツと扱い方の観点による分類・モデル化を行った。本研究では、まず日用品を扱い方の観点から機能単位に分割し、その隣接関係から機能単位のパーツをリンク接続してグラフ構造で表現した。次に、各パーツに対して、把持パーツ、把持禁止パーツ、把持アプローチ方向の制約を割り当て、それぞれのパーツを形状単位でまとめてプリミティブ形状で表現して把持面を求めた。本モデルは、日用品の直観的な扱い方の知識を、二次曲面の集合で表された個々の物体モデルに埋め込むためのテンプレートとなるものである。また、複雑な環境下で物体を把持する技術として、対象物を二本指で掴む把持形態と、円筒状物体や球状物体を把持する場合のように三本指で対象物の円周上を取り囲む把持形態について、把持面への指の可到達性の観点から、物体配置モデルと各配置パターンに適用可能な把持戦略を導出した。

コミュニケーション技術に関しては、人間とロボットのインタラクションのログデータに基づいてインタラクションモデルを改善してゆくための支援ツール群を構築した。具体的には、オンラインでインタラクションモデルを改善するためのツールとして、汎用認知アーキテクチャ Soar を用いてインタラクション制御を行うために必要な Soar スクリプトの記述支援環境を構築した。Soar を OpenRTM のコンポーネント化した SoarRTM と組み合わせて体操推薦タスクに適用し、Soar の強化学習機能によるオンラインのモデル改善が可能であることを検証した。さらに、オフラインでインタラクションモデルを改善するためのツールとして、収集したデータを読み込み、インタラクション過程をマルコフ決定過程によって確率統計的にモデル化し、インタラクション中の状態やアクションの価値を可視化・最適化することで、インタラクション方策の評価と改善を行うためのツールを統計解析言語 R 上で開発した。これにより、データ収集、モデル化、モデルの検証・評価、を逐次的に繰り返すことで、インタラクションモデルを改善していくことが可能になった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生活支援、モデル化、生活機能、把持、

対話

【テーマ題目6】新サービス創出のためのヒューマノイド基盤技術に関する研究

【研究代表者】横井 一仁

(ヒューマノイド研究グループ)

【研究担当者】横井 一仁、梶田 秀司、金子 健二、喜多 伸之、金広 文男、森澤 光晴、中岡 慎一郎、三浦 郁奈子、吉田 英一、河井 良浩、原田 研介、丸山 健一、松坂 要佐

(常勤職員13名)

【研究内容】

ヒューマノイドの産業化のための方策の一つとして、新たなロボットサービスを創出するヒューマノイド基盤技術を開発することが本研究の目的である。平成23年度は、ヒューマノイド基盤技術として(1)不整地歩行技術、(2)簡易作業技術、(3)人動作模擬技術、(4)振舞生成技術を取り上げ、研究開発を行った。

不整地歩行技術としては、二足歩容生成、安定化制御および逆運動学解を足裏に取り付けられた力センサの計測値から求めた支持脚情報を用いて一体的に実行することにより、段差1cm、斜度2.2度の凹凸のある路面を平均時速1.53kmでの歩行を実現した。具体的には、重心および遊脚軌道における計画した単脚期の伸縮による計測した支持脚期への同期、支持脚期に応じた重心位置推定および安定化制御系のゲイン設定を行った。更に逆運動学解法において、脚関節の可動範囲や速度制約の考慮、および遊脚を高速に動かすための遊脚期における目標軌道との誤差を許容するための重み設定による線形二次計画問題を解くことにより関節負荷分散を図り、高速化と安定化の相反する目的を実現した。

簡易作業技術としては、視野角214度の魚眼レンズを搭載したカメラをヒューマノイドロボット HRP-2の胸部に搭載し、歩行経路周辺のボクセル地図を10cmの分解能で生成する技術を実現した。これはロボットを中心とした半径1mの円筒面上で視差が零となるようなレクタリフィケーションを行ない、円筒面上の各点における障害物の有無を判別し、3次元占有度グリッドマップにその情報を蓄積することで実現されている。また、円筒面上の点群の計測と並行して環境内に配置したランドマークの見え方をロボットの運動情報を用いて推定・計測し、自己位置を推定することで、複数の点群計測結果の正確な重ね合わせを実現している。さらに、生成されたボクセル地図を用いて歩行経路のオンライン計画を行い、障害物環境における3次元障害物回避歩行を実現した。歩行経路はユーザが操作する入力装置から与えられた目標到達位置へできるだけ近づくことを目的関数とし、ボクセル地図から得た障害物に接触しないこと、歩幅や旋回角度が限界値を超えないことを制約条件とした

線形二次計画問題を解くことによってオンラインで生成される。ロボットの形状は左右に並んだ2つの円筒として近似されており、狭隘な空間を横向きで通り抜ける歩行経路が自動的に計画される。

人動作模擬技術としては、人の歩行をモーションキャプチャで計測し、このデータから上半身の周期的な運動を模倣し下半身における爪先単脚支持を有する歩行と、両脚爪先立ちになり任意の方向にターンする動作を連続的に生成する技術を開発し、HRP-4Cにて直線歩行・90度ターン・直線歩行の連続動作を実現した。

振舞先生技術としては、振舞生成インタフェース Choreonoid を平成23年11月に一般公開した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマノイド、振舞制作基盤ソフトウェア、不整地歩行、安定化制御、広視野能動視覚、環境計測

【テーマ題目7】認知症高齢者のためのコミュニケーション支援ロボット技術

【研究代表者】松本 吉央

(サービスロボティクス研究グループ)

【研究担当者】松本 吉央、脇田 優仁、尹 祐根、吉川 雅博、神徳 徹雄、谷川 民生、柴田 崇徳、梶谷 勇

(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

認知症の症状は中核症状（記憶や認知機能の低下など）と、それらに対する不安感等に起因する周辺症状（徘徊や暴力などの問題行動）がある。かつては周辺症状自体を直接的に押さえつけるような対応が行われてきた時代もあったが、近年では、中核症状をケアすることによって周辺症状の改善を目指す方向でケアが進められており、本課題では、高齢者のコミュニケーション促進による心理的ケアによって周辺症状の改善に資するロボット技術に関する研究を行う。

コミュニケーションロボットを用いた認知症高齢者の支援に関しては、メンタルコミットメントロボットのパロを宮城県作業療法士会等に貸し出し、東日本大震災の被災者である避難所、仮設住宅等の高齢者を訪問し、心のケアに利用した。また、人に酷似した見かけを持つアンドロイドロボットを高齢者施設（介護老人保健施設）に持ち込み、認知症を含む高齢者を対象にデモンストレーションを行った。アンドロイドは、施設で行われている「写真セラピー」の被写体（モデル）という役割を持ち、多くの高齢者とコミュニケーションをとった。その結果、ロボットが高齢者に話しかけ、アンドロイドの手を触ってもらうことで心理的な距離が縮むこと、普段は施設スタッフともコミュニケーションを取ることが困難な高齢者がロボットに興味を持ち長時間会話しようとしていたこと、などの興味深い様子が見られ、「会話」が

できることによるパロとは異なるコミュニケーション支援の可能性が示唆された。また、コミュニケーションの促進には創作活動への参加が効果的であるため、産総研で開発した作業支援ツール（プロセス提示支援ツール）を用い、折り紙やフラワーアレンジメントなどを高齢者などでも容易に実施可能なコンテンツの制作を行った。

高齢者支援施設等へロボットなど高度な技術を導入するためには、施設スタッフによる受け入れが重要となる。そこで、施設スタッフが現状でどのような課題を認識して対処しているかの調査を実施した。13施設の協力により368枚のアンケート用紙をスタッフに配布し、回収率が約48%であった。この結果、トイレ、食事、入浴など日常生活に不可欠な作業や、転倒やけがの予防など安全に対する関心が高く、また張り紙や声掛けなど、高度な機器を用いず、スタッフが個人で対処可能なレベルの解決を試みていることが明らかになった。これらの結果を踏まえ、ロボットのような高度な技術導入に向けた個別スタッフの教育方法の検討や、施設全体としての利点や欠点などについて調査を継続している。

さらに、ロボットなどの技術導入に対する効果を評価するためには、介護現場における生活状態の記録が重要である。そこで、ワイヤレス筋電計測装置を用いて、日常生活での腕の使用状況の計測システムのプロトタイプを開発した。

また、アメリカでは介護施設において統一的なアセスメントとしてインターライと呼ばれる方式が導入されており、異なる施設間の比較や経時変化の調査を実施可能な体制が整えられている。本年度は、先行事例に学ぶべく、インターライ日本法人と連携した勉強会を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】認知症、支援、ロボット、コミュニケーション、評価

⑨【情報技術研究部門】

(Information Technology Research Institute)

(存続期間：2005. 7. 15～)

研究部門長：関口 智嗣

副研究部門長：伊藤 智

主幹研究員：田中 良夫、木下佳樹

所在地：つくば中央第2、関西センター尼崎支所

人員：65名 (65名)

経費：989,833千円 (267,852千円)

概要：

情報技術研究部門では、社会インフラとして IT を提供する技術と、利用者指向で IT を活用する技術の研究開発を行っている。

社会インフラとして IT を提供する技術としては、

ネットワーク、サーバ/クラスタといったハードウェアだけでなく、プログラミング環境、データベースやストレージを含むミドルウェア、さらには、高度なアプリケーションを実行する並列・分散環境から、実問題を対象とするアプリケーションや情報サービスの提供まで、幅広い領域での研究開発を進めている。研究における大きな方向性としては、ディペンダビリティ、スケーラビリティ、および省エネルギーを重要な課題として設定している。特に、マルチコアからメニーコアへのコア数の増大や、広域に多数のコンピュータが分散する状況に対応して、機器の台数に比例した処理性能を得るスケーラビリティや、頑健性やセキュリティを保持するディペンダビリティの視点での研究開発を行っている。加えて、低炭素化社会に向け、IT 機器の電力消費低減も大きな課題であり、インターネットにおけるネットワークルータの低消費電力化やデータセンタにおけるサーバ・ストレージの省エネ運用手法なども、重要な研究課題として取り組んでいる。また、社会インフラとしてワンストップで情報サービスを提供するため、サービスプラットフォームに関する研究開発を行っている。広域に分散した研究機関やグループを有機的に結び付ける研究基盤（e-Science）の支援として、異機種データベースの効果的な統合やメタデータの分散処理・管理技術を研究開発している。さらに、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱えることを目指した地球観測情報のインフラ Global Earth Observation Grid (GEO Grid) に関する研究開発を進めている。グリッド技術を用いて地球観測衛星データなどの大規模アーカイブおよびその高度処理を行い、分散環境下の各種観測データや地理情報システムデータと統融合した処理・解析が可能なプラットフォームを構築中である。一方、センサーネットワークも大規模に拡大しつつあり、社会インフラとして重要な要素となってきた。そこで、電力線通信（PLC）など有線通信技術を中心とした大規模なセンサーネットワークの社会インフラを実現するうえで必要な通信基盤技術やセンサー要素技術、センシングデータ処理技術などの研究開発を進めている。

利用者指向で IT を活用する技術では、実世界における環境情報、人間の動作や発する情報、および消費・創作・社会貢献等の諸活動によって生成される多種多様な情報を基に、異常検出、情報要約、ユーザ状況理解などに有効な意味的情報を抽出する技術、それらを活用する技術を通して安全・安心な生活の実現と知的活動の飛躍的向上を目指して研究開発を行っている。特に実世界で扱われる音声、音楽、映像、テキストなどのメディア情報において、これらを認識理解する技術の一層の高度化を進めるとともに、他のシステム資源や人的資源とのネットワーク化およびインタラクションの形成を促進することによって認識精度の向

上およびデータの高付加価値化を図る研究を行っている。これによって、様々なメディア情報において最適な検索閲覧機能を実現する技術、コンテンツ自動生成のための技術、位置や状況に応じた情報提示に関する技術などの開発を進め、新しい情報サービスの創出に取り組んでいる。また、持続的社会的なためのエネルギー運用管理技術としてのスマートグリッドを IT で支える技術の研究開発を行っている。これまで培ってきた有線通信技術を中心とした大規模なセンサーネットワーク技術を適用することで、太陽光発電モニタリングなど有用な出口応用を実現することを目標とし、通信基盤技術やその応用技術の研究開発を進めている。さらに、アプリケーションの開発の利便性およびアプリケーションの動作の信頼性を向上させるために、情報数理学を中心とした理論研究、およびオープン・システムで幅広く利用される実証的ミドルウェアの開発と公開を行っている。

外部資金：

経済産業省 「平成23年度石油資源遠隔探知技術の研究開発事業」

経済産業省 「平成22年度次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発（ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発）事業」

文部科学省 平成23年度科学技術試験研究委託事業 「研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（データベース連携技術に関する研究）」

文部科学省 科学技術総合推進費補助金 「国際共同研究の推進 アジア GEO Grid イニシアチブ」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究／社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンター基盤技術の研究開発／データセンターのモデル設計と総合評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エネルギー利用最適化データセンター基盤技術の研究開発／サーバーの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラ

ウド・コンピューティング技術の開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「音楽を中心とした類似度可視化情報環境の実現と全体統括」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発」

独立行政法人科学技術振興機構 戦略的国際科学技術協力推進事業 「大規模災害における IT インフラ復旧技術に関する調査・研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (A) 「大規模 HPC クラスタにおける高性能共有ストレージの性能保証に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「3次元時空間データからの統計的特徴抽出に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「聴衆の視線移動の制御によりコンテンツ理解度を高める電子黒板システム」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「ノンパラメトリックベイズ理論に基づく音楽音響信号の構造学習と音源分離」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「Web 音声インデキシングのための言語的特性の変動に頑強な音声認識に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B) 「大規模仮想計算機群の遠隔移動に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 「柔軟物連続操作のための視覚認識とアクションの双方向連動に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究開発」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援 「大規模科学技術データのための分析データベースシステム」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 「微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 がん超早期診断・治療機器の総合研究開発 超低侵襲治療機器システムの研究開発 「内視鏡下手術支援システムの研究開発」

財団法人資源環境観測解析センター 「平成23年度希少金属資源開発推進基盤整備事業 (グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業) に係る再委託」

財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構 「測位用疑似時計技術開発」

一般社団法人 JASPAR 「要求記述手法の要件化およびツール化に必要な案件の策定」

総務省 「バイオメトリクス認証システムのウルフ攻撃に対する安全性評価技術に関する研究」

発表：誌上発表168件、口頭発表211件、その他25件

メディアインタラクション研究グループ

(Media Interaction Group)

研究グループ長：後藤 真孝

(つくば中央第2)

概要：

実世界のメディア情報 (音楽、音声、ユーザ活動等) を対象に、人々の利便性を向上させるためのメディアインタラクション技術の研究開発に取り組んでいる。主に、実世界メディア理解技術 (自動理解・マイニング・推定)、インタラクション技術 (インタフェース・検索・ブラウジング) の研究開発を行っている。実世界メディアは Web を中心に多様化し増加し続けているが、それを人々が活用する技術は未成熟である。そのため、計算機が人間に代わって理解し、人間の意図や嗜好に合わせた形態に変換することで人々の利便性向上を図る技術が求められている。特に、音楽情報処理及び音楽インタラクションに関する研究、音声言語処理及び音声情報検索に関する研究、Web インタラクション及びユーザ支援に関する研究等に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 4

ミドルウェア基礎研究グループ

(Middleware Fundamental Research Group)

研究グループ長：戸村 哲

(つくば中央第2)

概 要：

本グループの目的は、ソフトウェアライフサイクルプロセスに基づいて開発を行うことによってソフトウェアの品質を高めることである。そのために、小規模なソフトウェア開発組織が行うソフトウェアライフサイクルプロセスを、オープン・スタンダードに基づいて支援するソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの開発し、その普及をめざす。

小規模なソフトウェア開発組織を対象としているのは、ソフトウェア開発の95%以上は、開発者数25名以下の小規模組織によって行われているためであり、オープン・スタンダードに基づいて、共通の概念・用語・手法等を確立することは、複数のソフトウェア開発を連携可能とする。

このソフトウェア・エンジニアリング・ツールチェーンの妥当性は、大学院におけるプロジェクト・ベースド・ラーニングによるソフトウェア開発演習（学生数名が開発チームを編成し、実際に外部の発注者からソフトウェア開発を受託し、ソフトウェア・エンジニアリングに基づいて開発し、納品する演習）での開発チームに使用してもらうことによって評価する。

研究テーマ：テーマ題目7

情報戦略グループ

(IT Strategic Planning Group)

研究グループ長：関口 智嗣

(つくば中央第2、尼崎支所)

概 要：

情報技術の研究開発を戦略的に進めるために、情報システムの研究開発に関する国内外の動向調査、研究開発プロジェクトの行程管理のモデル化を行い、要求に応じた確に情報提供する枠組みを構築する。

さらにこれらをもとに、内外の機関と共同で実施する研究開発プロジェクトのプランニング、調整、研究成果および保有技術の普及を支援する。

研究テーマ：テーマ題目2

知的メディア研究グループ

(Intelligent Media Research Group)

研究グループ長：永見 武司

(つくば中央第2)

概 要：

現代の生活環境やインターネットにおける情報洪水の中で、コンピュータが持つ大量処理能力を活用し、人間の知的活動を支援する技術の実現とメディア情報処理による共通的な技術基盤の確立を目指す。そのた

めには常態監視・状態理解・異常検知・予兆検出、大量データの分析・分節・分類・検索、変化の定量化等の研究開発が必要となる。その技術的特徴は、大量の多様化したメディア情報（画像・映像・音声・音響、マルチセンサー信号、テキスト・記号情報）を高精度かつ効率よく処理する手法と、実世界での実問題に対応するために画像処理技術や音声・音響処理技術及び記号処理技術を高度に融合させる手法にある。具体的な応用事例として、住環境や作業空間での異常検出システム、安全・安心な次世代モビリティシステム、マルチメディア検索システムなどの開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目3

センサーコミュニケーション研究グループ

(Sensor Communication Group)

研究グループ長：高橋 栄一

(つくば中央第2)

概 要：

有線（例：PLC；高速電力線通信）によるユビキタスなセンサーネットワークによる生活の質的向上と省エネルギーを出口イメージとして、これを構築するのに必要な基盤的技術を研究開発する。具体的には、データ圧縮技術、セキュリティハードウェア技術を主体に研究開発するとともに、PLC技術についてスマートグリッド研究グループと連携して研究開発に取り組む。上記のユビキタスなセンサーネットワークは、画像センシング、環境計測、エネルギー計測等、今後エコや安全・安心を実現する上での強力な新規のインフラになることが期待される。データ圧縮技術、セキュリティハードウェア技術、PLC技術とも、各応用テーマにおいて要求される高い性能を実現するため、詳細に検討した要求仕様や技術課題に基づいて技術の特化・最適化を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1

スマートグリッド研究グループ

(Smart Grid Research Group)

研究グループ長：村川 正宏

(つくば中央第2)

概 要：

スマートグリッドをいかに持続的に発展させるかは今後の重要な課題である。そこで、太陽光発電パネル毎の発電状況や分電盤レベルの電力消費状況をモニタリングし、機器のメンテナンス等にも活かすための研究開発を行っている。前者においては、太陽光発電パネルからの直流電力線をそのまま通信線として使える技術を開発することで、新たな配線工事を必要としない低コストなモニタリングシステムの実現を目指している。後者においては、電力消費状況をモニタリング

するため、低コストながら十分な精度が得られる電力計測器、およびこの電力計測器の計測値をクラウド上のサーバに収集・蓄積し、さまざまなアプリケーションによって使用電力量を把握できる電力可視化システムの開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 1

ディペンダブル IT 研究グループ

(Dependable IT Resesarch Group)

研究グループ長：高橋孝一

(つくば中央第2、尼崎支所)

概要：

形式手法を中心とした技術を用いて、社会に組み込まれた情報システムのディペンダビリティを向上させるための研究、開発、普及を行う。企業等と連携し、要求仕様を明確かつ現実的な方法で記述する方法の検討、形式手法の理論的な背景を押さえた上で実用的な準形式記述のあり方の調査・整理、基本仕様の策定段階での形式手法の適用の試み、スマートグリッドのセキュリティに関する調査・課題抽出などを実施している。

研究テーマ：テーマ題目 7

インフラウェア研究グループ

(Grid Infraware Researach Group)

研究グループ長：工藤 知宏

(つくば中央第2)

概要：

動的な情報処理基盤構築のための資源管理・仮想化技術と資源利用技術の研究開発を行う。最近注目を集めているクラウドでは、ユーザは自ら資源を持つ必要がなく、その一方で資源の利用効率を高めることができる。本グループでは、計算機やストレージに加えてネットワークも統合してスケジューリングするとともに、各資源のモニタリング情報をユーザやアプリケーションに知らせる方式を開発している。また、仮想化技術を導入して、ユーザに見えるインフラ（仮想インフラ）が実際のハードウェアなどの構成（物理インフラ）に依存しないようにし、仮想インフラを物理インフラ間で移動させることにより資源を集約する技術の開発も行っている。さらに、クラウドで広く用いられる MapReduce 処理を高速化する技術も開発している。これらの技術により、より広い用途に使用できる動的インフラを構築可能にしていく。また、資源の有効利用やエネルギーコストの低い資源の優先利用による省エネルギー化を図る。

研究テーマ：テーマ題目 2

サービスウェア研究グループ

(Grid Service-ware Research Group)

研究グループ長：小島 功

(つくば中央第2)

概要：

大規模観測装置、大規模科学技術計算、巨大データベースで取り扱うデータは近い将来ペタバイト級の量に達し、かつ広域に分散して生成されることが予想される。本チームにおいては、こうした大規模データ処理を分散環境で実現する方式の設計・開発、様々なデータベースを組み合わせる一つの高機能データベースとして提示する機能の設計・開発、そして、これらをユーザが利用しやすくするツール群の設計・開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 5、テーマ題目 6

地球観測グリッド研究グループ

(GEO Grid Research Group)

研究グループ長：土田 聡

(つくば中央第2)

概要：

地球観測衛星データなどの大規模アーカイブを構築し、それらデータの高度処理と、各地に分散する各種観測データや地理情報システムデータと統融合する処理・解析を、地球観測情報のシステム、また、そのインフラとして構築し、さまざまな応用分野でユーザが手軽に扱える技術基盤の実現を目指し、GEO Grid（地球観測グリッド：Global Earth Observation Grid）の研究開発を進めている。本研究開発では、GEO Grid の構築にグリッド技術を活用し、データを提供する組織毎のポリシーを考慮した仕組みの実装を行い、その GEO Grid 上で各種応用分野の処理・解析手法開発、および産業基盤となる社会基盤データの作成に関する研究を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 5、テーマ題目 6

[テーマ題目 1] スマートグリッド通信技術

[研究代表者] 村川 正宏

(スマートグリッド研究グループ)

[研究担当者] 村川 正宏、河西 勇二、岩田 昌也、樋口 哲也、鈴木 綾子、叶 嘉星、野里 裕高、永井 康仁、亙理 大樹、(常勤職員4名、他5名)

[研究内容]

当課題は、再生可能エネルギーの導入を促進するためのエネルギーネットワークのマネージメント技術の研究開発することを目標とする。平成23年度は、1) 直流用 PLC を用いた太陽電池パネルのモニタ通信装置の研究開発、2) キロヘルツ帯 PLC の性能評価、3) 電力可視化システムの開発、を主に進めた。

太陽電池パネルのモニタ通信装置の研究開発において

は、小型化した通信装置を30枚の太陽電池パネルの各端子箱に組み込み、パネル単位での発電状況モニタリングが直流用 PLC により可能であることを実証した。モニタリングによって取得された発電情報を解析し、パネルにかかる影の影響を勘案した不具合検知アルゴリズムを考案した。さらに標準化の検討と情報交換の場として産総研コンソーシアム（名称：モニタ通信装置の利活用・標準化検討コンソーシアム）を設立し、技術移転活動を推進した。

キロヘルツ帯 PLC では、電力量計への内蔵を想定したノイズ耐性試験や長距離伝送試験を行い、通信手段としての実用性を示した。具体的にはホワイトノイズに対しては S/N 比-15dB まで通信可能であった。家電ノイズに対しては模擬一軒屋での実験においてメータと家電間で、すべての家電を動作させた状態から信号強度をさらに51dB 減衰させても通信可能であり、いずれも非常に高いノイズ耐性を示すことができた。長距離伝送においては、ケーブル直結状態で3.5km 以上の通信が可能であるとの見通しを得た。

電力可視化システムでは、独自に開発した低コストな電力計測器（計測点あたり2500円）とクラウドを用いることで、安価かつスケラブルな電力可視化システムを震災後の節電対策として短期間に構築した。所内の計算サーバ室に249計測点を有するシステムを導入し、計算サーバ毎の使用電力を可視化した。プレスリリース等を通じて10社を超える会社からの引き合いがあり、その汎用性、実用性の高さが評価された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】PLC、太陽光発電、故障検知、スマートグリッド

【テーマ題目2】次世代クラウド技術

【研究代表者】工藤 知宏

（インフラウェア研究グループ）

【研究担当者】工藤 知宏、伊藤 智、大澤 一郎、小川 宏高、関口 智嗣、高野 了成、竹房 あつ子、田中 良夫、中田 秀基、広瀬 崇宏（常勤職員10名）

【研究内容】

次世代クラウドでは、ビッグデータ処理やリアルタイム処理など、従来のクラウドが不得意としていたストレージやネットワークの帯域が隘路となるような処理が求められる。そこで当課題では、クラウド型情報インフラを上記のような広い用途、特にデータインテンシブなアプリケーションに適用可能とすることを目標とする。そのため、個々の利用者に提供する仮想インフラに専有ハードウェアと同等の性能安定性・利便性を持たせ、さらに負荷に応じて再構成可能とする技術を開発する。

平成23年度は、これまで開発してきた複数のクラウドコンピューティングサービスの資源を統合的に管理する

ソフトウェアを6月にオープンソースとしてリリースした。ソフトウェアで用いられているネットワーク資源管理インタフェースは、国際標準化団体 Open Grid Forum (OGF) の標準化案の参照実装となるように改良を行い、これを用いて欧米圏の12組織での実証実験に参加し、地理的に分散した資源環境において性能を確認した。

また、ストレージ資源について、データサイズが大きいとされる映像配信サービスをユースケースとして、資源の利用状況情報 (I/O 量、ディスク容量) を蓄積・管理するための技術的要件を抽出した。さらに、OGF で議論されている標準仕様とその関連研究について調査し、抽出した要件との整合性を確認した。

大規模データの処理については、大規模分散処理フレームワークである MapReduce を、Key Value Store を基盤として実装したシステム SSS を構築した。SSS は入出力を Key Value Store に対して行うが、この際に Map/Reduce 処理と IO 処理を同時に行う実装を開発し、レイテンシを隠蔽し、高速な読み書きができることを確認した。

また、仮想インフラの課題である VM からの I/O スループットについては、HPC アプリケーションを用いた性能評価を行い、PCI パススルーにより性能が改善することを確認した。

データセンター運用への応用として、上述した機能を統合させ既存のクラウド管理ミドルウェアに適用したデータセンター内の資源管理機構を設計した。また、データセンター向けインターコネクトとしてイーサネットと InfiniBand の性能可搬性を実現する I/O 機構の開発を開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウド、資源管理、データインテンシブ処理、MapReduce

【テーマ題目3】生活支援・生活安全技術

【研究代表者】永見 武司

（知的メディア研究グループ）

【研究担当者】永見 武司、岩田 昌也、植芝 俊夫、鍛冶 良作、喜多 泰代、車谷 浩一、児島 宏明、小林 匠、坂上 勝彦、坂無 英徳、幸島 明男、佐宗 晃、佐藤 雄隆、佐土原 健、高橋 栄一、野里 博和、樋口 哲也、平野 聡、増田 健、村川 正宏、李 時旭、池田 剛、斉藤 美行、野里 裕高、山本 晃、江面 秀一、大内 慶久（常勤職員21名、他6名）

【研究内容】

当課題では、社会生活の安心安全に寄与する技術基盤として、日常生活における遠隔見守り技術および活動時

や移動時の危険自動検出技術、病理診断を支援する病理組織画像自動認識技術を開発することを目標とする。平成23年度は、遠隔見守り技術について、センサーデータの時系列解析アルゴリズムを用いて、人の姿勢、運動状態の識別能力を向上させ、歩行と駆け足、転倒、立ち上がり等の状態変化を自動識別できるシステムを開発した。

危険自動検出技術では、電動車いすを始めとするパーソナルモビリティが歩行者との共存環境での安全機能を実現するため、複数のセンサを組み合わせて統合処理を行うマルチモーダル車載センサと環境側センサの開発と性能評価を行い、車載センサを用いた自己位置推定における平均誤差について距離3センチ、角度2°を達成し、環境側センサとの情報交換により歩行者等の移動を早期に把握し、衝突回避する機能を実証した。また、高齢者及び被介護者の身体状態の把握のために、日常の生活行動を音響センサ等により抽出する手法を開発し、動線を歩行音によっておよそ50センチの誤差で推定する技術を開発した。

病理組織画像自動認識技術では、病理診断時の着眼点について病理専門医にインタビューし、その知見を元に画像認識アルゴリズムを改良するとともに、同アルゴリズムを実装した診断支援システムのプロトタイプを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】見守り、行動パターン、HLAC、電動車いす、生活音識別、病理画像、診断支援

【テーマ題目4】コンテンツサービス創出・利活用技術

【研究代表者】後藤 真孝（メディアインタラクショナル研究グループ）

【研究担当者】後藤 真孝、緒方 淳、栗原 一貴、佐々木 洋子、中野 倫靖、濱崎 雅弘、藤原 弘将、吉井 和佳
(常勤職員8名、他4名)

【研究内容】

当課題では、コンテンツを一層身近で手軽に活用、創造できる新サービスを創出するために、ユーザによるコンテンツ利活用を促すインタラクショナル技術と、コンテンツの生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術を高度化し、融合することを目標とする。平成23年度は、両技術を融合したユーザ貢献増幅型 Web コンテンツ活用技術に関する研究として、1) 実証実験中の音声情報検索 Web サービス PodCastle を改良して、主要な動画共有サービスに対応し、ユーザ貢献に基づく書き起こし機能を強化し、さらに日本語に加えて英語にも対応した。PodCastle には、これまでに16万件以上の音声データが登録され、音声認識誤りをユーザが訂正できる独自のインタフェースによって58万単語以上が訂正された。さらに、それらの訂正を学習することで音声認識性能の向上が可能であることを実証した。平成23年度の

改良では、普及が進む動画共有サービス（ニコニコ動画、YouTube、Ustream）に新たに対応し、複数のユーザが協力し合って、話者名や改行を入力しながら読みやすい書き起こしを作成できる機能を実現した。さらに、エジンバラ大学音声技術研究所の協力を得て、英語の動画音声データも音声認識と検索ができるように改良した。誰でも無料で利用できる便利なサービスとして、その研究成果をプレス発表した結果、報道等により高い社会的関心を得た。2) 背景音楽、Jingle、効果音、話者別発話、笑い声等の種別と、箇所を推定する音響ダイアライゼーションシステムを開発し、ユーザ貢献によりその推定誤りを訂正可能なインタフェースを実現した。3) ユーザが誤り訂正により貢献可能な能動的音楽鑑賞サービスのプロトタイプシステム実装を進め、Web 上のサービスとしてベータ版を試験的に公開した。4) データ構造を示すタグ付をユーザが行うデータベースシステム Social Infobox を実現し、データだけでなくデータ構造もユーザ貢献で柔軟に構築する実証実験を開始した。上記の PodCastle と Social Infobox は、産総研オープンラボに出展した。5) 技術融合研究として、動画の極限的な高速鑑賞のためのシステムを実現した。自動変速再生技術により、セリフ部分以外を高速に見ることで「動画の速読」を可能にした。逆に字幕セリフ部分を低速にすることも可能で、外国語学習にも有用な技術である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】音声情報検索、音楽情報処理、歌声情報処理、メディアインタラクショナル

【テーマ題目5】地理空間情報の高度利用技術

【研究代表者】田中 良夫

【研究担当者】土田 聡、岩田 健司、岩男 弘毅、小島 功、児玉 信介、関口 智嗣、竹山 優子、田中 良夫、谷村 勇輔、中村 章人、中村 良介、松岡 昌志、的野 晃整、山本 直孝、山本 浩万、油井 誠、亀井 秋秀、Ninsawat Sarawut、Lynden Steven、中村 和樹（常勤職員16名、他4名）

【研究内容】

当課題では、地理空間情報に係る応用技術と情報インフラに係る技術を融合し、ユーザ利便性およびシステム構築性の向上を図り、地理空間情報の新たなビジネスモデルのサービス化を支援することを目標とする。そのために、多種多様な地理空間データへ統一的方法でアクセス可能とする基本サービス群を開発、整備する。さらに応用システムの構築を容易にする再利用可能なミドルウェアを開発し、提供する。これらにより、災害軽減・危機管理・環境保全・資源探査等に関する応用システムを構築し、実証実験を実施する。

具体的には、地理空間情報配信方法の国際標準に準拠

した WMS を採用し、画像サイズに依存せず一定の時間で画像配信を実現する高速 WMS 配信システムの研究開発を行なう。また、応用システムとして地殻変動モニタリングシステム、地震動マップ即時推定システム (QuiQuake)、衛星画像・現地観測統合システム (SFI)、土地被覆・標高検証システム (SDCP)、海上風況把握システムなどの開発を行い、適用したミドルウェアの利便性を検証する。

H23年度は、高速 WMS 配信システムの研究開発については、性能評価およびボトルネックの検出によりデータストレージと配信サーバの構成を最適化し、高速 WMS 配信システムを構築した。また、地震動マップ即時推定システム (QuiQuake) では地震動マップ公開の早期化を実現し、衛星画像・現地観測統合システム (SFI) においては二酸化炭素収支にかかる衛星および現地観測データの比較検証システムの開発を進め、基本部の改良・機能強化を行なった。また、土地被覆・標高検証システム (SDCP) は公開版を作成した。海上風況把握システムも開発に着手し、その設計を行った。これらのシステム開発を進める中で、東日本大震災の応急対応、調査研究、復旧活動を支援するため、外部関係機関との協力体制を確立し、被災地を観測した衛星画像や地質図、地震動マップなどの情報を国際標準配信する仕組みを構築した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 地理空間情報、OGC、ASTER、PALSAR、QuiQuake、SFI

【テーマ題目6】 衛星画像情報の整備

【研究代表者】 土田 聡

(地球観測グリッド研究グループ)

【研究担当者】 土田 聡、岩男 弘毅、小島 功、
児玉 信介、関口 智嗣、竹山 優子、
田中 良夫、中村 良介、松岡 昌志、
山本 浩万、山本 直孝、亀井 秋秀、
中村 和樹、堂山 友己子、
石綿 かおり (常勤職員11名、他4名)

【研究内容】

当課題では、地球観測衛星からの画像情報を活用した科学的知見創出およびその社会貢献を目指し、その知的基盤の構築・整備を行うことを目標とする。具体的には、経済産業省開発の地球観測衛星 ASTER、PALSAR、および次期センサ (HISUI 等) データのアーカイブを整備し、その各アーカイブ・各利用サービスにおいて必要とされるストレージ・処理速度・セキュリティレベル・低コスト化を満たすサービスプラットフォームを継続的に構築・整備する。また、これらアーカイブの品質保証のため、ASTER および PALSAR については校正・検証技術の高度化・高精度化およびその研究開発を継続的にを行い、また、次期センサ (HISUI 等) については、

新たに必要となる校正・検証技術の研究開発を行う。さらに、これらアーカイブから各種利用に役立つベースマップ (世界最高品質の全球天然色マップ・都市マップ・道路マップ・地質指標マップ等) を作成・整備し、地上での検証調査を進める。また、標準技術に基づいた地理空間情報管理のための各種ツールをプラットフォーム上で整備する。

衛星画像情報のサービスプラットフォームの構築・整備においては、これまでに、ASTER センサの全てのデータを、世界で初めて、ハードディスクベースの高速データストレージにアーカイブし、衛星画像情報の先駆的なシステムとして国内外から大きな注目を集めた。このアーカイブを用いたにしたスケーラブルなアプリケーションサービス、たとえば、全量データを対象とした全球モザイク処理や災害監視のための特徴抽出などの大規模な解析を実施できる能力を実証し、国土の環境保全、エネルギー・資源の安定確保、地震及び火山活動等による自然災害の軽減に貢献しつつある。

平成23年度は、利用しやすく、かつ、品質保証された形での ASTER、PALSAR、および次期センサ (HISUI) の「衛星画像情報の整備」に向けた研究開発、および、この整備された衛星画像情報を利用した「各種ベースマップおよびデータベース作成」の研究開発を行った。衛星画像情報の整備としては、ASTER および PALSAR については校正・検証を行い、その画像補正の高精度化に貢献した。また、ASTER のデータベースでは195TB の全量生データを蓄積し、PALSAR のデータベースではその全量生データ蓄積を可能にする PB クラスのシステムを構築した。さらに、次期センサにおいては、その校正手法および処理アルゴリズムの開発を進め、また、その処理を担う地上系システム (主にデータベース) の仕様作成に着手した。一方、各種ベースマップおよびデータベース作成としては、天然色全球マップについては、シーン間で高精度な色調整を施したマップをほぼアジア全域 (N54-S2、E64-E148) について作成した。また、全球都市マップについては、前年度までに開発したアルゴリズムおよび検証手法を用い、試作を行った。さらに、前年度までに開発した地理情報管理のためのシステムについて、その利用実証を開始し、その改良に着手した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 衛星画像情報、ASTER、PALSAR、HISUI

【テーマ題目7】 情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術

【研究代表者】 大崎 人士

(ディペンダブル IT 研究グループ)

【研究担当者】 大崎 人士、秋葉 澄孝、磯部 祥尚、
北村 崇師、相馬 大輔、高橋 孝一、

竹内 泉、NGUYEN Tan、西原 秀明、
矢田部 俊介、山形 頼之
(常勤職員7名、他4名)

経 費：2,545,138千円 (615,017千円)

概 要：

【研究内容】

当課題では国際競争の激化、環境対応、国際安全規格対応という昨今の厳しい開発環境でも有効な、情報システムの高信頼化、高安全化、高可用化を実現する新技術を提供することが目標である。従来の摺合せ型開発を、組合せ型開発またはプリエンプティブな摺合せ型開発、すなわち、実装とテストのみにリソースを集中させるのではなく、設計時に積極的な摺合せ作業を行い、手戻りコストを抑えて開発のピークコストを平滑化する開発スタイルにシフトさせることを目的として、数理的技法とモデルベーステスト技術を統合した検証フレームワークの開発を、様々な企業との共同研究を通じて取り組んだ。

企業との共同研究「高信頼性システム開発における設計品質を保証するためのシステム開発技術方法論の研究」において、システム開発過程のうちの基本仕様策定フェーズでの信頼性と安全性に関する品質向上のために、UMLを用いた仕様記述方法の指導及び検証を行った。

車の業界団体からの受託研究「要求記述手法の要件化およびツール化に必要な要件の策定」において、要求仕様を明確かつ現実的な方法で記述しながら、その記述内容を開発ツールに連携させるため、形式手法の理論的な背景を押さえた上で実用的な準形式記述のあり方を調査・整理し、要求仕様記述およびツールに対する要件としてまとめた。

その他、マルチコアチップ搭載の車載組込機器の事例研究では、テストケース自動生成の基本技術の一つとして、リスク分析手法とテスト設計手法を融合させたFOT (Feature Oriented Testing) 手法を開発し、基本部分のツール化を行った。

組込みネットワークの研究では、テスト自動生成のためのモデル記述言語 SENS (Simple Specification Language for Embedded Network Systems) の基本設計と評価用処理系の実装を行った。

【分 野 名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】システム開発、形式手法、要求仕様、仕様記述、UML、テスト、

⑩【ナノエレクトロニクス研究部門】

(Nanoelectronics Research Institute)

(存続期間：2011.4.1～)

研究部門長：金丸 正剛

副研究部門長：安田 哲二

主幹研究員：青柳 昌宏、坂本 邦博、安藤 淳

所在地：つくば中央第2、つくば中央4、つくば西

人 員：45名 (45名)

1. ミッション

ナノエレクトロニクスにおける我が国の産業競争力強化や新産業の創出を目指し、その競争力の源泉となるコア技術を開発することが当部門の主たるミッションである。これまで蓄積してきたナノスケールデバイスの構造、材料、作製プロセス、設計、システム化、解析評価技術に関する研究成果と研究開発リソースを活かし、産総研第3期のミッションである低炭素化など、社会の抱える課題解決につながるグリーンイノベーション等に資するナノエレクトロニクスを新たに創出することを目指す。

2. 研究の方向性

半導体エレクトロニクスの中核技術であるシリコン CMOS 技術はデバイス微細化を指導原理として発展を続けており、今後も微細化を進める研究は必要である。しかし、微細化の物理的・技術的な限界が近づいていることから、さらなる技術発展のためにはナノレベルの微細化と同時に、新規な材料・構造・作製プロセスの導入が必要となる。(“More Moore” 技術) 一方、微細化以外の手法により半導体集積回路の性能向上や機能付加を目指す研究開発の方向性があり、3次元実装による集積度向上や異種材料の混載による集積回路の高機能化・多機能化が期待されている。(“More than Moore” 技術) さらに、より長期的な発展を目指すには CMOS 微細化に代わる新しい指導原理の探索も必要と考えられ、CMOS とは動作原理が異なる、全く新しいデバイスの研究開発 (いわゆる “Beyond CMOS” 技術) も活発化している。

ナノエレクトロニクスは概ねこれら3種類の研究領域を総称したものである。当部門では More Moore および More than Moore 技術を主たる研究課題として取り上げて研究開発を進めている。

3. 研究課題

ナノエレクトロニクスは材料、デバイス、プロセス、設計、システム、評価などの要素技術を統合したものであり、幅広い研究領域を有する。これらを総合的に進めるために以下の研究課題を設定している。

(1) シリコンナノデバイスの研究開発

シリコン CMOS 微細化の主要課題である素子特性ばらつきを抑制するデバイスである Fin 形トランジスタの低電圧動作技術を確立し、極低消費電力集積回路基盤技術を確立するとともに、10nm 以下の領域でのデバイス開発に資する技術としてトンネル効果などを従来 CMOS とは異なる動作原理を導入したトランジスタの開発やシリ

コンナノワイアトランジスタの開発を行う。

- (2) 新材料・新構造インテグレーションの研究開発
微細化以外の手法による CMOS 性能向上を実現する等価スケール技術として新材料を利用した高移動度チャネルや高誘電率ゲート絶縁膜技術を開発し、シリコンとのハイブリッド集積回路や低消費電力・高性能アナログ回路の実現を目指す。また、半導体加工技術を利用して作製した半導体トランジスタ以外の新構造デバイスを開発し、新たなエレクトロニクス応用分野を開拓する。

- (3) 半導体設計製造技術の研究開発

半導体チップを積層して3次元 LSI を作製する技術は微細化以外の高性能化技術の一つである。当部門では、そのための要素技術として高効率チップ冷却技術やチップ積層技術を開発するとともに、3次元 LSI 積層計測評価技術も併せて開発する。また、ナノシリコンデバイスの特長を生かした応用回路として、動的に動作電力を制御した FPGA を開発する。

さらに、革新的な半導体生産システムの開発を行う。今後の半導体製品はユーザーズに合わせた変種変量の製造が求められることが予想されるが、単一製品を多量に生産するのに適した現在の半導体生産システムではコストや省エネの観点で上記ニーズには適応でないと考えられる。少量の半導体製品を経済的、エネルギー的に効率良く生産するシステムを構築する。

- (4) ナノ計測エレクトロニクスの研究開発

ナノスケールデバイスではそのデバイス特性が原子スケールの構造揺らぎに敏感になり、デバイス中の局所的な物性を原子スケールで計測・制御することが必要不可欠となる。本研究部門では、走査プローブ顕微鏡を用いた不純物分布の計測・評価技術、紫外線ラマン散乱分光による局所ひずみの評価解析技術を開発する。

- (5) 超伝導集積エレクトロニクスの研究開発

高精度性、低雑音性、高感度性において既存デバイスを凌駕する超伝導デバイスは、電気標準、LSI 故障診断、各種精密分析、高度臨床検査、核物質管理、大気観測等におけるコア技術となる。産総研の超伝導デバイスの集積化技術の強みを生かして、微量ガス検出や核物質管理に資する低雑音検出技術や、産業の発展に不可欠な基盤技術である次世代電圧標準デバイス技術の研究開発を行う。

内部資金：

重点研究加速予算（戦略予算）／ミニマルファブ試作ラインの開発

重点研究加速予算（戦略予算）／次世代シリコンデバイス設計環境の構築

外部資金：

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／ナノテク・先端部材実用化研究開発/水素拡散を制御した高信頼性絶縁膜の開発とフラッシュメモリーへの応用

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業/先導研究/強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業/先導研究/省エネ情報機器のための超並列バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の研究開発

受託／（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構／省エネルギー革新技術開発事業/先導研究/第2世代超薄膜ゲート絶縁膜材料の研究開発

受託／株式会社つくば研究支援センター／局所プラズマ接合を用いた半導体プロセス用シリコンキャリア製造

受託／財団法人くまもとテクノ産業財団／3次元 LSI デバイス積層実装のための低ダメージ・ダメージレス複合ウエット加工プロセスとその高品質・低コスト製造装置の開発

受託／財団法人九州産業技術センター／ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発

受託／財団法人埼玉県産業振興公社／ナノ構造と硬質ガラス薄膜を用いた機能性タッチパネル製造技術の開発

受託／財団法人新産業創造研究機構／パワーデバイス用複合ウエーハの精密実装技術の開発

受託／財団法人長野県テクノ財団／制御ソフトウェアの高度化による産業用超高安定度電圧標準装置の開発

受託／財団法人長野県テクノ財団／微細バンプ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細バンプ接続応用技術の開発

請負／大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構／SOI MPW ラン (FY11-1) 設計管理作業 一式

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業 (CREST) / 1. 金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御 2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／戦略的創造研究推進事業 (CREST) / Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／研究成果最適展開支援事業 (A-STEP) / Thin-Film SOI MOSFET の高精度回路設計技術の開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

受託／独立行政法人科学技術振興機構／ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

受託／独立行政法人科学技術振興機構／高性能薄膜トランジスタおよびそれを用いた不揮発メモリ

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究 (B) / マイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造最適化

文部科学省／科学研究費補助金／基盤研究 (B) / 超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構／しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

日本学術振興会／最先端研究開発支援プログラム／グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

発表：誌上発表133件、口頭発表216件、その他14件

先端シリコンデバイスグループ

(Silicon Nanoscale Devices Group)

研究グループ長：昌原 明植

(つくば中央第2)

概要：

微細化限界を打破できる MOS デバイスとして世界で認知されている、産総研提案のダブルゲート MOS (XMOS) FET (代表的には FinFET)、および、しきい値電圧制御可能な新機能を持った4端子駆動型

XOSFET (4T-XMOSFET) を主体とした XMOS LSI 基盤技術を確立して産業界での実用化を可能とするために、独自性の高い微細 XMOS デバイスならびに回路技術の開発を進めている。

本年度は、メタルゲート XMOS のオン電流バラツキを詳細に解析し、オン電流バラツキへのしきい値電圧、寄生抵抗、および移動度それぞれのバラツキの寄与を定量的に調査した。調査の結果、しきい値電圧バラツキ同様、寄生抵抗バラツキ、移動度バラツキもいずれもオン電流バラツキに大きな影響をもたらすことを発見した。また、移動度バラツキは、しきい値電圧バラツキと異なり、ゲート酸化膜スケールングによって低減しないこともわかった。このことは、すなわち、将来の微細化において、移動度バラツキが大きく顕在化することを示唆している。またさらに、移動度バラツキの低減には、Fin 側壁の平坦化が極めて有効であることも、実験的に明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目6

新材料・機能インテグレーショングループ

(New Materials and Devices Integration Group)

研究グループ長：安田 哲二

(つくば中央第2、4)

概要：

高度情報社会を支える基盤である半導体エレクトロニクスは、半導体集積回路の微細化技術をテクノロジードライバーとして発展してきた。微細化が物理的限界に近づき、エネルギーや資源の制約が顕在化する一方で、エレクトロニクスに対する社会の期待や要求は益々高度かつ多様なものとなっている。このような状況に対応してイノベーションを創出していくうえで、新材料の導入や新たな形でのデバイス機能の結合は有効なアプローチであると期待される。当グループでは異種の材料やデバイスを集積する要素技術を開発し、グリーン／ライフイノベーションにつながる高性能、新機能・多機能、あるいは低消費電力・低環境負荷のハードウェアの実現を目指す。主たる研究課題は、シリコン上へのゲルマニウムや化合物半導体の集積とデバイス開発、電界放出電子源と薄膜トランジスタの集積と応用デバイスの開発である。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目16、テーマ題目17

3D 集積システムグループ

(3D Interconnection System Research Group)

研究グループ長：青柳 昌宏

(つくば中央第2)

概要：

3次元 LSI 積層実装技術を活用した超並列バス・マ

ルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力 LSI 実装システムの開発に取り組む。平成23年度は、昨年度に引き続き、クロック周波数の低減と高度な並列処理を目指した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導ヒートスプレッド構造の採用によって高密度デバイス集積を具現化できる3次元 LSI 積層実装をコア技術とした低消費電力 LSI 実装システムの開発を進めた。特に、微細バンプ接続による超並列積層チップ間バスインターフェース技術、微細バンプフリップチップ接続技術の設計解析・測定評価技術、高熱伝導ヒートスプレッド技術の熱解析技術などを総合して、研究を進めた。具体的には、10ミクロン径微細バンプによる1600個配列を用いたチップ間バスインターフェースについて、JTAG 方式の接続検証回路を含む検証 TEG デバイスにより、100%接続の実証に成功した。ホットスポット抑制効果の実証実験データに基づいた熱シミュレーション解析により、高熱伝導ヒートスプレッド層の有効性を確認した。また、フォトリソ・エレクトロニクス融合システム基盤技術に関して、電子光技術研究部門と協力して、光源実装技術の基礎研究に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目10

エレクトロインフォマティクスグループ
(Electroinformatics Group)

研究グループ長：小池 帆平

(つくば中央第2)

概 要：

エレクトロインフォマティクスグループは、エレクトロニクス技術が提供するシーズと情報処理技術からのニーズとを垂直統合的に分野融合させ、新たな付加価値を有し、新規市場開拓が可能な未知の電子情報技術を創出することによって、新型デバイス研究開発に置ける「死の谷」を乗り越える方法論を確立し、実践することを目指して設立された研究グループである。

新しいタイプのデバイスを実用化へとつなげていくには、デバイス単体の研究を進めていくだけでは不十分である。回路技術の発案、回路シミュレーションの実現、キラーアプリケーションの提示など、広範な分野にまたがる技術を総合・蓄積していくことで、はじめて新型デバイス研究開発の「死の谷」を乗り越えることが可能となる。そこで当グループでは、XMOS トランジスタによる実用的な回路設計を支援する目的で、本格商用 Spice 回路シミュレータ上で容易に利用でき、実用レベルの XMOS トランジスタ回路の設計開発を可能とする XMOS デバイスモデルの開発を進めてきた。その成果は国内外の回路設計者に広く利用されている。また、FPGA の電力消費問題を解決し XMOS トランジスタのキラーアプリケーションとなることを目指して、しきい値電圧をプログラム可能な

Flex Power FPGA の開発を進め、チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした Flex Power FPGA 試作チップと回路データを生成する専用の CAD ソフトウェア群を、外部資金を獲得して開発し、その動作と消費電力削減効果の確認に成功している。さらに、これまでに蓄積してきた FPGA 技術を活用した様々な新しい半導体技術の普及発展を目指し、3次元集積技術、高性能な SOTB トランジスタ、ナノブリッジ素子などを応用した FPGA の高性能化の検討も進めている。

研究テーマ：テーマ題目7

ミニマルシステムグループ
(Minimal System Group)

研究グループ長：原 史朗

(つくば中央第2)

概 要：

低コスト集積回路製造の究極の姿は、ルームサイズのファクトリーである。それぞれの製造装置は1フィート立方程度の大きさとなる。この新しい産業システム構築構想を「ミニマルファブ構想」と名付け、2010年1月にファブシステム研究会（設立時：企業16社2大学、本報告執筆時点：63社4大学2公的機関）を立ち上げ、構想実現のための技術開発をスタートしている。ミニマルファブは、現行300mm ウェハと比較しておおよそ面積が1/1,000のハーフインチウェハ（正確には直径12.5mm）を用いることで、装置サイズを幅30cm まで縮小し、これによって設備投資額も1/1,000の5億円程度まで抑える最小単位の半導体デバイス生産システムである。

研究会企業と産総研にてミニマルファブの開発を進めている。本グループのミッションは、その開発全体を統括し開発をリードすること、ミニマルファブの共通コア技術であるウェハ搬送系の開発を行うこと、ミニマルファブに関する様々な要素の仕様決定を推進すること、開発装置群を用いたデバイスを試作することなどである。本年度は、ミニマル製造装置群の中でも、リソグラフィの中核をなすミニマル塗布装置、ミニマル露光装置、ミニマル現像装置群のプロトタイプの開発に成功した。今後、これらミニマル装置群の実用化へ向けた改良と他のミニマルプロセス装置群の開発を進めて行く。

研究テーマ：テーマ題目8

ナノスケール計測・プロセス技術研究グループ
(Nanoscale Characterization and Processing Research Group)

研究グループ長：多田 哲也

(つくば中央第4、第2)

概要：

デバイスサイズが微細になると、様々なデバイス特性が、ナノスケールの構造揺らぎに敏感に影響されるようになり、設計や作製が困難になる。したがって、3次元的にナノレベルの空間分解能で、形状や構造、構成材料の組成や不純物原子、デバイス動作に直接影響を与えるポテンシャル分布や応力分布を測定・評価する方法を確立することが、極めて重要である。当研究グループは、ナノデバイスにおける、走査プローブ顕微鏡（SPM）や高分解能電子エネルギー損失分光（HREELS）を用いたポテンシャル分布の計測・評価技術、紫外線ラマン散乱分光法による局所ひずみの評価解析技術の研究開発を行っている。ここで、3次元的なナノデバイスの構造に対し、「ナノ」の分解能で必要な特性を的確に計測することは、計測評価技術にとって、原理的な限界を超える要求であり、シミュレーション技術と測定技術を援用無しに達成することは困難であるため、当グループでは、シミュレーションを積極的に活用した計測評価技術の開発を行っている。

また、ナノスケールで構造を制御することにより、電極材料、コンタクト材料、チャネル材料、熱電材料等の新規なデバイス材料の開発も並行して行っている。
研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目15

超伝導計測デバイスグループ

グループ長：神代 暁

(Superconducting Sensors and Circuits Group)

(つくば中央第2)

概要：

半導体や磁性体では実現が困難な高精度・高分解能・高感度計測を可能とする超伝導計測デバイスを開発し、さらにこれらのデバイスを中核とする計測システムの構築により、「電圧標準」などの産業の発展に不可欠な基盤技術の整備や「放射線や微量有害ガスの検出」など国民の安全・安心に寄与する技術開発をグループの最大目標にしている。東日本大震災により被害を受け停止した超伝導デバイス作製設備の復旧を果たした。従来型電圧標準の典型的動作温度4Kよりも高く、超小型機械式冷凍機が賄える12Kの基で、環境電磁雑音への耐性に優れた0.5mA以上の電流余裕度を持つ2V発生チップとシステムの開発に成功するとともに、同種のチップを英国標準研究機関における交流波形合成実験と市販電圧計校正実験にも供した。超伝導検出器の多面素化に重要な極低温下での読出信号多重化回路の研究に着手し、4-8GHz帯超伝導薄膜共振器の特性の系統的評価を行い、共振周波数の実測値と設計値との差を0.02%に抑えられる目途を得た。

研究テーマ：テーマ題目13、テーマ題目14

強誘電体メモリグループ

(Ferroelectric Memory Group)

研究グループ長：酒井 滋樹

(つくば中央第2)

概要：

低消費電力型サーバーのための強誘電体ゲートFETの微細化研究

強誘電体ゲートトランジスタ（FeFET）をメモリセルとする NAND フラッシュメモリ（Fe-NAND）早期実用化のため、ゲート長100nmを切る微細FeFETの開発が必要である。FeFET微細化のための要素技術の開発として、平成23年はゲートパターン形成のための電子ビーム露光現像とゲート積層構造エッチングの工程で適切なプロセス条件の探査を行い、強誘電体膜厚200nm、素子間分離・側壁保護膜付きの自己整合ゲート FeFETをゲート長190nmまで縮小した。ゲート印加電圧 $V_g = \pm 5V$ 時にメモリウィンドウ0.5Vを確認した。また、MOCVD法により強誘電体を成膜した FeFETを用いて、高い V_g ：例えば強誘電体膜厚170nmの FeFETで6.25V以上、を印加した場合にFNトンネル現象が起こり始め、これが動作電圧の上限を決定し得ることを示した。

研究テーマ：テーマ題目3

連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター

(Collaborative Research Team Green

Nanoelectronics Center)

連携研究体長：横山 直樹

(つくば西)

概要：

低炭素社会を実現し情報社会の継続的な発展を維持するためには、IT機器の消費電力を桁違いに低減する必要がある。当連携研究体は、最先端研究開発支援プログラムとして「グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発」を推進しており、IT機器を構成する半導体集積回路の消費電力を1/10-1/100に低減するためのコア技術の開発を目指している。具体的には、1)低電圧動作 CMOS技術の開発、2)ナノカーボン材料の開発と応用、3)バックエンドデバイス（配線層に埋め込む新材料不揮発性デバイス）の材料開発の3研究課題を実施している。そのために、当連携研究体に産業界と産総研の研究者を結集させるとともに、大学や他の公的研究機関との連携を強化した体制を取っている。

研究テーマ：テーマ題目6

[テーマ題目1] 次世代シリコンデバイス設計環境の構築

[研究代表者] 昌原 明植

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永勳、
松川 貴、大内 真一、坂本 邦博、
福田 浩一、五十嵐 泰史、大野 守史、
柳原 昌志、千葉 正、田所 宏文
(常勤職員7名、他5名)

〔研究内容〕

産総研では、つくばイノベーションアリーナ (TIA) を初めとして、次世代デバイス開発が幅広く行われている。デバイス技術は集積回路設計に結びついて初めて実用化されるものであり、並行して設計技術・回路技術の開発を進める必要がある。

本課題では、次世代デバイスとして早期の実用化が期待される平面型 FD-SOI (完全空乏型 Silicon On Insulator) トランジスタを選択し、回路開発に向けた研究を行った。平面型 FD-SOI トランジスタを用いた集積回路では、回路設計の難度が高いアナログ・RF (高周波) 分野の検討が遅れている。この理由として、トランジスタや受動素子 (抵抗、インダクタ、キャパシタ) の周波数特性も考慮した高精度なシミュレーションモデルなどを含む設計環境の整備が遅れていることが挙げられる。本プロジェクトでは、FD-SOI を用いたアナログ・RF 回路設計環境 (PDK: Process Design Kit および IP: Intellectual Property) の構築を第一の目標とする。

平成23年度は設計環境の整備として、アナログ・RF 回路の動作点を考慮したトランジスタパラメータ作成を行った。また、アナログ・RF 回路で求められる広い電圧範囲で安定した動作が可能な平面型 FD-SOI トランジスタ構造について検討し、設計環境に取り込むべく試作を行った。

さらに、今後の微細化に対応した縦型 FD-SOI トランジスタ (FinFET とも呼ばれる) の適用も考慮した回路構成を考案した。試作した MOSFET の実測データと TCAD による素子特性の予測データを用いて、回路シミュレーション用のモデルパラメータを抽出し、それを用いてロジック LSI を構成するための基本回路を創出した。これらの回路では、従来構造型の MOSFET (2次元構造) で構成する場合に比べ、面積と消費電力を半減させることが可能であることを示した。具体的には、ノイズ誤動作に耐性のある回路、低消費電力回路、占有面積の小さな回路などのロジック基本回路を開発できた。また、アナログ回路の検討では、従来のバルクトランジスタと比較してロスの少ない動作を目指して電圧昇圧回路への FD-SOI トランジスタの適用を検討し試作を行った。

加えて、産総研の保有する FD-SOI に関する技術的知見を活用して実験回路の共同試作 (MPW 試作) を効率よく進めるための支援作業を行った。具体的には、設計技術サポート、回路設計者の設計データの検証とフィードバック、設計データに基づく合成レイヤーの作成と

妥当性検証などを行い回路設計者が所望するマスクデータを実現した。この MPW 試作は、各国の大学や研究機関が参加する国際的な取り組みとなっている。この取り組みにより、FD-SOI の特性を活かした幅広い技術開発が進められており、ガンマ線ピクセル検出デバイスなど新しい SOI デバイスの実用化につながると期待される。

将来の高精度デバイスモデルとして期待されている HiSIM-SOI の国際標準化活動の技術的支援も行っており、開発されたモデルによるデバイス動作と回路動作の検証で協力した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 半導体集積回路、FD-SOI、PDK、設計環境、アナログ回路、高周波回路、HiSIM、ダブルゲートトランジスタ、FinFET

〔テーマ題目2〕 FinFET を用いた応用回路の研究開発

〔研究代表者〕 昌原 明植

(エレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永勳、
松川 貴、大内 真一、坂本 邦博、
堀川 剛、塚田 順一

(常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

半導体の微細化が進むにつれて最初に動作限界の危機に直面すると考えられている半導体メモリ SRAM (Static Random Access Memory) の技術課題解決を目指し、微細化に伴う短チャネル効果に強い Fin 形状チャネルを有するトランジスタ (FinFET) に2つの独立ゲートを付与した新構造トランジスタ (4端子 FinFET) を開発する。さらに、4端子 FinFET のしきい値電圧制御を利用した新しい SRAM セル (Flex-Pass-Gate SRAM) が微細化しても安定して動作することを実証し、本技術が次世代 SRAM 技術として有効なことを示す。本年度は、実効ゲート長20nm 級 FinFET により構成される Flex-Pass-Gate-SRAM セルの試作に成功し、正常動作を確認した。また、SRAM を構成する個別極微 FinFET 特性バラツキと SRAM 動作余裕の関連の解明に成功した。SoC 他回路との信号入出力系に関しては汎用性を維持しつつ、かつ、特殊な回路を利用せずにパスゲートのしきい値電圧制御可能な Flex-PG-SRAM 回路 IP を確立した。周辺回路 (及びパスゲート Vth 制御回路) を含む Flex-PG-SRAM セルアレイを設計し、シミュレーションにより正常動作を確認した。さらに、シミュレーションにより、20nm 世代において、バルクトランジスタを用いた場合の SRAM と比較して、セル面積増加無、動作余裕1.5倍、待機時消費電力が1/30となること確認した。

また、電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値

可変型 FinFET を導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはデジタル・アナログ混載による低コスト化を目指した研究開発を行っている。具体的には、しきい値可変型 FinFET が導入された提案型低電圧演算増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7Vでの動作実証を目指す。今年度は、米国特許登録済みの回路方式について、産総研 FinFET プロセスによって試作を行った結果、差動増幅回路の基本動作が電源電圧0.7Vで可能であることが確認された。また、これを用いた比較器、演算増幅器の基本動作も確認された。更に、この回路方式について、素子寸法微細化の可能性を検討した。検討の結果、同回路方式では、実効酸化膜厚さ0.9nm、フィン厚さ5.3nmでゲート長20nmまで素子寸法を縮小しつつ、回路を動作させることが可能であることが示された。

さらに、FinFETのメモリ応用として低電圧フラッシュメモリの研究開発を行っている。低電圧化を実現するためには電界集中が起きるような微細な3次元トンネル領域を持つ FinFET 構造の開発が必要である。また、フラッシュメモリの信頼性向上のため、トンネル絶縁膜中にナノレベルの水素貯蔵層を埋め込み、酸化膜とシリコン界面の劣化を抑制することも必要となる。今年度は、微細な3次元チャネルを持つ FinFET フラッシュメモリの作製プロセスを確立し、世界初のスプリットゲート FinFET フラッシュメモリの作製に成功し、過消去抑制効果を実験的に確認した。また、Double-GateとTri-Gate構造を持つ FinFET フラッシュメモリの作製し、しきい値電圧のばらつきなどを評価することで、微細化には Tri-Gate 構造が有利であることを実験的に示した。更に、微細な三角断面のトンネル領域を持つ浮遊ゲート型 MOS キャパシタの作製及び電気特性評価を行い、三角先端領域での電界集中が低電圧での電子注入に有効であることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ダブルゲートトランジスタ、FinFET、SRAM、メモリ、集積回路、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ (SoC)、フラッシュメモリ、3次元チャネル、トンネル絶縁膜

【テーマ題目3】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

【研究代表者】酒井 滋樹

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】酒井 滋樹、高橋 光恵、Le Hai Van、Zhang Xizhen、巖 康、Zhang Wei、郭冬云 (常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

強誘電体ゲート FET (FeFET) をメモリセルとする

強誘電体 NAND (Fe-NAND) フラッシュメモリは従来の浮遊ゲート型 NAND フラッシュメモリと比べて約1万倍以上の高書換え耐性、書き込み電圧が約1/3であることによる低消費電力性、4F²の同等の高集積性を持つため、実用化されれば高機能重視のデータセンタ用 SSD の記憶媒体として期待されている。Fe-NAND のメモリセル微細化やフラッシュメモリ動作実証の点でまだ未検証な開発要素も多いため、我々はこれら基盤技術の開発を行った。ゲート長 $L=0.54\mu\text{m}$ の FeFET で、メモリウィンドウ1.0V、室温・実測3日で良好なデータ保持特性、108回の書換え耐性を実証した他、 $L=0.26\mu\text{m}$ の FeFET でメモリウィンドウ0.9V、室温・実測7日で良好なデータ保持特性、109回の書換え耐性を実証した。将来の Fe-NAND メモリセル高集積化に対応するため、FeFET のゲート積層構造の側壁傾斜角を大きくするエッチング条件を模索し、側壁傾斜角85°を実現した。また、将来の Fe-NAND 実用化を促進する応用研究として64kb Fe-NAND メモリセルアレイ回路を世界で初めて試作し、全ブロック消去と全ビット書き込み、市松模様書き込みを行い、読出しに成功した。単一セル自己昇圧法による書き込みディスターブ低減の効果を実験で確認し、Fe-NAND では書き込み時非選択ビット線電圧を1V以下に抑えられることを実証した。この結果は Fe-NAND の消費電力が従来 NAND の約14%であることを示唆する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強誘電体メモリ

【テーマ題目4】機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発

【研究代表者】秋永 広幸

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】秋永 広幸、島 久、赤穂 博司、澤 彰仁、井上 公、佐藤 弘、石橋 章司、寺倉 清之

(常勤職員8名、他6名)

【研究内容】

目標：

半導体エレクトロニクスが持続的に発展していくためには、遷移金属酸化物など新材料の導入と、それらによって構成される界面を制御する技術の開発が必要不可欠となっている。本事業では、金属／絶縁性酸化膜の界面電子状態および強相関相転移の物性制御研究を通して、それらを利用した不揮発性スイッチングデバイス技術の開発を行う。より具体的には、下記の2課題を設定した。

1. 金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御
2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

年度進捗状況：

課題1に関して、平成23年度は、ノンコリニア磁性・

スピン軌道相互作用の取り扱うための2成分相対論形式の電子状態計算プログラムを、実用レベルまで高速化することに成功した。このプログラム改良により、実験グループが扱っている Ce ドープ CaMnO_3 などの相図上に現われるノンコリニアスピン構造を適切に計算することが可能となった。また、 TiO_2 ベーストランジスタ特性向上のメカニズム解明に向けて、チャンネル層である TiO_{2-x} 膜とゲート絶縁膜として用いた SiO_2 膜との界面に関する分光学的評価を実施し、界面近傍における酸化状態の制御がトランジスタ特性向上に深く関与していることを示した。課題2に関して、まず、 CaMnO_3 において、圧縮歪を受けた薄膜は、歪を受けていない薄膜に比べて半分以下の電子をドーブすることで金属-絶縁体転移を示すことが分かった。そこで、圧縮歪を持った CaMnO_3 薄膜をチャンネルに用いて作製した電気二重層トランジスタのチャンネル抵抗の温度変化のゲート電圧依存性を調べた。その結果、ゲート電圧が0V では絶縁体であるのに対し、2V を印加すると金属的な振る舞いを示し、低温で約 10^3 、室温でも10以上の抵抗変化比が得られた。

【分野名】情報通信エレクトロニクス

【キーワード】機能性酸化物、界面相転移、第一原理計算、スイッチ素子、極微細加工

【テーマ題目5】高性能薄膜トランジスタおよびそれを用いた不揮発メモリ

【研究代表者】金山 敏彦（情報・エレクトロニクス分野研究統括）

【研究担当者】内田 紀行、岡田 直也
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、日本側期間で開発された新材料、遷移金属内包 Si クラスタ（ M@Si_n ）を凝集した薄膜が、優れたキャリア輸送特性を持っていることを利用し、高性能の薄膜トランジスタ（TFT）および不揮発メモリを作製することを目的とする。

平成23年度は、TFT 試作用の遷移金属内包シリコンクラスタ膜（ Mo@Si_n ($n=10-12$) 膜）を提供し、台湾チームが TFT の試作・評価を行った。その結果、TFT の動作向上のために、 Mo@Si_n 膜に良好なコンタクトを取る技術を開発する必要があることが判明した。そこで、(1) 台湾チームが有する技術を用いた仕事関数の小さい金属を用いたコンタクト形成、(2) 産総研チームが M@Si_n の M の価数変更によるドーピング、を用いてコンタクト抵抗を下げる技術の研究に注力することになった。他方、産総研チームでは、 Mo@Si_n 膜のキャリア輸送特性を詳細に調べる目的で、直流及び交流の電気伝導特性評価を行った。

その結果 MoSi_n 膜は、室温-240K では熱活性化型、240K 以下ではホッピング型の電気伝導を示した。ホッ

ピング伝導に寄与する状態密度を算出すると、 $7.3 \times 10^{19}/\text{cm}^3\text{eV}$ であり、ギャップ内準位がキャリア輸送に影響を及ぼしていることが判明した。また、 M@Si_n 膜は、モノシラン（ SiH_4 ）ガス中で遷移金属や遷移金属シリサイドターゲットをレーザーアブレーションすることで気相合成した遷移金属内包シリコンクラスタ M@Si_n を、ターゲットの対向位置にある固体基板に堆積することで作製してきた。 SiH_4 ガス圧は、50Pa 程度が最適値としてきたが、X線反射スペクトルの測定から、膜密度がアモルファス Si と比べ非常に低いことが判明した。ガス圧を20-30Pa にすることで、膜密度が上昇し膜質の向上が期待できることが分かった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】薄膜トランジスタ、Si クラスタ凝集薄膜

【テーマ題目6】グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

【研究代表者】横山 直樹

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】横山 直樹、金山 敏彦、新谷 俊通、手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、白田 宏治、小池 正浩、上牟田 雄一、小野 瑞城、鎌田 善己、守山 佳彦、池田 圭司、古瀬 喜代恵、黒澤 悦男、太田 裕之、田邊 顕人、右田 真司、森田 行則、水林 亘、安田 哲二、森 貴洋、多田 哲也、前田 辰郎、内田 紀行、福田 浩一、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、柳永 勲、大内 真一、坂本 邦博、畠 賢治、二葉 ドン、山田 健郎、桜井 俊介、小橋 和文、山田 真保、中村 紘子、鎌田 文典、佐藤 信太郎、原田 直樹、近藤 大雄、伊藤 正勝、林 賢二郎、山口 淳一、山田 綾香、中弘 周、八木 克典、二瓶 瑞久、川端 章夫、佐藤 元伸、中野 美尚、高橋 慎、村上 智、新谷 俊通、富永 淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter、Robert Simpson、Milos Krbal、Xiaomin Wang、小高 貴浩、森川 貴博、秋田 憲一、添谷 進（常勤職員59名、他7名）

【研究内容】

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を従来比1/10-1/100低減を目標に、下記3サブテーマの研究開発を平成25年度末まで実施する。

「低電圧動作 CMOS」：

III-V CMOS の Ni 合金メタル SD と $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{HfO}_2$ 積層

ゲート絶縁膜の開発で、低 EOT と低界面準位密度を両立させた。Si 基板上 Ge-CMOS で、NiGe/Ge 接合抵抗の低減と high-k/GeO₂界面層等の改善で、立体チャネル・完全空乏型の Ge ナノワイヤ p-FET を実現、高い正孔移動度・電流値を達成した。新動作原理 CMOS で、従来 CMOS スイッチング急峻性理論限界を凌駕する TFET (SS=33mV/dec) の開発に成功した。

「ナノカーボン材料の開発と応用」：

半導体 CNT の選択成長を水分/水素量の制御で可能にした。300mm Si 基板上単層グラフェン合成を実現し、電子・正孔とも移動度3000cm²/Vs が得られた。世界初のグラフェンの低リーク電流 P-I-N 接合デバイスを提案した。CNT 配線応用で、従来比10倍となる高密度 CNT (1.4g/cm³) を実現した。

「バックエンドデバイス」：

第一原理計算で、SnTe、HfTe₂を用いた超格子相変化新材料が低消費電力化に有望である事を見出すとともに、超格子材料 GeTe/Sb₂Te₃がトポロジカル絶縁性を示し、室温で巨大磁気抵抗値2000%を示すことを発見した。平成23年度で終了予定の本サブテーマは、想定外の成果を進展させるため24年度以降も継続する事とした。ナノカーボングループとの連携で、グラフェンと超格子相変化材料の組み合わせによる新物性発現の研究も開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】Ge トランジスタ、半導体カーボンナノチューブ (CNT)、グラフェン、相変化材料

【テーマ題目7】Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

【研究代表者】小池 帆平

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日置 雅和、中川 格、関川 敏弘、堤 利幸 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

半導体の微細化に伴うマスクコストの上昇と半導体産業の成熟に伴う少量多品種生産への要求の高まりとともに、FPGA の重要性が増している。ところが、FPGA では、消費電力、特に漏れ電流による静的消費電力が大きな問題となっている。そこで、XMOS トランジスタを用いて回路各部のきめ細かなトランジスタのしきい値電圧調整を可能とすることで FPGA の電力消費問題を解決し、携帯機器などへと FPGA の応用分野を広げて、XMOS トランジスタのキラーアプリケーションを目指すのが Flex Power FPGA である。チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした、既存半導体技術を用いた Flex Power FPGA 試作チップと、この試作 FPGA チップのための回路データを生成することのできる実用レベルの

専用 CAD ソフトウェア群を開発してきており、開発された実チップの測定から、複数のベンチマーク回路での正常動作と、最大で1/22.6に及ぶ消費電力削減効果を確認している。また、更なる消費電力削減効果を得るために、しきい値制御能力がより高い SOTB トランジスタを用いた Flex Power FPGA 試作チップの開発も目指しており、そのための回路設計環境の構築も進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FPGA、静的消費電力削減、動的しきい値最適化

【テーマ題目8】ミニマルファブ試作ラインの開発

【研究代表者】原 史朗

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前川 仁、池田 伸一、

クンプアン ソマワシ、吉田 知也、長尾 昌善、行村 健、今岡 和典、昌原 明植、遠藤 和彦、青柳 昌宏、渡辺 直也、神代 暁、山森 弘毅、中野 禅、小木曾 久人、岡崎 祐一、三島 望、増井 慶次郎、清水 禎樹、大平 俊行、鈴木 良一、伊藤 寿浩、高木 秀樹、銘苅 春隆、鈴木 章夫、前田 龍太郎、宮下 和雄、松本 光崇、秋永 広幸、石川 浩、鋤塚 治彦、金高 健二、鹿田 真一、安部 英一、井上 道弘 (常勤職員30名、他4名)

【研究内容】

集積回路製造工場 (半導体ファブ) では、設備投資の巨大化で採算性が悪化し新規参入が困難になり、また、研究開発とファブの生産能力の乖離が顕著となり、死の谷が益々大きくなりつつある。さらに、少量の需要に対して高コスト化が顕著になり、少量生産へほとんど対応できなくなっている課題がある。これに対して、産総研では、IC を1個1個作るのに最適なハーフィンチュエハを用い、かつ巨大なクリーンルームに代わる局所クリーン化技術を導入して、数億円の投資で半導体生産を可能にするミニマルファブを提案している。本研究では、ミニマルファブ方式で実用的な半導体生産ラインを構築できることを実証する。ミニマルプロセス技術の要素となる約10種類のプロセス装置の内、コアとなる CVD 装置、露光装置、エッチング装置、洗浄装置、コータ・ディベロッパ装置開発と、実用搬送装置開発、実用ウエハを完成させることで、ラインとして稼働させ、基本デバイスを試作する。また、イオン注入技術など研究開発要素の高い要素技術については、ミニマル化へ向けて基礎技術開発を行う。平成23年度は、上記コア装置群のうち、リソグラフィの中核をなす塗布装置、露光装置、現像装置のプロトタイプを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテク

ノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】 ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニュファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、CVD、露光、リソグラフィ、イオン注入、プラズマエッチング、マイクロプラズマ、CMP、接合、実装、ウェハ、シリコン、ハーフインチ

【テーマ題目9】 3次元 LSI デバイス積層実装技術の研究開発

【研究代表者】 青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、菊地 克弥、原 史朗、菖蒲 一久、仲川 博、根本 俊介、井川 登
(常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

本研究では、高品質・低コストな3次元 LSI デバイス積層実装プロセスを量産レベルで実現することを目指した要素技術の開発を行っている。

低ダメージ・ダメージレス複合ウエット加工プロセスとその製造装置の開発として、「①ウエットエッチングによるシリコンの薄化」、「②レーザー・マイクロジェットによる Via 孔形成」、「③ウエットエッチングによる Via プラグ出し」の研究開発を実施した。①については、エッチング液の HF : HNO₃ 混合比の最適化、ウエットエッチング装置の構造改善により、エッチング速度 927 $\mu\text{m}/\text{min}$ の高速エッチング、エッチング量の面内均一性 2.1% を実現した。また、抗折強度の測定評価とエッチング面の断面 TEM 観察により、エッチング後のダメージが小さく、薄化によるデバイス特性劣化がないことを確認した。②については、レーザー・マイクロジェット法の導入により、短時間 (50ms) での Via 孔加工に成功するとともに、断面 SEM 観察により、Via 形成後のダメージが小さいことを確認した。一方、加工条件が最適化できず、Via 孔加工の最小径は 50~57 μm であった。また、Via 孔形成後に、ゲート酸化膜絶縁不良モードのデバイス特性劣化が確認された。この原因は、ウォータージェットに絶縁性の高い純水を用いたことによると考えられる。③については、アルカリエッチング液の組成を最適化することにより、速度 3.64 $\mu\text{m}/\text{min}$ (平均値) の高速エッチング、エッチング量の面内均一性 2.75% を実現した。また、Cu プラグの断面 SEM 観察により、プラグ出し加工のダメージが小

さいこと、および、プラグ出し加工後において、Via と Si の間のリーク電流が小さいことを確認した。一方、オージェ電子分光分析により、プラグ出し加工後に、Cu 微粒子が Si 表面に微量残留することがわかった。

また、LSI チップを3次元積層するために必要なバンブ接続技術についての開発を行った。微細金属バンブ接続による実装工程における課題は低温化及び低加圧化であり、これを実現するために最適なバンブの形状・特性等 (概ね 10 μm 以下のサイズで円錐あるいは角錐形状) を探り出し、その評価を行い、量産化のため高精度・高信頼性・安価に製造することのできるバンブ製造装置の開発とバンブ実装応用技術の開発を目指す。今年度は、ナノパーティクル生成装置の試作・検証として、ナノパーティクル堆積 NpD 装置について、ナノ粒子の流れの乱れに起因する安定性・再現性の劣化抑制、不可性ガス使用量および消費電力の低減による低コスト化、るつぼを抵抗加熱方式に変更したナノパーティクル生成装置の試作・評価に取り組んだ。微細バンブ形成用 NpD 装置の開発として、3インチウエハに対応した基板スキャン機構を有する微細バンブ形成用 NpD 装置の設計・試作、パーティクルトラップによる成膜機能の向上、試料交換室の追加によるプロセス時間の短縮化に取り組んだ。微細バンブ形成プロセスおよびバンブ接続プロセスの開発として、厚膜フォトレジストに関するフォトリソグラフィ条件の最適化を図るとともに、形状ばらつきを抑制を検討し、形成した微細バンブの機械特性評価・電気特性評価を実施した。

さらに、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を開発している。ミニマルファブ方式は、産業技術総合研究所が提唱している新しい半導体生産方式であり、サイズ 0.5 インチ (=10mm 角) の基板と局所クリーン化技術を核とした多品種・少量生産方式) による生産システムである。このコンセプトに基づいた3次元積層 LSI の開発・製造ライン構築が期待されている。本研究では、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を開発する。この検査装置は、ミニマルファブ仕様 LSI チップの積層前後の機能・良品検査に用いられる。今年度は、デバイス検査装置計測部として、パーソナル超小型デバイス検査装置技術に PXI バスモジュール技術を組み合わせ、ミニマル3次元積層 LSI/デバイス製造ラインに対応したデバイス検査装置計測部の設計を行い、ミニマルファブ装置規格 (幅 30cm、奥行き 45cm、高さ 144cm) に収納可能とする仕様とした。検査機能には、電源 5 系統、チャンネル数 128、各チャンネル電圧、電流測定可能とし、2 種類のタイミング計測機能も追加した。設計した計測部に加えて、プローブ部と接続するためのポゴリングやテスト基板も試作した。デバイス検査装置プローブ部として、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応

したデバイス検査装置プローブ部の設計を行った。(1) 積層前のミニマルファブ仕様 (10mm 角) LSI チップの薄膜端子 (100 μm 電極ピッチ程度) に対応したプロービング技術、(2) ミニマル3次元積層 LSI/デバイスのシリコン基板貫通電極へのプロービング技術 (50 μm 電極ピッチ) として、2種類のデバイス検査装置プローブ部の設計を行い、ミニマル3次元積層 LSI/デバイス製造ファブ対応のデバイス検査装置プローブ部を試作した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】3次元 LSI 積層、検査、プローブ、微細バンプ、ナノ粒子

【テーマ題目10】省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／省エネ情報機器のための超並列バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の研究開発

【研究代表者】仲川 博

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】仲川 博、青柳 昌宏、菊地 克弥、渡辺 直也、居村 史人

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

情報機器の製造・運用に関わる大規模なエネルギー削減を行うための基盤技術を確立することを目的として、超並列通信バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の LSI チップのスケラブルな積層により高集積化を可能とする基盤技術確立のため、超並列通信バスで接続するために必要となる微細接続電極の形成および接続技術と低容量貫通電極形成技術を開発する。平成23年度は1000個以上の10 μm 以下の微細接続電極を用いた積層チップ間接続について、電気接続特性の評価を実施した。具体的には、Au ナノ粒子堆積技術を用いてバンプ径7 μm で1600個の Au 円錐バンプ配列を形成した TEG デバイスを用いて、高精度フリップチップ接合プロセスにより微細バンプ接続を行い、4端子法により抵抗測定の結果、0.26 Ω / (1bump+1line) となり、無欠陥1600個のバンプ接続を確認できた。さらに、2個の0.25 μm CMOS 技術で作製した超並列通信バス内蔵 LSI チップ上に Au 円錐バンプを形成した後、高精度フリップチップ接合プロセスにより積層して、1600バンプ配列接続によるバスインターフェースについて動作検証を行った。JTAG (Joint Test Action Group) 検査方式で動作可能な、超並列通信バス用双方向バスドライバ回路により、積層バンプ接続間のバスインターフェースを介して1024ビットの並列信号伝送可能なことを確認した。また、最大クロック周波数50MHz において、51.2Gb/s の高速データ転送と目標値100mW 以下となる消費電力97mW を達成した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】LSI デバイス、積層、シリコン貫通電極

【テーマ題目11】マイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造最適化

【研究代表者】長尾 昌善

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】長尾 昌善、吉田 知也、西 孝、神田 信子 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本年度の目標は次の3点であった。マイクロレンズ一体型フィールドエミッタを、①エラーなく作製することができるプロセス技術の構築。②構築したプロセスによりデバイスを実際に試作すること。③試作したデバイスのビーム径の評価。

① プロセスエラーの主な原因は次の2つであった。一つは、多段の電極を形成するとき起きる薄膜の剥離。もう一つは、フッ酸で絶縁膜のエッチングの際に、本来はエッチングされない金属が腐食されてしまうことである。絶縁膜の剥離に関しては、成膜方法のプラズマ CVD の条件を制御し、薄膜の内部応力を引張応力から圧縮応力へ制御することで解決した。金属膜の腐食に関しては、金属膜内部に発生する応力が原因で腐食が起こる事がわかり、金属膜にアルゴンイオンを照射することで腐食が起こらない薄膜を形成できた。これらにより、絶縁膜の膜厚の自由度が格段に向上したマイクロレンズが形成できるようになった。

② これまでに開発したプロセスを結集し、各電極の開口径を制御し、絶縁膜の厚さも電子ビームの集束に最適な厚い膜のデバイスを歩留まりよく作製することに成功した。作製したマイクロレンズ一体型フィールドエミッタは電極の数は4段で、絶縁膜と電極膜を合わせたトータルの膜厚は10 μm 程度となり、電子ビームを収束させるに十分な厚いレンズを形成できた。

③ 試作したデバイスの電子ビームの収束特性を測定した結果、デバイスから1mm 離れたところにおいて、電子ビームの広がりのないほぼ平行ビームが形成できていることを確認した。この結果に、昨年度開発したウェネルト電極を付け加えれば、ナノメートルオーダーのビーム径も視野に入ってくるものと思われる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マイクロレンズ、フィールドエミッタ、電子ビーム、微細加工

【テーマ題目12】ラベル不要の高機能性バイオセンシングシステムの開発

【研究代表者】富永 淳二

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】富永 淳二 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

光ディスクで用いられている高度な光学検出系をそのまま応用して、蛍光分子等のラベルを用いず、安価でかつ利用価値の高いバイオセンシングシステムを開発する

ことを目標としている。平成23年度では、トラッキングエラー信号振幅及び分子吸着信号強度の最適化を図った基板を用いて、サブテマリダー等とともにセンサシステムの設計およびシステムの構築を継続して行った。平成22年度までは、スポッティングのためのアドレス情報を相変化記録膜に書き込むバジ作業を要したが、システムの設計指針に基づいて Bio-DVD 基板上に予めアドレス信号をピットとして刻み込んだディスク原板とポリカーボネート基板に転写したブランクディスク作製することで、バイオ分子を固定する作業時間が大幅に短縮できた。その結果、RNA、アプタマー、タンパク質等のバイオ検体を固定化において、従来の記録型に比べてトラッキング信号がやや小さくなる問題が生じ、再生信号が不安定になる状況がしばしば発生した。この原因はアドレスピット幅と深さに起因することがわかり、改善できた。また、バイオ分子を固定化したときに生じる非特異的吸着分子の低減のため、SAM と呼ばれる単相分子膜を BioDVD 上に形成することが必要となり、この SAM 膜厚のため信号感度の低下が発生した。この点については次年度の課題である。

【分野名】情報通信、バイオ

【キーワード】分子センサー、バイオセンサー

【テーマ題目13】制御ソフトウェアの高度化による産業用超高安定度電圧標準装置の開発

【研究代表者】鈴木 英一

(情報通信エレクトロニクス企画室)

【研究担当者】神代 暁、佐々木 仁、山森 弘毅、金子 晋久、丸山 道隆、大崎 人士
(常勤職員6名)

【研究内容】

絶対温度12K で動作するジョセフソン電圧発生素子と小型機械式冷凍機による小型化・低廉化と、組み込みソフトウェアによる操作の簡略化・自動化を図ることにより、国立研究所の専門家だけでなく、一般の校正業者も扱うことのできる直流電圧標準器を開発する。これにより、海外製ツェナーダイオードに席卷されている市場に、高精度・定期校正不要・国産の二次電圧標準器の供給を目指す。本研究における産総研の分担課題は、(1) 組み込みソフトウェアの高度化、(2) ジョセフソン素子作製技術の開発、(3) 装置安定性・操作性の評価である。

(1)において、初期化及びリレー駆動時に発生するパルス性ノイズについて、ジョセフソン素子に影響を与えない様に配慮した制御モジュール用組み込みソフトウェアを作成し、その基本動作を確認するとともに、磁束トラップ等の障害発生時に自動復旧が可能な、ジョセフソン電圧標準装置本体用組み込みソフトウェアを開発し、その評価方法について検討した。また、制御モジュール用組み込みソフトウェアに対して、最新の検証手法であるモデル検査を適用して検証を実施した。

(2)において、東日本大震災で故障し動作不能に陥った素子作製装置群の復旧に取り組み、その過程において、従来は相反する条件であった高い臨界温度と低いストレスを併せ持つ接合素子電極の作製条件を見出す等、素子作製パラメータの最適化を行った。これを基に、温度 $12 \pm 0.5\text{K}$ 、マイクロ波電力 $200 \pm 30\text{mW}$ の範囲で、約 0.5mA 程度の電流マージンを示す2V 発生チップの作製に成功し、耐環境雑音性に優れたジョセフソン素子作製の見通しを得た。

(3)において、装置の特性評価項目を明確化するとともに、専門知識・特殊技能を有さない一般の校正業者で対応可能な、操作性の評価方法について検討した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、標準・計測

【キーワード】組み込みソフトウェア、超伝導、ジョセフソン素子、電圧標準、機械式冷凍機

【テーマ題目14】超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

【研究代表者】神代 暁

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】神代 暁、平山 文紀、山森 弘毅、福田 大治 (常勤職員4名)

【研究内容】

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端検出器 (TES) カロリーメータの受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。16画素からの読出信号の4-8GHz 帯における多重化実証を目標とし、初年度は、周波数多重回路を構成する二大要素素子のうち超伝導共振器のみを含むチップ (5mm×5mm) の設計・試作・特性評価を行った。各共振器は長さの異なる終端短絡のコプレーナ線路から成り、その線路は、チップ寸法との兼ね合いから、途中で複数の屈曲部を持つ。周波数軸上の多重化にとって最も重要な共振周波数実測値と設計値の比、および両者不一致の原因解明のため、同一の長さを持ち、屈曲部の数や曲率が異なる線路から成る複数組の共振器を準備し、それらの共振周波数を比較した。その結果、設計値で規格化した共振周波数実測値は、1.00以上1.10以下であり、共振線路屈曲部の数や曲率に対する依存性と周波数依存性を示したが、共振器長補正により、理論通り周波数無依存となることを見出した。今後、標記補正值の採用により、共振周波数の実測値と設計値の差を0.02%以内に抑えられる見通しを得た。一連の評価実験に先立ち、十分な制御性・再現性を持つニオブ系チップ作製技術を確立した。次に、チップ透過率の周波数依存性 (4-8GHz 帯) 測定系を、4K の機械式冷凍機ベースのクライオスタット内に構築し、チップ内グランド配線の工夫により、周波数軸上の共振デ

チップ深さの定量的評価に十分な、peak-to-peak 値 2dB 以下のバックグラウンドレベル平坦性を実現した。また、共振周波数の温度依存性から、機械式冷凍機起因の温度ゆらぎを、それと等価な周波数雑音電力に換算する理論式を導き、チップの動作温度を TES と同じ 0.4K 以下とする指針を得るとともに、これを実現可能な冷却系の検討に着手した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、標準・計測

【キーワード】超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、マルチプレクス（周波数多重）、センサ、放射線計測

【テーマ題目15】ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

【研究代表者】多田 哲也
（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】多田 哲也、内田 紀行、森田 行則、前田 辰郎、Vradimir POBORCHII、PARK Sungjin、原 未来夫
（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱電発電技術が注目を集めている。熱と電気的直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率が高いが熱伝導率は低いという相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創り出す手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ビスマスやテルル等から構成されていることから、熱電発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン（Si）に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

本年度は、モリブデン系の金属シリサイドナノ結晶コンポジット膜の、熱伝導率計測を行った。その結果、熱伝導率は、 $\sim 4\text{W/mK}$ で、通常のシリサイドの1/10以下と極めて小さく、有望な熱電材料になる可能性があることが判明した。熱伝導度が小さいのは、Si がナノサイズ化することによる Si 自体の熱伝導率の減少、シリサイドナノ結晶による熱伝導の阻害が、コンポジット膜の熱伝導抑制要因であると考えられる。また、熱電特性の計測するための Si ナノワイヤ構造の作製に着手した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット、Si ナノワイヤ

【テーマ題目16】ウェハ接合を用いた応用技術の開発

【研究代表者】板谷 太郎

（エレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】板谷 太郎、前田 辰郎、石井 裕之
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

異種材料と異形の試料に対して半導体プロセスを可能にするシリコンキャリアと呼ばれるアダプターの開発においてプラズマ接合技術を利用し、その実用性を検証することを最終目標とする。今年度は、キャリアインテグレーション（株）から供給を受けたシリコンキャリアが実際のデバイスプロセスで使用可能であるかを検証した。具体的には、ホール素子に関する合金化プロセスとして用いられる RTA（Rapid Thermal Annealing）と呼ばれるランプ加熱工程にシリコンキャリアを適用した。高精度研削方式により製造されたシリコンキャリアおよび反応性イオンエッチング法を用いて製造されたシリコンキャリアに評価用の半導体素子を設置し、RTA による短時間での昇温と降温処理を行った。このプロセスでは半導体素子の金属電極と半導体部の界面に混晶を形成させるができ、その加熱温度により接触抵抗の低減効果に変化するための、最小の接触抵抗値を得る加熱温度の制御が可能であるかが評価点である。その結果、マイクロホール素子においてオーミック特性が良好になる最適なアロイ温度を見出すことができたことから、RTA プロセスにシリコンキャリアを用いることが可能であることを明らかにした。

また、パワーデバイス用複合ウェーハの開発について、接合・剥離剤の最適化設計と技術検証を行った。接合剤組成物はポリイミド溶液とし、剥離剤組成物はポリイミド溶液とフィラーおよび発泡剤を主成分とした。これらに対して必要となるポリイミド樹脂溶液の高度化、発泡剤とフィラーに関する最適化、接合・剥離温度に対する条件域の拡大を目指した。平成22年度において観察された塗布時の大きな斑や塗布不良を解決するとともに、塗布不良の原因を検討し、いずれの組成物も湿度による影響があり、組成物が大気中の水分を吸収することにより、溶解性の低下と、ポリイミド樹脂の析出を生じることを明らかにした。この現象は、大気に試料が暴露される面積が大きいほど、かつ、膜が薄いほど顕著である。また、各組成物をウェーハ上にスピン塗布した際に、プロセス環境における湿度の影響を受け、塗布の塗り斑となって強く表れるか、延ばされる前に析出して、塗布不良となる。原因は、ポリイミド樹脂の溶媒への溶解性の低さに因るところが大きい。この不都合点を解消するために、組成物の最適化を行い、組成物の溶媒に対する可溶性の向上を図った。具体的には、ガラス転移温度を 210°C ほどに維持して接着性を確保し、溶解性の向上を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】シリコンキャリア、ウェハ接合、ポリイ

ミド

【テーマ題目17】 ナノ構造と硬質ガラス薄膜を用いた機能性タッチパネル製造技術の開発

【研究代表者】 板谷 太郎

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 板谷 太郎、塩田隆、

Gorwadkar Sucheta

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

研究開発の目標は、原子層堆積 (ALD : Atomic Layer deposition) 法による防汚・撥水被覆技術の開発である。研究計画としては、ALD 装置の導入とプロセス高度化を行いナノ構造上に ALD 法による Al_2O_3 を用いて再現性のある均一成膜プロセスを確率し、次いで、ALD 薄膜材料として、含シランカップリング材料を用い、原料ガスの供給条件や基板温度等のプロセス条件を最適化することにより、撥水性の基板表面を実現し、更には、ALD 法による TiO_2 系成膜技術の最適化を行い、光触媒作用による汚染防止機能の検証を行うことにある。年度進捗状況としては、加熱方式とプラズマ方式の両手法における ALD 法による Al_2O_3 に対するプロセス条件の最適化を行い、加熱方式に対しては均一性ばらつき1%以下を、プラズマ方式に対しては均一性ばらつき2%以下の均一性の優れた成膜技術を実現した。更には、ALD 薄膜材料として光触媒作用のある TiO_2 に対するプロセス条件の最適化を行い、加熱方式とプラズマ方式の両手法におけるプロセス条件の最適化を行い、加熱方式に対しては均一性ばらつき2%以下を、プラズマ方式に対しては均一性ばらつき3.5%以下の均一性の優れた成膜技術を実現した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 原子層堆積法 (ALD)、酸化チタン、撥水技術

⑪【電子光技術研究部門】

(Electronics and Photonics Research Institute)

(存続期間：2011.4～)

研究部門長：原市 聡

副研究部門長：小森 和弘

副研究部門長：栗津 浩一

上席研究員：土田 英実

主幹研究員：新納 弘之

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、

つくば中央第5、つくば東

人員：62名 (62名)

経費：621,178千円 (330,257千円)

概要：

(1) 当部門のミッション

安全・安心で持続可能な社会の実現に向けて、電子と光の特性を最大限に活かした情報処理・通信技術の高度化に加えて、新たな電子と光の可能性を追求していく。具体的には、光インターコネクションや生体情報センシングなどの電子と光が融合する領域の新技術、量子情報処理や強相関電子系、超伝導、有機材料など、新しい電子・光技術の応用の拡がりを目指した理論や材料、素子の研究開発を進める。またレーザー基盤研究に基づく新しい光加工プロセスや光・電子による新しい計測技術を実現するシステムまで、幅広い課題解決手段によるイノベーションを推進する。

(2) 電子と光という従来は個別に発展してきた情報媒介技術を統合的に捉え、環境エネルギー問題や安全安心の問題に対する課題解決の方向性を探る。そのために当部門が有するコア技術を軸に、以下の四つの重点研究課題を設定する。

光情報技術

現状のままでは爆発する情報トラフィックに対して情報伝送能力の限界が危惧されることから、コンピュータ内外の近距離情報伝送を中心とした、光・電子融合領域の情報・通信技術の革新を目指してグリーンイノベーションに貢献する。特に光技術と電子技術が融合した次世代の近距離光通信・光インターコネクションの実現に向けて光源・光機能素子技術および光導波路回路・光集積技術について研究を進める。また、次世代コヒーレント光伝送のための光信号処理・計測技術の開発、長距離量子暗号通信の実現に向けた量子情報処理基盤技術の開発を行い安全安心に貢献する。

a-1) 次世代の近距離光通信・光インターコネクション用の光源・光機能素子、光導波路回路・光増幅器およびナノフォトニクス技術等による超小型光集積技術を開発する。

a-2) 光位相制御を利用したスペクトル利用効率向上等、大容量化のための新しい光信号処理・計測技術を開拓する。

a-3) 量子暗号鍵配布等、光技術による量子情報通信技術開発を推進する。

レーザー基盤および省エネルギー型レーザー加工

レーザー光源技術の研究に基づく新しい省エネルギー型レーザー加工プロセスの開発を行うとともに、先端的な光技術と分野融合による新技術開拓、将来を切り開く革新的技術の創出によってグリーンイノベーションに貢献する。

b-1) 硬質で加工が難しい透明材料ならびに超軽量構

造材である炭素繊維複合材料に対する省エネルギー型高速加工を開発する。

- b-2) アト秒も視野に入れた超短光パルスの発生・制御・計測のフロンティア技術を開拓し、超高速技術を先導し、先端レーザー応用研究を支える精密計測器を開発する。

高感度センシング

光計測センシングやナノ磁気イメージングといった計測基盤技術の高度化とともに、分子イメージング等の生活安全に向けた実用センサシステムの開発を行い、生体組織中の機能や形態の高精度イメージングと蛋白質高感度センシング技術の確立によりライフイノベーションに貢献する。

- c-1) 導波モードセンシングを提案し、高感度、温度安定、小型化可能といった特徴を生かした測定を実現し、インフルエンザ亜種の同定、微量重金属の検出などを実用化していく。また光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術をウイルスや病虫の検出へ適用するための研究開発を進めている。
- c-2) 水溶液中でも消光のおこらない発光性金属錯体の開発技術と、新規レーザー顕微鏡を用いた光計測技術との融合によるイメージングを実現していく。また QOL 向上のためのセンシングと位置づけて肌の水分量モニタリング技術を開発するとともに、量子イメージング技術を用いて生体医療光計測への展開を図っている。

新原理エレクトロニクス

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探索し、グリーンイノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。

- d-1) 低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、非鉛系圧電体、高導電性酸化物など、機能性酸化物電子材料の新機能開拓をめざし物質開発をすすめる、独自実験技術知財の製品化普及を行っている。
- d-2) 情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。
- d-3) 情報通信技術を活用したグリーンイノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行う。

外部資金：

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)

[NEDO 助成金]

「酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発」

「新型インフルエンザウイルスの高感度その場分析装置の開発」

総務省

[受託 (戦略的情報通信研究開発推進制度)]

「高品質量子ドットを用いた低消費電力面発光レーザーの研究開発」

「超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究」

文部科学省

[科学研究費補助金]

「ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用」

「難育成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価」

「光誘導固体電気化学反応技術の確立」

「実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製」

「圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新規機能性材料の物質設計と実験的検証」

「有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究」

「強相関酸化物強磁性トンネル接合の低電流スピン注入磁化反転機能の開拓」

「強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究」

「強相関酸化物ヘテロ界面における新奇な界面電子状態の物理的機構に関する研究」

「強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究」

「高分子規則表面のバイオエッチングとソフトマター分子群集積化への応用」

「多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究」

「生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化」

「フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開」

「制御された異方的超高压下の物理」

「微小球マイクロオプティクスのオンデマンド型レーザー転写作製技術の開発」

「アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高感度スクリーニングチップへの応用」

「クラディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発」

「不均一超伝導体系における奇周波数電子対の研究」
 「究極のナノスクイッドの開発とデバイス展開」
 [科学研究費補助金 特別推進研究]
 「多元環境下の新しい量子物質相の研究」
 [科学研究費補助金 新学術領域研究]
 「時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象」
 [科学研究費補助金 特定領域研究]
 「幾何学的フラストレート系におけるスピン励起と格子振動の中性子非弾性散乱研究」

独立行政法人日本学術振興会
 [学術研究助成基金助成金]
 「古典光を利用した量子イメージングの諸特性の解明とその応用分野の探索」

独立行政法人科学技術振興機構 (JST)
 [受託 (戦略的創造研究推進事業 CREST)]
 「2次元強相関係への超並列シミュレーションによるアプローチ」
 「3次元表示デバイスの高性能化・高解像度化に関する研究」
 「光パルス合成による任意光電場波形生成とその計測」
 「機能性酸化物を用いたナノ界面相転移デバイス開発」
 「多バンド型多成分超伝導の位相的ソリトン」
 「多重秩序材料の情報通信技術への応用探索」
 [受託 (新規材料による高温超伝導基盤技術 TRiP)]
 「鉄ヒ素系超伝導体の転移温度決定因子の解明と物質設計への適用」
 「超高圧 NMR/NQR 実験技術の開発」
 「鉄系超伝導体の低エネルギー放射光光電子分光」
 [受託 (国際科学技術共同研究推進事業：戦略的国際共同研究プログラム)]
 「鉄系超伝導体の高 Tc 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価」
 [受託 (産学イノベーション加速事業：戦略的イノベーション創出推進)]
 「テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究」

財団法人埼玉県産業振興公社 [受託]
 「LIBWE 加工法を用いた硬脆透明材料用レーザー加工装置の研究開発」

財団法人浜松地域テクノポリス推進機構 [受託]
 「光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化」

発 表：誌上発表150件、口頭発表299件、その他36件

情報通信フォトニクスグループ
 (Information Photonics Group)

研究グループ長：土田 英実
 (つくば中央第2)

概 要：
 ・目的：情報通信ネットワークの大容量化・高度化に資すること目的として、光信号処理・計測技術、量子通信技術に関して、サブシステム化まで視野に入れた研究開発を行う。
 ・意義、当該分野での位置づけ：全光信号処理ノードやコヒーレント光伝送による通信ネットワークの大容量化・高機能化、および量子力学的効果の利用による通信のセキュリティ向上に寄与する。
 ・国際的な研究レベル：光変調フォーマット変換などの光信号処理技術や、コヒーレント伝送用光源評価技術に関して、独自性と優位性を有している。光通信波長帯における光子検出、および量子もつれ状態の発生・検出・伝送に関して、世界最高水準の技術を保有している。

研究テーマ：テーマ題目 1 (a-2, a-3)

ナノフォトニクスデバイスグループ
 (Nanophotonic Devices Group)

研究グループ長 小森 和弘
 (つくば中央第2)

概 要：
 ・目的：次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的としている。新材料として、化合物半導体ナノ材料および有機・ポリマー材料を念頭に置き、半導体量子ナノ構造・ナノ光構造を用いた次世代光デバイス、有機・ポリマー材料を用いた微小光源&光増幅器、光導波路回路の研究開発、精密計測技術および応用技術の開発を行う。
 ・意義、当該分野での位置づけ：次世代の光・電子融合デバイス、光電子集積技術を開発し、光情報通信システムに応用することで、通信ネットワーク・機器内インターコネクションの大容量化・省エネルギー化・高機能化、及び産業競争力強化に資する。
 ・国際的な研究レベル：ナノ材料・デバイス技術、有機ポリマー材料・デバイス技術、精密計測技術を用いて、量子ドット光源、フォトニック結晶デバイス、有機半導体レーザー、ポリマー光増幅器の研究を展開し、世界最高レベルの成果を得ている。

研究テーマ：テーマ題目 1 (a-1)

レーザー精密プロセスグループ
 (Laser-Induced Materials Processing Group)

研究グループ長：新納 弘之
 (つくば中央第5)

概要：

- ・目的：光の特性を最大限に生かすことによって新産業創出に寄与することを目標として、石英ガラス等硬質で加工が難しい透明材料ならびに超軽量構造材である炭素繊維複合材料に対する省エネルギー型レーザー加工プロセスの開発を先端レーザー精密プロセスを駆使し実現する。具体的には、微細加工高付加価値化手法の開発、高出力レーザーを用いた高速高品位加工技術の開発を通じて、材料加工プロセスの高度化技術の研究を推進する。これによって、情報通信・化学/医療などの先進産業分野におけるレーザー加工手法を駆使した製造技術高度化に寄与するとともにグリーンイノベーションに貢献する。
- ・研究手段：当研究グループの実験装置である紫外レーザーアブレーション微細加工装置、超短パルス微細加工装置、アブレーション評価装置、極低温マトリックス光分解装置等を活用し、独自技術を組み合わせることで有用性の高い技術開発を実施している。
- ・方法論：レーザー誘起背面湿式加工法による石英ガラス等透明材料のオンデマンド型迅速微細加工技術および、高出力レーザーを用いた炭素繊維複合材料に対する高速高品位加工技術は、当研究チームにおいて独自に開発してきた国際的に注目される技術であり、その特性を生かした製造装置の開発/試作を推進している。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-1)

超短パルスレーザーグループ

(Ultrafast Lasers Group)

研究グループ長：鳥塚 健二

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：パルス光波合成等の新技術を開発し、未踏領域の光パルス発生、制御、応用を開拓することで、超高速技術を先導する。
- ・意義、当該分野での位置づけ：光パルスを利用した計測や物質プロセスに資する技術である。主な研究内容は、(1)パルス光を電界波形のレベルで制御するパルス内光波位相（キャリアエンベロープ位相：CEP）制御とパルス圧縮・増幅の技術、(2)パルス光波合成に繋がる、異波長光の精密タイミング制御と位相制御の技術、及び(3)レーザー加工を通じた省エネルギー製造への貢献をめざした超短パルスレーザーの高効率・高出力化技術。
- ・国際的な研究レベル：超短光パルスレーザーに関するトップグループの一つ。特に、異波長パルス光間の位相制御及びタイミング制御は当所が先導して開拓してきた技術で、世界最高の時間精度を有する。また、パルス内光波位相（CEP）制御光の増幅を、再生増幅器と回折格子ストレッチャーを組合せた高

出力化が可能な方式で実現した。さらに高平均出力の Yb ドープ超短パルス固体レーザーについても取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2 (b-2)

光画像計測グループ

(Advanced Optical Imaging Group)

研究グループ長：白井 智宏

(つくば東)

概要：

- ・目的：主に、生体組織中の機能や形態を高精度でイメージングする技術の確立を通してライフイノベーションに貢献し、最終的には人々の QOL の向上に資する電子光技術の創出を目標とする。
- ・研究手段：生体組織中の細胞機能イメージング技術に関連する研究を重点テーマとして、各種要素技術の研究開発を実施すると共に、プロジェクト化に向けた研究体制の構築を図る。
- ・方法論：要素技術として、高精度で高速な位相イメージングを実現するためのデジタルホログラフィック顕微鏡の構築、生体の機能情報として代謝情報を抽出する技術の開発、生体計測分野への相関イメージング技術の応用可能性についての検討を実施する。さらに、「テラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究」の一環として、高感度かつ高分解の蛍光検出を行うためにレーザー顕微鏡を独自に設計・構築し、マーキングされた細菌等を高精度で計測する技術の開発を実施する。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-2)

分子フォトンクスデバイスグループ

(Molecular Photonics Devices Group)

研究グループ長：金里 雅敏

(つくば中央第4)

概要：

- ・目的：独自に設計・合成した機能性分子や金属錯体の光学特性を最大限に活かし、生体情報イメージング技術の開発、高感度なバイオチップや有機発光素子の創製及び実用化を目指す。
- ・意義、当該分野での位置づけ：発光性有機分子や発光性金属錯体を波長変換材料として捉えることにより、新たなデバイス化技術及びその基盤技術を開発して、ライフサイエンス、ナノテクノロジー分野における新産業創出に貢献する。
- ・国際的な研究レベル：独自に開発した機能性分子や発光性金属錯体をベースに創製したナノセンサ用単分子膜や波長変換材料は、国内外における特許登録や成果発表により、国際的にも高く評価されている。生体情報のイメージング技術開発、高感度なバイオチップや有機発光素子の開発に向けて、国内外の大

学や企業との共同研究にも積極的に取り組んでいる。

(つくば中央第2)

研究テーマ：テーマ題目3 (c-2)

メゾ構造制御グループ

(Mesoscopic System Group)

研究グループ長：阿澄 玲子

(つくば中央第5)

概要：

- ・目的：各種材料（有機・無機・微粒子など）の精密な構造制御や集積化に起因する機能発現を軸に、センシングデバイスをはじめとした高感度・簡易・軽量の光／電子デバイスの開発およびそれに付随する計測評価技術の開発を行う。
- ・研究手段、方法論：導波モード、表面プラズモンモードを用いたセンシングシステムにおけるさらなる高感度化と装置の小型化を目指し、当グループの保有技術である微細加工技術や材料の自己組織化技術を駆使して標的化合物の吸着部・感度増幅部の構造の最適化を行っている。また、有機合成や薄膜作製技術・印刷技術を用いて、塗布製膜などの簡便な方法での電子・光デバイスの作製技術の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目3 (c-1)

超伝導エレクトロニクスグループ

(Superconducting Electronics Group)

研究グループ長：永崎 洋

(つくば中央第2)

概要：

- ・目的：情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけた、新奇超伝導材料の物質開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導機構解明、およびそれらの知見に基づく新機能超伝導デバイスの提案と技術開発を推進し、超伝導研究におけるフロンティアを開拓する。
- ・研究手段、方法論：高压合成法をはじめとする先進的物質合成手法と理論予測、更には高压下物性測定を組み合わせることにより、より高い性能を有する超伝導体、従来にはない性質を示す超伝導体の開発を行う。また、高品質単結晶試料を用いた系統的物性評価を通して、銅酸化物、鉄ヒ素系に代表される高温超伝導体の超伝導発現機構を明らかにする。得られた知見を元に、同物質群を対象とした電子デバイス・線材プロトタイプを試作し、超伝導エレクトロニクス開発への指針を確立する。

研究テーマ：テーマ題目4 (d-2)

酸化物デバイスグループ

(Oxide Electronics Group)

研究グループ長：阪東 寛

概要：

- ・研究目的：低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、非鉛系圧電体、高導電性酸化物、透明酸化物半導体など、機能性酸化物電子材料の新機能開拓をめざし物質開発をすすめた。また、独自実験技術知財の製品化普及を行った。
- ・研究手段：薄膜接合形成にはレーザーアブレーション法等を、物質開発における単結晶育成にはフローティングゾーン法、物性発現機構の解析には角度分解光電子分光法をはじめとする研究手段を用いた。
- ・方法論：(Na, K) NbO₃ (NKN) を母材とし正方形／菱面晶相境界 (MPB) を形成することによって従前の鉛系 PZT に匹敵する圧電特性を実現した鉛フリー圧電体において、微量元素添加による局所構造及び強誘電ドメインの制御を試み、微量の Mn、Ce の添加が特性向上に有効であることを見出した。また、NKN 母材薄膜の酸化物基板上におけるエピタキシャル成長に成功した。ペロブスカイト型酸化物薄膜電界発光 (EL) の開発を継続し、(Ca_{0.6}Sr_{0.4}) TiO₃:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光を確認した。角度分解光電子分光法の高分解能化を進め、不足ドーパ Bi2212 の Tc < T < T* 温度域において観測される「フェルミアーク」が、対破壊プロセスによるギャップ端からフェルミエネルギーへの状態密度のシフトに起因するとする解釈を提起した。また、実験技術知財の製品化普及を進め、双回転楕円体面鏡型光学系 STAR GEM、小型単結晶育成装置 iAce、極低温超高真空用6軸非磁性マニピュレータ iGONIO-LT、超高真空マイクロプローバ iMPC 等に加え、超高精度超高真空用中空回転導入機 iRS を新たに製品化した。

研究テーマ：テーマ題目4 (d-1)

強相関エレクトロニクスグループ

(Correlated Electronics Group)

研究グループ長：澤 彰仁

(つくば中央第4)

概要：

- ・目的：新しい電子デバイス動作原理である強相関電子系の電子相制御技術の開発と、それに基づく不揮発性メモリや低消費電力スイッチなど低環境負荷の革新的デバイス技術の開発を行う。
- ・意義、当該分野での位置づけ：原理的にサイズ効果のない強相関電子系の電子相転移を外場により制御する技術を確立し、半導体デバイスのスケールング限界を超えた領域で動作する低消費電力スイッチ、メモリ等を開発することで、情報通信技術を活用したグリーンイノベーションに貢献する。

- ・国際的な研究レベル：強相関酸化物など金属酸化物の大型・良質単結晶を作製可能なレーザー加熱単結晶作製技術、金属酸化物デバイス開発に不可欠な世界最高性能・最先端の計測解析技術と微細加工技術・設備を有している。

研究テーマ：テーマ題目4 (d-3)

【テーマ題目1】光情報技術

【研究代表者】小森 和弘 (副研究部門長)

【研究担当者】小森 和弘、土田 英実 他
(常勤職員9名、他6名)

【研究目的】

a-1) ナノフォトニクス技術による超小型光素子・光集積回路開発

次世代の省エネルギー・大容量光情報通信、特に光インターコネクション用の光・電子融合デバイスおよび光電子集積技術、光計測・制御技術を開発することを目的とし、高品質な半導体ナノ材料・ナノ光構造の作製技術、および有機・ポリマー材料技術を基に、次世代光源・光増幅素子、光スイッチ・光機能素子のプロトタイプ試作、実証を行う。

平成23年度は、集積用レーザー光源として量子ドット面型レーザーおよび縦型DFBレーザーの設計を行い最適構造を見出した。また、最適な量子ドットDFBレーザーを実際に作製し、レーザー発振を得た。また、ポリマー光回路用の送信用光源として、ポリマー光回路基板へのLD光源の実装技術の開発に着手した。

有機ポリマー光源・増幅器に関しては、有機結晶pn接合を有した1ミクロン級微小共振器と、バルク薄膜での40V程度でのEL動作は実現できた。また、ポリマー増幅器の活性層に優れた耐久性と発光能を有するチオフェン/フェニレンコオリゴマー結晶を用いる新たなデバイス構造を立案した。活性層に影響を及ぼさない温度範囲での上記化合物の結晶化の最適条件を抽出し、190℃での熱処理が、得られる結晶ドメインサイズと処理時間から最適あることがわかった。

a-2) 次世代コヒーレント伝送のための光信号処理・計測技術の開発

進展著しいコヒーレント伝送の大容量化、高度化に資する光信号処理・計測技術の研究開発を進める。平成23年度は、コヒーレント受信の基盤となるキャリア抽出技術の開発、及び高分解能スペクトル計測技術の性能評価を行った。注入同期を用いたキャリア抽出方式を検討し、スレーブ光源と注入光学系を整備し、無変調信号光の入力による同期を確認した。独自のスペクトル計測技術である周回型遅延自己ヘテロダイン法について、性能限界を明らかにするとともに、分解能向上のための新たな手法を開発した。

a-3) 量子暗号・情報通信技術の高度化

情報通信のセキュリティ向上に資するため、光通信

波長帯における量子もつれ発生・制御技術、及び波長多重量子暗号通信技術の開発を行う。平成23年度は、長さ1mmの擬似位相整合型ニオブ酸リチウム導波路を用いて、中心波長1.55 μm の4波長量子もつれ光源を試作し、信号対雑音比測定による超伝導光子検出器の動作最適化を行い、連続光励起のもとで量子もつれの品質を表す指標である忠実度98.5%を得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光インターコネクション、フォトニック結晶、ナノ構造デバイス、量子ドット、有機レーザー、ポリマー光導波路、ポリマー光増幅器、コヒーレント光信号処理、光変調フォーマット変換、光信号波形計測、量子もつれ光子対、光子検出、量子暗号通信

【テーマ題目2】レーザー基盤および省エネルギー型レーザー加工

【研究代表者】新納 弘之 (主幹研究員、兼、レーザー精密プロセスグループ長)

【研究担当者】鳥塚 健二、佐藤 正健 他
(常勤職員11名、他9名)

【研究目的】

b-1) 省エネルギー型レーザー加工技術

硬質で加工が難しい透明材料ならびに超軽量構造材である炭素繊維複合材料に対する省エネルギー型高速加工の実現によってグリーンイノベーションに貢献する。

平成23年度には、

炭素繊維強化複合材料の高品位・高速のレーザー加工技術に関して、高出力レーザー装置を用いた切断・接合プロセスの基礎検討を行い、加工制御因子把握を行った。さらにレーザー誘起背面湿式加工法等を駆使したオンデマンド加工における省工程化処理を検討し、プロトタイプ機の開発に成功した。

b-2) レーザー基盤技術

アト秒も視野に入れた超短光パルスの発生・制御・計測のフロンティア技術を開拓し、超高速技術を先導し、先端レーザー応用研究を支える精密計測器を開発する。

平成23年度には、

位相多値光通信や加工、改質に関わる高光強度過程を対象とした高精度計測に向けて、パルス揺らぎを参照光との混合によって測定する技術を開発し、光路長28mの3段ファイバー増幅器において揺らぎ42fsを計測した。また、増幅超短パルス光による光電子放出信号を検出するとともに防振等によって相互相関測定の精度を向上し、干渉効果から0.3fs以下の分解能を確認した。多波長レーザーについては、励起光として繰返し400kHz、出力2W、2系統の高出力緑色超短パル

ス出力を得て、850nm 及び637nm の2波長同時パラメトリック増幅に成功し、それぞれ0.26及び0.25マイクロジュールの出力を得た。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス、計測・計量標準

【キーワード】 超短パルスレーザー、高品位・高速レーザー加工

【テーマ題目3】 高感度センシング

【研究代表者】 阿澄 玲子

(メゾ構造制御研究グループ長)

【研究担当者】 栗津 浩一、金里 雅敏、阿澄 玲子、白井 智宏 他

(常勤職員17名、他9名)

【研究目的】

食や環境の安全安全、健康の維持に関心が高まっている今日、新たなセンシング技術を開発し、これまでに見えなかった危険、有害物質、日々の健康状態などをセンシングする技術が求められている。例えば、今後特にアジアで水が不足すると言われており、既に汚水等を再生して飲料水にする技術も開発されている。同時にそのような水の安全性には問題もあると指摘されている。国内においても水源付近の農場やゴルフ場に散布される農薬、牧場から水源へと流出する汚水、アオコの発生など水源の安全を脅かす事例も多々発生している。個人がこれから食しようとする食物においても、残留農薬、微量重金属といった有害物質をその場で見ることは不可能であるが、実際に規制値よりも高い濃度の有害物質が検出されることがあることはよく知られている。

センシング3研究グループは、無機材料、有機材料、酸化物材料などの材料研究、あるいは補償光学、近接場光学、ナノフォトニクスと研究をこれまで行ってきた。これらの知見をもとに、社会の要請の強い安心安全な社会の基盤となるセンシングという一つの目標に向かって研究を集中化させている。これまでの学問分野を融合させ、互いに連携させることで新概念を発見し、産総研オリジナル技術として強い特許を取得し、あるいはノウハウ化させるという知財戦略をとっていく。その後極めて短期間で応用研究へとフェーズを切り替えて、実用化を目指す研究を行っている。

c-1) メゾ構造制御によるセンシング技術に関する研究

メゾ構造制御研究グループでは導波モードセンシングという新概念を提案し、高感度、温度安定、小型化可能といった特徴を生かして競合する他のセンシング手法では達成できない測定を実現してきた、例えば、インフルエンザ亜種の同定、微量重金属の検出などがあげられる。光ディスク型センシングでは、これまでに培った光ディスク技術とウイルスや病虫の検出という全く異分野への適応に目途が立ってきている。さらに所内情報技術研究部門画像認識技術グループとも連

携を行ない、情報科学とも融合させた新原理センシング開発を開始している。

c-2) テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究

分子フォトニクス研究グループは光画像計測研究グループと連携し、テーラード分子による生体情報イメージング技術に関する研究を開始している。これまでに両グループで培ってきた産総研の技術である水溶液中でも消光のおこらない発光性金属錯体の開発技術と、新規レーザー顕微鏡を用いた光計測技術との融合によるセンシングである。

センシング技術では、技術的に優れていることが **de fact standard** になるとは限らないので、国際標準化戦略お念頭に置きながら研究を進めていくことが重要となる。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 センシング、安全安心、光計測、QOL

【テーマ題目4】 新原理エレクトロニクス

【研究代表者】 柏谷 聡 (主任研究員)

【研究担当者】 阪東 寛、永崎 洋、澤 彰仁 他
(常勤職員25名、他6名)

【研究目的】

高温超伝導や強相関酸化物、有機半導体を中心に、新しい機能性材料の研究を行う。シリコン半導体の限界を超えた極限的な省エネルギーデバイス技術を探求し、グリーンイノベーションに貢献する革新的な電子デバイスの開発を推進する。主な研究課題は下記の通りである。

d-1) 低環境負荷酸化物デバイスの開発および機能性酸化物電子材料の新機能開拓

低環境負荷酸化物デバイス技術の基盤確立をめざして、透明酸化物半導体の薄膜、接合を形成する技術の開発と共に、非鉛系圧電体、高導電性酸化物など、機能性酸化物電子材料の新機能開拓をめざし物質開発をすすめた。また、独自実験技術知財の製品化普及を行った。

- ・鉛フリー圧電材料の実用化に向けた特性向上を進め、 $(\text{Na}, \text{K}) \text{NbO}_3$ を母材とする鉛フリー圧電セラミックスにおいて、微量元素添加による局所構造及び強誘電ドメインの制御を試み、その有効性を確認した。
- ・ペロブスカイト無機 EL 技術の開発を継続し $(\text{Ca}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}) \text{TiO}_3:\text{Pr}$ を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光を確認した。
- ・独自実験技術知財の製品化普及を進め、新たに超高精度超高真空中空回転導入機 **iRS** を製品化した。

d-2) 先進機能超伝導材料の開発と新規超伝導応用の開拓

情報通信・エレクトロニクス技術の革新にむけ、卓

越した機能を有する超伝導材料の開発、理論・実験両面からのアプローチによる高温超伝導発現機構解明、およびそれらの知見に基づく新規超伝導応用の提案とその実現に向けた技術開発を推進する。

平成23年度は下記のような成果が得られた。

- ・新物質探索：新たな鉄系超伝導体 ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_{5-y}$) (Fe_2Pn_2) (Pn As and P) を発見した。転移温度はそれぞれ30.2K (Pn=As) および16.6K (Pn=P) であった。
- ・良質単結晶試料合成、デバイス・応用開発： BaFe_2As_2 をベースとする超伝導体単結晶試料の作製法を開発し、磁場中における超伝導特性等、その応用ポテンシャルを評価した。

d-3) 強相関材料を用いた電界効果素子および不揮発性メモリの開発

情報通信技術を活用したグリーンイノベーションの推進に必要な低環境負荷デバイスの開発を目的に、強相関電子系の電子相制御という新動作原理に基づく革新的な低消費電力デバイスの研究開発を行う。

平成23年度は下記のような成果が得られた。

- ・エピタキシャル圧縮歪を加えた電子ドープ型 Mn 酸化物 CaMnO_3 をチャンネルとする電気二重層トランジスタを開発し、低温で約1000倍、室温で約10倍の抵抗変調に成功し、室温で動作するモットトランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。
- ・強誘電体 BiFeO_3 を用いた強誘電抵抗変化メモリを開発した。一般的な不揮発性メモリであるフラッシュメモリよりも高速かつ小さな電圧でデータ書換えと、 10^6 回以上のデータ書換えと 10^5 秒以上のデータ保持を実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】酸化物エレクトロニクス、超伝導、強相関エレクトロニクス

⑫【社会知能技術研究ラボ】

(Social Intelligence Technology Research Laboratory)

(存続期間：2010. 2. 1～2012. 3. 31)

研究ラボ長：橋田 浩一

所在地：臨海副都心センター

人員：7名 (7名)

経費：147, 171千円 (54, 326千円)

概要：

本研究ラボのミッションは、公共的価値の創造に資する技術と知見を創出することによって国民の幸福の増進に貢献することである。公共的価値の創造とは、特定 (の種類) の事業者の利益ではなく社会全体にお

ける富の水準の向上である。それには、個人やコミュニティや組織などあらゆるステークホルダーが価値の評価基準や関連する情報を共有して制度 (規則や慣習や文化や設備) の設計や運用に参画し協調して仮説検証を続ける必要がある。

このように社会と融合した仮説検証による知識創造を ソーシャル e サイエンス (social e-science) と呼ぶ。e サイエンスとは知識やデータや人材や装置などの研究資源を情報ネットワークで共有して協働することによる科学研究のことだが、これまでに e サイエンスが対象としてきた研究分野は日常の生活や業務との関係が希薄であった。ソーシャル e サイエンスとは、研究資源を一般社会と共有し社会全体と融合した e サイエンスである。つまり、社会科学に関する e サイエンスではなく e サイエンスの社会化であり、制度設計など社会科学に関連するテーマだけでなく疫学や気象学や生態学にも及ぶ。それによって科学的根拠に基づく 社会 (evidence-based society ; 科学的根拠を最大限に意思決定に活用する社会) を構築し、公共的価値を高める科学的な知識創造を社会全体で推進することが、複雑化し多様化する諸問題に対処し、社会の持続可能な発展を担保するために必須と考える。

ソーシャル e サイエンスを実践するには、市民や組織が自らデータを取得・作成・蓄積・管理し、それを社会的に共有し再利用する仕組みを整備する必要がある。これにより、製品やサービスを適正な評価に基づいて選択できるように利用者を支援するなどの、公共的なサービスの実現を目指す。ソーシャル e サイエンスを推進する上での主たる課題は下記の2点と考えられる。

●データを明確に構造化して統合することにより検索・分析する。

高い精度でプライバシーを保護しつつ情報を検索・分析するには、それに適したデータの標準的な形式が必要である。標準的な形式への正規化 (センサデータのキャリブレーション等も含む) によって多様なデータを統合する必要があるが、それにはもとのデータが明確に構造化されていなければならない。そのような構造化は、一次利用と二次利用等を含む情報のライフサイクル全体の価値を最大化するようになされるべきである。

●社会の全成員が日常的にデータを作成・蓄積・活用・共有する。

日常の生活や業務の一環として仮説検証サイクルを回すには、そのための情報をあらゆる個人や組織が生成し活用することが望ましい。特に、バンダーロックインを防いで市場の公共的価値を高めるには、サービスの利用者の自律性を高めてサービスを自由に選択できるようにする必要がある。また、多くの個人から個人データを収集したりセキュアに管理したり第三者に

開示したり二次利用したりするのはコストがかかる上に個人情報保護上の懸念も大きい。したがって、大量の個人データを社会的に共有し再利用するためにも、個人が本人のデータを蓄積・管理し、自らの判断でそれを（匿名化して）開示する環境を整備すべきである。

これらの要請を満たす広義の制度を設計・実現・運用・改良するための方法と情報通信ツール群とのパッケージである**社会知能フレームワーク**を開発する。前者の方法は、社会的相互作用をモデリングするための理論や、制度を導入・改良するためのプロジェクト管理の手法等からなる。後者のツール群は**センシング基盤**、**コミュニティ基盤**、**データ運用基盤**からなる**社会知能基盤**である。センシング基盤は、各種のセンサ情報を取得し、それを先進的なアルゴリズムで解析することにより、高度な情報サービス提供を支える。コミュニティ基盤とは、人間同士の協働を支援する技術群である。これらはそれぞれ、狭義の情報技術だけでなく、人間同士の協働に関する規程やガイドラインからなる。データ運用基盤は、センシング基盤およびコミュニティ基盤において生成されるデータを収集して蓄積・管理・分析するための諸技術からなる。

Cyber Physical System や Smarter Planet や Big Data など、大量のデータを社会的に集約し分析することによって活用しようという試みが情報技術の大きな潮流をなしつつある。ソーシャル e サイエンスはその流れの中に位置付けることもできるが、データの流通と共有に関する明確な戦略を特徴とする。従来の Cyber Physical System 等においては、多様な形式のデータを正規化する（センサデータのキャリブレーションやデータ形式の統一を行なう）ための実際的な技術や、個人データを社会的に集約するための広義の制度については体系的に論じられていなかったが、当ラボでは、上記のデータ運用基盤の一環として、**集合的標準化**や**個人生活録**（PLR）の技術を開発することによってこれらの課題にアプローチする。集合的標準化は、多種の個別的データと標準形のデータの間での変換法を社会的に共有・共創する方法であり、個人生活録は個人が本人のデータを取得・蓄積・管理しサービス提供者に開示することによって社会的に共有・再利用するためのツールである。これらによってデータの可搬性を担保し、サービスや商品の自由な選択を可能にするとともに、サービス提供のコストを低減し、またサービスの価値を向上させるとい意味で、市場の参入障壁を低下させ社会的価値の増大を図る。

外部資金：

総務省 平成23年度戦略的情報通信研究開発推進制度
「ハニーポットとバイナリコード解析の連携によるネットワーク攻撃の自動防御技術に関する研究」

文部科学省 平成23年度科学研究費補助金 基盤研究
(B)「実践の物語化による病院看護サービスの熟達を支えるオントロジー駆動分析エンジン」

文部科学省 平成23年度科学研究費補助金 基盤研究
(C)「形式的検証とウェブオントロジーの融合による大規模情報システム設計支援」

発表：誌上発表19件、口頭発表26件、その他2件

【テーマ題目1】公共的なサービスの研究

【研究代表者】橋田 浩一

【研究担当者】橋田 浩一、森 彰、和泉 憲明、
Peter Geczy、江渡 浩一郎、
橋本 政朋、泉田 大宗、澤井 雅彦、
高岡 大介、タム ワイロク
(常勤職員5名、他6名)

【研究内容】

最近の経営学やマーケティング科学においてもしばしば論じられているように、今後、民間企業を含む組織の持続可能性を担保するためには、その組織が社会の中の他のステークホルダと共有する価値を創造するという意味において公共的価値の増大に貢献する必要がある。そこで当ラボでは、個人やコミュニティや組織などあらゆるステークホルダが価値の評価規準や関連する情報を共有して制度（規則や慣習や文化や設備）の設計や運用に参画し協調して仮説検証を続けるための技術と方法論を開発する。このように社会と融合した仮説検証による知識創造をソーシャル e サイエンス（social e-science）と呼ぶ。ソーシャル e サイエンスを実践するには、市民や組織が自らデータを取得・作成・蓄積・管理し、それを社会的に共有し再利用する仕組みを整備する必要がある。これにより、製品やサービスを適正な評価に基づいて選択できるように利用者を支援するなどの、公共的なサービスの実現を目指す。

Cyber Physical System や Smarter Planet や Big Data など、大量のデータを社会的に集約し分析することによって活用しようという試みが情報技術の大きな潮流をなしつつある。ソーシャル e サイエンスはその流れの中に位置付けることもできるが、データの流通と共有および市民の参画に関する明確な戦略を特徴とする。当ラボでは、**集合的標準化**、**個人生活録**（PLR）、**議論支援**などの技術を開発することによってこれらの課題にアプローチする。集合的標準化は、多種の個別的データと標準形のデータの間での変換法を社会的に共有・共創する方法であり、個人生活録は個人が本人のデータを取得・蓄積・管理しサービス提供者に開示することによって社会的に共有・再利用するためのツールである。議論支援は、立論の構造を明示し共有することにより、市民が議論による仮説検証に参画することを容易にする技術

である。

平成23年度においては、屋内測位システムは、横浜市ランドマークプラザにおいて頑健に動作することの検証を行った。遠隔生体見守りシステムについては、産総研技術移転ベンチャー IDUR (株) に技術移転し、平成22年度後半に新潟県見附市において実用化し、現在も利用されている。平成22年度までに「座る・立っている」「横になっている」「運動している」「歩く」「走る」「歩行速度」「転倒」の識別が可能となっている。

スマートライフスタイルシステムに関しては、秋葉原事業所と臨海副都心センターで情報住宅実証実験設備 UBRoom を構築・運用し、ネットワーク接続された情報家電および住設機器 (20台超) と住人行動把握のためのセンサ (50台超) を意味指向のミドルウェアによって制御することで、話し言葉やジェスチャによる遠隔制御や、住人の生活行動に応じた自動制御を可能にするシステムを構築した。これに関連して、ユーザ端末の ID を開示せずに任意の機器と動的にペアリングし遠隔制御可能とする技術について、特許2件を取得した (登録番号 4735972 (H23/5/23) および 特願 2007-050736 (H23/7/26 特許査定済))。

AIST 包括フレームワークは、産総研の新しい情報システムの開発プロジェクトにおいて開発し運用したものを、産総研技術移転ベンチャー ピースミール・テクノロジー (株) に実施許諾することによって自治体等に提供し、すでに人口にして1000万人に近い自治体への普及が視野に入っている。

集合的標準化の原型として、Web ブラウザの拡張機能を多数の Web サイトに適用するためのスクリプトを集合知によって共創するサービスである Wedata の運用を続け、その利用者が150万人に達した。また、集合的標準化の応用として、多数の自治体等の機関がばらばらの表形式で公開している放射線量のデータを正規化するスクリプトを簡単に作れるようにするインタフェースを開発・公開し、放射線量のデータを大量かつ持続可能な仕方ですべて統合する基盤を構築した。

未知のネットワーク攻撃への対処については、攻撃プログラムのバイナリコードを実行させることなく静的に解析し、実際に観測することが困難な悪意ある振舞いまでも同定できるようになったことは、防御能力の向上という観点から大きな進歩であった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ソーシャル e サイエンス、集合的標準化、個人生活録、議論支援

⑬【強相関電子科学技術研究コア】

(Research Core for Correlated Electrons)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究コア代表：澤 彰仁

所在地：つくば中央第4、つくば中央第2

概要：

本研究コアのミッションは、産総研にて開発された強相関電子科学技術を継承・発展させ、第1種基礎研究から応用研究までの総合的な研究を行うことにより、次世代のナノエレクトロニクスに資することを目指すことにある。また、強相関電子科学技術フォーラムにおいては、機関間共同研究の中心的な役割を果たすとともに、フォーラムの運営にあたる。研究コアメンバーは、本年度においては、電子光技術研究部門、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、ナノデバイスセンターならびにナノシステム研究部門から構成され (常勤職員22名、契約職員14名)、分野横断的に跨った体制となっている。

本研究コアでは、強相関電子材料を次世代の統合的な電子技術のひとつの新しい核とすることを目標に、先端的な物性物理科学研究とその産業化を一体化させた強相関エレクトロニクスの研究開発を推進する。具体的には以下の研究課題を設定し、研究開発を進める。

- ・強相関不揮発性メモリ：二元系遷移金属酸化物を用いた抵抗変化型不揮発性メモリ (ReRAM) や不揮発性ロジックを主なターゲットとして、企業と共同で材料最適化、高集積化技術の開発、及び製品化のためのプロセスインテグレーションを一貫して行い、その産業化を推進する。
- ・強相関界面機能：遷移金属酸化物薄膜のエピタキシャル接合界面におけるスピン・電荷交差相関現象を利用し、電界スピン制御、磁気分極制御など、電子・磁気機能を融合させた革新的な酸化物エレクトロニクス素子・スピントロニクス素子を開発する。
- ・強相関フォトエレクトロニクス：高性能有機半導体材料の開発、分子間電荷移動を用いた界面高機能化とその評価技術の開発、及び有機エレクトロニクスをシリコンエレクトロニクスに融合させるための新規プロセス技術の開発を行い、高度有機エレクトロニクスを実現するための基盤技術を開拓する。
- ・強相関物性制御：光・磁気・伝導機能融合型の新規遷移金属酸化物バルク材料の開発と電子機能の開発、及び各電子機能の組成・格子パラメータによる最適化を行うとともに、各課題にフィードバックする。さらに、これら多彩な電子機能を発現する強相関電子材料によるデバイス開発を加速するため、これに不可欠となる①ナノスケール磁気評価技術、②超精密構造解析技術、③格子パラメータ制御技術等の最先端計測解析技術を開発・拡充する。本年度においては、下記のような成果が得られた。
- ・エピタキシャル圧縮歪を加えた電子ドープ型 Mn 酸化物 CaMnO_3 をチャンネルとする電気二重層トランジスタを開発し、低温で約1000倍、室温で約10

倍の抵抗変動に成功し、室温で動作するモットランジスタの開発に必要な要素技術の一つを確立した。

- ・強誘電体 BiFeO_3 を用いた強誘電抵抗変化メモリを開発した。一般的な不揮発性メモリであるフラッシュメモリよりも高速かつ小さな電圧でデータ書換えと、 10^6 回以上のデータ書換えと 10^5 秒以上のデータ保持を実現した。
- ・新たな鉄系超伝導体 ($\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_{5-y}$) (Fe_2Pn_2) ($\text{Pn}=\text{As}$ and P) を発見した。転移温度はそれぞれ 30.2K ($\text{Pn}=\text{As}$) および 16.6K ($\text{Pn}=\text{P}$) であった。
- ・ BaFe_2As_2 をベースとする超伝導体単結晶試料の作製法を確立し、磁場中における超伝導特性等、その応用ポテンシャルを評価した。
- ・有機半導体単結晶薄膜を形成できる二液混合型インクジェット印刷法の開発に成功し、その結果 $10\text{--}30\text{cm}^2/\text{Vs}$ もの極めて高い移動度を再現性よく実現できた。
- ・第一原理計算により、電子ドープ CaMnO_3 の磁気構造、鉄系超伝導体 $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_6\text{Fe}_2$ (As , P) $_2$ の電子構造、有機強誘電体の自発分極、 Au 薄膜表面上のラッシュバ分裂、 K ドープ・コロネンの結晶構造と電子状態、などに関わる研究を行なった。

その他、研究コアの活動としては、外部講師を招いた研究討論会として強相関コアセミナーを2回開催するとともに、コア内部の研究討論会である強相関コアミーティングを9回主催し、強相関エレクトロニクスに係わる研究テーマについて議論を深めた。

⑭【ナノデバイスセンター】

(Innovation Center for Advanced Nanodevices)

(存続期間：2011. 4. 1～)

センター長：秋永 広幸

次 長：堀川 剛

総括主幹：森 雅彦

総括主幹：秦 信宏

所在地：つくば西、つくば中央第2

人 員：10名 (10名)

経 費：2,725,262千円 (1,067,268千円)

概 要：

1. ミッション

ナノデバイスセンターの理念は、わが国がたゆまなく活力ある経済活動を維持し続けるために、産学官連携によるオープン・イノベーション創出のための「協創場」を構築することである。そして、その「協創場」において、戦略的な産学官連携によるネットワーク形成を先導し産業科学技術にかかわる知の財産の蓄積とそれらの適切な活用と普及を促進す

ること、さらに次世代の経済成長を支える新産業分野・技術の創出のための人材を育成することを任務としている。ナノデバイスセンターは、この理念を実現するために、以下の3つのミッションを掲げる。これらは、つくばイノベーションアリーナ構想におけるコアインフラ「ナノテク共用施設」「ナノデバイス実証・評価ファンドリー」「ナノテク大学院連携」の主体として、コア研究領域も含めた構想全体の推進を担うためのミッションでもある。

- (1) 最先端研究インフラストラクチャーの整備と活用
世界の最先端を拓き世界的な価値を創造する産学官の研究人材を産総研に集結させるためには、投資価値以上の対価を提供する魅力ある最先端研究インフラが必要である。ナノデバイスセンターは、最先端の技術とノウハウそして装置を集約し、科学知識の迅速で効率的な産業化、異分野融合と研究人材の交流を促進するインフラストラクチャーとして整備するとともに、その適切な活用を推進する。
- (2) 協創場の構築とオープン・イノベーションの推進
研究開発拠点が多様なユーザーにとってのイノベーション・エンジンとなるためには、ユーザーからの高いアクセシビリティを確保すると同時に、激しい研究開発競争の場としての環境整備も必要である。ナノデバイスセンターは、産学官、様々な産業分野、様々な研究開発フェーズを担う人材が創発的研究開発を推進する協創場を構築し、産総研のオープン・イノベーションハブ戦略を主体的に担う。
- (3) 産業技術研究と人材育成の一体化

技術経営力の強化に寄与する人材を養成するためには、最先端研究インフラストラクチャーをコアとした協創場において、研究開発と一体化させた実践的人材育成を実施する主体が必要となる。ナノデバイスセンターは、研究開発拠点としての求心力と連携力を生かした研究ネットワークにおける人材の流動化を促進し、次世代の産業を担う国際的な人材輩出拠点となることを目指す。

2. 協創場の構築とオープン・イノベーションの推進を図る方法論

ナノデバイスセンターが、西事業所スーパークリーンルーム (SCR) と第2事業所ナノプロセッシング施設 (NPF) を中核コアインフラとする協創場を構築し、オープン・イノベーション創出を推進するにあたっては、以下にあげる3つの方法論の確立と具体的な実行を目指す。

(1) 相補的協業：主に SCR が担う

生産に容易に展開可能な標準化されたプロセスによるインテグレーション実証、あるいは集積機能の実証を、パートナー企業との協業により実施する。ユーザーサイドからの価値を、研究開発成果を市場化する期間とコストの短縮に置く。

(2) 多様性確保：主に NPF が担う

様々な研究開発とその成果を集約し、異分野融合の場を確保することにより、創発的イノベーションを推進する。国サイドからの価値を、イノベーションの不確実性に対する対応力の強化に置く。

(3) 複雑性管理：

材料、プロセス、デバイス設計・評価等に関わる個別技術モジュールの標準化を進めるとともに、基幹的デバイス群については個別技術モジュールを組み合わせあらかじめシステム化することで、ユーザーによる多様な要求に対応する。実証開発を通じて技術モジュールの増強、高度化及びシステムの再構築を継続的に行うことで、システムの持つ潜在的イノベーション能力を高める。また、得られた知識を様々なユーザーに流通させ、その社会適用度を高める。産総研サイドからの価値を、課題解決に向けた最適選択機会の持続的な確保に置く。

3. 事業実施の方針

平成23年度は、次にあげる3点に重点を置いた。

(1) 震災復興／インフラ基盤の強化と復興

当センターは多数のユーザーとパートナー機関が利用する施設・装置を管理しているが故に、それらの方々と機関の研究開発に大きな影響が出ないように、被災した SCR、NPF の迅速な復旧に努めるとともに、産総研内他ユニットとの連携をより一層強化することで、産総研全体のスペース利用効率の向上、関連インフラ基盤の高度化を進めた。

(2) 震災復興／人材育成スクールの継続

ナノデバイスセンター、主に NPF においては、要素技術習得機会提供を目標にした短期人材育成スクールや製造技術の高度化を図る人材の育成を目標とした中長期人材育成スクールを開催してきた。インフラ基盤の復興を進めつつ、これらの事業を、当センターのミッションである「産業技術研究と人材育成の一体化」を推進する具体的なアクションプランとして継続して実施した。産総研外部の人材に対して実習を行う機会を持つことは、当センターの人材を育成するためにも極めて有効であり、人材育成スクールは相互触発の場となっていることから、その継続性を重視した。

(3) ユーザー創造

当センターの理念とミッションを産総研内外に積極的に発信し、新たなユーザーとパートナー機関を創造することに努めた。

内部資金：

「革新的次世代 TCAD プラットフォームの開発」

外部資金：

経済産業省「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力

事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」

文部科学省「ナノプロセッシング・パートナーシップ・プラットフォーム（超微細加工・計測・分析支援とその技術者養成によるイノベーション創出）」

主な SCR 活用事業

- (1) 最先端研究開発支援プログラム：フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発。Institute for Photonics-Electronics Convergence System Technology (PECST)。技術研究組合光電子融合基盤技術研究所 Photonics Electronics Technology Research Association (PETRA) との連携。
- (2) 最先端研究開発支援プログラム：量子情報処理プロジェクト。
- (3) 連携研究体 グリーン・ナノエレクトロニクスセンター。Green Nanoelectronics Center (GNC)。最先端研究開発支援プログラム：グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発。
- (4) 最先端研究開発支援プログラム：省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発。Center for Spintronics Integrated Systems (CSIS)。
- (5) 超低電圧デバイス技術研究組合 Low-power Electronics Association & Project (LEAP)
- (6) 株式会社 EUVL 基盤開発センター EUVL Infrastructure Development Center, Inc. (EIDEC)

NPF のユーザー数と登録機関数

- (1) 登録ユーザー数 1221名（2012年4月3日現在）
産総研内部ユーザー：413名
産総研外部ユーザー：808名

発表：誌上発表15件、口頭発表40件、その他1件

事業推進室

(Nano Device Developing Office)

室長：高野 史好

(つくば中央第2)

概要：

事業推進室は、微細加工をはじめとするナノテクノロジーの研究開発に欠かせない技術を共用設備として広く社会と共有することにより異分野融合イノベーションの創出を加速するプラットフォームを提供している。具体的にはナノプロセッシング施設 (Nano-Processing Facility, NPF) と機能性酸化物グリーンナノテクノロジー研究拠点 (Platform for Green Functional-Oxide Nanotechnology, GreFON) を運営して i 線露光装置、集束イオンビーム加工・観察装置、電子線描画装置、マスクレス露光装置、反応性イ

オンエッチング装置、電子ビーム蒸着装置をはじめとする四十数種類の設備を保有して、技術相談、装置利用トレーニング、装置利用、技術代行、共同研究などの技術支援をするとともに、スクール、実習、製造現場実習を開催して実践的な産業科学技術人材の育成を行っている。平成23年度末時点において利用登録ユーザー数は1,221名、登録機関数は326機関であり、その内大企業137社、中小企業72社を達成した。

研究テーマ：テーマ題目3

設計評価室

(Device Design and Analysis Office)

室長：井上 靖朗

(つくば西 SCR)

概要：

設計評価室は、最先端の分析技術およびコンピュータ・シミュレーション技術によって、ナノエレクトロニクス分野で研究されている新規デバイスの開発をサポートしている。このために計算論的デバイス設計プラットフォーム (Computing Device Design and Characterization Platform for Nanoelectronics: C2PN) と呼ぶ研究開発をサポートする環境の構築を進めている。具体的には最先端の分析ツールとしてヘリウムイオン顕微鏡及び収差補正付き走査型透過電子顕微鏡を保有しており、新規材料や新規構造、新原理を有するナノデバイスの構造解析を行う計測分析環境を提供するとともに、継続的にその分析技術力の高度化を推進している。また、産総研のコンソーシアムとして「TSC ナノエレクトロニクス計測・分析技術研究会」を運営し、幅広く分析技術の活用展開をサポートする仕組みを立ち上げている。一方、実際のナノデバイスの研究試作と並行して、デバイス構造の最適設計を計算論的に行うコンピュータ・シミュレーション環境を構築することによって、効率的なデバイス開発を行えるようにしている。

研究テーマ：テーマ題目2

集積実証室

(Integrated Device Processing Office)

室長(兼務)：堀川 剛

(つくば西)

概要：

当室では、つくばイノベーションアリーナにおけるコアインフラの中核である SCR の CMOS プロセス設備群、及びそれらを用いて構築される先端プロセス技術モジュールを基に、ナノ CMOS、バックエンドデバイス、シリコンフォトニクス、カーボンエレクトロニクス、スピントロニクス、及び先端リソグラフィ等のナノエレクトロニクスの先端的なコア研究にかかわるプロジェクトや共同研究の受け手となり、デバイ

ス実証に必要となるプロセス技術を提供するとともに、集積技術の高度化を通じて次世代のデバイス研究開発を担う集積プラットフォームの構築を行っている。

本年度は、PECST プロジェクト、量子情報処理プロジェクト、及び GNC、CSIS、LEAP、EIDEC による各プロジェクト、さらに大学、民間企業との共同研究支援を実施した。上半期には、東日本大震災により損傷した SCR 設備群の復旧と夏期の節電運転下の再立ち上げを行い、下半期からは定常的な研究支援を展開した。集積技術の高度化については、高機能の光集積回路デバイスの産業化に貢献することを目的として、最先端微細加工技術を用いたシリコンフォトニクス向け技術プラットフォームとして「集積シリコンフォトニクスプラットフォーム」の構築に着手した。

研究テーマ：テーマ題目1

[テーマ題目1] 集積シリコンフォトニクスプラットフォームの構築とその運用推進

[研究代表者] 堀川 剛 (次長)

[研究担当者] 徳島 正敏、亀井 明夫、福田 浩一、高野 史好、森 雅彦、榊原 陽一、古屋 克己、岡野 誠、河島 整、関 三好、外山 宗博、越野 圭二、横山 信幸、大塚 実、杉山 曜宣、石塚 栄一、佐野 作
(常勤職員10名、他8名)

[研究内容]

本テーマは、集積光回路デバイスの高機能化と産業化に貢献することを目指して、SCR に保有する最先端45nm 技術世代の CMOS 技術をベースに、さらに光技術特有の要素デバイス技術を付け加えることで、高機能の集積シリコンフォトニクスデバイスに向けた技術プラットフォームを構築することを目的とする。

通信及び電子機器の省電力・高速大容量化を可能にする次世代光技術として集積シリコンフォトニクス技術が、欧米の大規模プロジェクト等により精力的に開発されている。また、IMEC (ベルギー)、LETI (フランス)、IME (シンガポール)が研究ファブとして台頭し、200mm ラインにより90-130nm 技術世代の CMOS 技術をベースに集積化技術の蓄積を開始している。一方、国内企業、大学は単体フォトニクスデバイスではトップクラスの成果を出しており、さらに産総研を集中研拠点とする最先端プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発 (PECST)」プロジェクトや文科省プログラム「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」プロジェクトにおいて集積化の検討が進められている。

これらの集積光回路デバイスの研究開発において、高密度・高速の情報伝達速度を実現するために極めて高精度の微細加工技術が必要とされる。しかし、実際に開発

に適用されているリソグラフィは欧米においても90nm技術世代に留まっており、今後の産業化を見据えて最先端リソグラフィの適用による高性能集積光回路の試作実証環境の構築が必要である。すでに、SCR では可変矩形ビーム型の電子ビームリソグラフィを適用し、集積光回路デバイスの動作検証評価を目的とした研究開発が展開されている。本テーマでは、こうした技術開発をベースに、SCR 拠点に保有する最先端リソグラフィと微細加工技術を適用し、さらにフォトニクス特有の要素技術を集積させることで、産業化への展開を可能とする集積シリコンフォトニクスプラットフォームの構築を図る。また、プラットフォーム構築と並行して、シャトル及び事業化サンプル試作などの利用形態に対応した産学の新規開発のために本プラットフォームとして運用に供することで産学の広範囲のフォトニクス研究の高度化にも寄与する。

本年度は、半導体プロセスにおける最先端リソグラフィである液浸 ArF エキシマーリソグラフィをシリコンフォトニクス細線加工に適用することで、レジスト幅のばらつき制御を2nm 程度に低減できること、及びこの高精度の線幅制御はシリコンフォトニクスにおける波長多重技術伝送に向けて極めて有効であることを示した。また、日本電気株式会社との共同研究を通じて、集積光回路と光ファイバーの光信号の接続に必要な光変換器の開発を行い、レンズなどを用いず標準の光ファイバーを直接接続するだけで、シリコンフォトニクス光 IC に高効率で信号光を入出力できる高効率の光変換器の実証に成功した。

【分野名】情報・エレクトロニクス

【キーワード】シリコンフォトニクス、集積光回路、微細加工技術、スポットサイズコンバータ

【テーマ題目2】TCAD ハイブリッド計測ハブの構築とその運用推進

【研究代表者】井上 靖朗（設計評価室）

【研究担当者】富江 敏尚、多田 哲也、福田 浩一、小川 真一、飯島 智彦、石塚 知明、鈴木 爾（常勤職員3名、他5名）

【研究内容】

ものづくりでは、作ろうとしているものが期待通りに出来上がっているか、マクロな視点やミクロな視点での観察が必要であり、さらに電氣的、物理的、機械的な特性などを確認していく必要がある。そのためにいわゆる計測・分析技術と呼ばれる「見る技術」が重要となる。設計評価室では、ヘリウムイオンをプローブとして用いたヘリウムイオン顕微鏡（HIM：Helium Ion Microscopy）と収差補正機能を有する走査型透過電子顕微鏡（STEM：Scanning Transmission Electron Microscopy）、EUV を光源として飛行時間法で光電子分光を行うことを特徴とする EUV 励起光電子分光設備

（EUPS）という最先端の見るための設備と、見ることをサポートするシミュレーション技術を保有しており、計算論的デバイス設計プラットフォーム（Computing Device Design and Characterization Platform for Nanoelectronics: C2PN）と呼ぶ研究開発をサポートする環境の構築を進めており、本テーマでは、それらの技術プラットフォームをイノベーションハブとして構築し、その運用を進めている。

平成23年度は、震災の影響を受け、上記した計測・分析設備の立ち上がりが7月まで掛かったが、以前と同等の世界最高レベルの分解能を回復することができ、西事業所のスーパークリーンルームで研究開発が進められている新規材料や新規構造デバイスの解析に活用展開が始まっており、特に HIM では低ダメージ測定という特徴を生かして、柔らかい材料や有機材料、バイオ材料の分析にも力を発揮し始めている。また、設計評価室で多くの分析装置を抱えることは無理であり、また効率も悪いため、産総研内に設立された「TSC ナノエレクトロニクス計測分析技術研究会」を通して、計測・分析技術の横展開を図ろうとしている。この研究会では、「計測分析技術交流広場」というホームページ（<http://www.tscweb.jp/>）を立ち上げており、計測や分析に係ることにに関して、企業や大学などの研究者の方が疑問に思われることを共有し、専門家が疑問に答えることのできる仕組みを構築しており、産業力強化の一助になることを期待している。

計算論的デバイス設計プラットフォームのもう一つの柱である Computing Device Design に関して、従来の三次元プロセス/デバイスシミュレータの高性能化推進と発展性の獲得を目指して、テクノロジー CAD（TCAD：Technology Computer Aided Design）プラットフォームの構築を目指している。H23年度は、高性能化の一環として、計算処理速度の改善を進め、並列処理による約10倍の高速化の目途を得ている。また新構造デバイスの開発に対応して、新しい物理モデルの組込みによりシミュレーションで最適なデバイス構造の検討が、実際のデバイス開発に先立って進めることができるように活動しており、トンネル型電界効果トランジスタ（Tunnel FET）などで成果が出始めている。

さらに、計測分析技術でリアルに見えない部分を、シミュレーション技術と組み合わせることによって、実際には見えない物理現象を「見える化」する「ハイブリッド計測」と呼ぶ技術開発を進めている。具体的な例として、走査型トンネル顕微鏡（STM：Scanning Tunneling Microscope）による観察において、観察する試料内のトンネル電流の流れ方をシミュレーションし、電流の流れが PN 接合の影響を受けていることを示した。現在、さらに他の分析技術に関しても同様な取り組みを行っている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 計測・分析技術、EUV 励起光電子分光技術、ヘリウムイオン顕微鏡

〔テーマ題目3〕 先端機器共用イノベーションプラットフォーム

〔研究代表者〕 秋永 広幸（センター長）

〔研究担当者〕 秦 信宏、高野 史好、島 久、
三沢 源人、宮田 直之、大塚 照久、
増田 賢一、松野 堅吉、佐藤 平道、
飯竹 昌則、羽山 和美、蜂谷 智央、
山崎 将嗣、真屋 博幸、風間 茂雄、
唐澤 しのぶ、高村 雅美、郭 哲維
（常勤職員5名、他14名）

〔研究内容〕

本格研究が定着し、製品化研究として技術移転が進展、事業者が産総研の研究施設・設備を使って実証的に生産した商品を販売することが、産業化の重要なプロセスとなっている。研究開発力強化法においては、公的機関の保有する研究施設等を事業者が利用できるような施策を講ずるよう定められ、新成長戦略工程表においても「最先端共同研究施設・設備、研究支援体制の整備」が重要な戦略と位置付けられている。これらの社会的要請に応えるために、制度的な対応をとることが必要である。

産総研では、平成13年にナノプロセッシング施設（NPF）を創設し、その後産総研内外に開かれた微細加工・計測の共用施設として運用してきた。現在、NPF と計測フロンティア研究部門が協力して、文科省ナノテクノロジー・ネットワークのもと、ナノプロセッシング・パートナーシップ・プラットフォーム（NPPP）を平成19年度より実施しており、我が国における先端機器共用施設運営の指導的役割を担ってきた。平成22年度からは、文科省低炭素研究ネットワークにも参画している。産総研が保有する研究施設・設備は、多様で幅広い研究領域にわたっている。これらを社会と共有することではじめて産総研の統合力は発揮される。産総研のビジョンを実現し、協創の場としてのフロントエンドとソリューションの提供、異分野融合の促進、産業科学技術人材の育成を実施する。

当プラットフォームは平成21年6月から稼働を開始し、平成22年度は、産総研内外の方々に使い勝手の良いものとするためのポータルサイト改訂などを行った。また、持続的運営を目指し、課金制度の改訂を行った。平成23年度は、TIA 関係ユーザー等から寄せられる長期の支援、また増加する一方のユーザーから寄せられる多様な支援依頼に対応できるよう、施設と制度の更なる整備を進めるとともに、安全・環境対策を重点的に行った。

1. 施設・制度整備（平成21年度：利用申請窓口の一本化／平成22年度：情報発信・共有機能の整備）平成23年度：光熱水とガス給排気ラインの整備、ナノエレ・ナノテクに関する人材育成スクールの実施カリキュラ

ム高度化、諸外国共用施設との連携制度検討を開始した。

2. 適正な課金の見直し：共用施設の活動は、産総研法における技術指導、成果普及の業務として実施し、外部利用者に対しては技術研修と共同研究の制度で運用した。さらに、外部利用者への迅速な対応と研究支援高度化を実施するため、課金制度の見直しを行った。

〔分野名〕 情報・エレクトロニクス

〔キーワード〕 ナノテクノロジー、微細加工、異分野融合、人材育成

4) ナノテクノロジー・材料・製造分野 (Nanotechnology, Materials and Manufacturing)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：金山 敏彦
副研究統括：清水 敏美

概要：

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

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

ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室
(Research Planning Office of Nanotechnology,
Materials and Manufacturing)

所在地：つくば中央第2
人員：6名（5名）

概要：

ナノテクノロジー・材料・製造研究分野における研究方針、研究戦略、予算編成及び資産運営に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整に関する業務、研究分野間の連携の推進、プロジェクトの企画及び立案並びに総合調整に関する業務、経済産業省その他関係団体等との調整に関する業務、研究統括及び副研究統括が行う業務の支援に関する業務などを行っている。

機構図（2012/3/31現在）

[ナノテクノロジー・材料・製造研究分野研究企画室]

研究企画室長 松原 一郎 他

業務報告データ

- ・平成24年度分野重点化課題の選定と予算案の策定
- ・nano tech2012への出展の取り纏め
- ・国プロの立案に向けた総合調整
- ・第3期研究戦略の平成24年度版への改訂
- ・技術研究組合との各種調整

②【ナノチューブ応用研究センター】 (Nanotube Research Center)

(存続期間：2008. 4. 1～)

研究センター長：飯島 澄男
副研究センター長：湯村 守雄
副研究センター長：清水 敏美

所在地：つくば市東1-1-1 つくば中央第5
人員：24名（24名）
経費：453,532千円（280,135千円）

概要：

本研究センターでは、新産業創生で期待されるナノ構造体の代表であるナノチューブ構造体に着目し、これまで産総研において開発してきたカーボンナノチューブと有機ナノチューブを主軸とし、高機能性を付加しそれらの用途開発を進め、我が国の新たな産業育成に貢献する。また、ナノチューブ材料の国際標準化にも貢献する。さらに、ナノチューブ材料を含むナノ構造体の最高性能計測・分析技術の開発を独自に発展させ、世界をリードするナノチューブ材料の総合研究センターへの発展を目指すものである。

これまでの成果をもとに、企業と連携し実用化・産業化を進める。また、カーボンナノチューブと有機ナノチューブの融合を図り、新物質の開発を目指す。すなわち、カーボンナノチューブの実用化・産業化・標準化、有機ナノチューブの実用化・産業化・標準化、ナノチューブ複合材料の創製・実用化、世界最高性能計測・分析技術、ナノチューブ物質の実用化・産業化の研究開発を推進する。

具体的には、以下の研究開発を実施する。

- 1) ナノチューブ材料の実用化・産業化
ナノチューブ大量合成技術のさらなる高度化をベースとして、カーボンナノチューブでは電子材料、高強度構造材料等に向けた用途開発を有機ナノチューブでは薬剤包接材料等に向けた用途開発を進める。
- 2) ナノチューブ複合材料の創製・実用化
カーボンナノチューブ、有機ナノチューブ、両材料の接点として、ナノチューブの化学加工や複合化をもとに、バイオ応用等を目指した高機能性ナノチューブの開発を進める。
- 3) 世界最高性能計測・分析技術の確立
超高性能電子顕微鏡や光学的評価技術をベースとしたナノチューブ材料の計測・分析技術を確立する。
- 4) グラフェン系ナノ材料の開発
ポストシリコンの有望な新素材グラフェンを用いたデバイスを実現するために、MW プラズマ CVD 法による高品質のグラフェンの大量合成法を確立する。

5) ナノチューブ材料の標準化・リスク評価

(つくば中央第4・第5)

本研究センターの高純度・高品質ナノチューブおよび高性能計測・分析技術を用いて、ナノ物質の国際標準化におけるイニシアティブを発揮する。また、リスク評価においては産総研内外と連携して取り組む。

外部資金：

経済産業省「平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 凝集状態評価」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

「短尺カーボンナノチューブの創製と CNT トランジスタへの展開」

独立行政法人科学技術振興機構「低加速高感度電子顕微鏡の開発とソフトマターの分子・原子レベル観察実験への応用」

独立行政法人科学技術振興機構「自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス」

独立行政法人科学技術振興機構「ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム」

発表：誌上発表63件、口頭発表189件、その他18件

スーパーグロース CNT チーム

(Super Growth CNT Team)

研究チーム長：畠 賢治

(つくば中央第5)

概要：

画期的なカーボンナノチューブの合成法、スーパーグロース法（水添加化学気相成長法）を開発し、基板から垂直配向した単層カーボンナノチューブを高効率に高純度で成長させることに成功している。

このスーパーグロース法に基づく量産基盤技術開発を行い、「かつてない規模・価格での単層カーボンナノチューブの工業的量产」を目指している。さらに、それらの機能探索を行うとともに、新しい単層 CNT の部材開発を行い、高エネルギー密度キャパシタへの応用、カーボンナノチューブ導電性ゴム、カーボンナノチューブ歪みセンサー、アクチュエーター等と多岐にわたる用途開発へとつなげる。

研究テーマ：テーマ題目 1

流動気相成長 CNT チーム

(Direct Injection Pyrolytic Synthesis Team)

研究チーム長：斎藤 毅

概要：

直噴熱分解合成法（DIPS 法）を用いた単層カーボンナノチューブ（CNT）の量産的合成技術および直径制御合成技術を高度化し、単層 CNT をそれぞれの産業応用に適した構造（直径、長さ、カイラリティ）に合成・分離する技術を確立する。加えて、薄膜化・紡糸といったそれぞれの応用に適した形態に加工する基盤技術を開発し、企業との共同研究を積極的に推進することを通して高機能構造材料やエレクトロニクス、医療等の多方面に及ぶ実用化・産業化のための研究を行う。さらに、ナノチューブの国際標準化が進められている中、産総研の成果である超高純度・高品質ナノチューブを用いて行政ニーズであるナノチューブ関連の国際標準化に寄与し、イニシアティブを確保する。

研究テーマ：テーマ題目 2

有機ナノチューブチーム

(Organic Nanotube Team)

研究チーム長：浅川 真澄

(つくば中央第5)

概要：

集合様式のプログラムが書き込まれたある分子は水や有機溶媒中で自己集合してナノメートルサイズのチューブをはじめとする種々ナノ構造体を形成する。このボトムアップ型有機ナノ構造形成手法を使うと、これまで半導体産業を支えてきたトップダウン型微細加工技術と比較して、少ないエネルギーで容易に複雑な3次元ナノ構造体を作ることができる。当研究チームでは、有機ナノチューブを代表とするこれらナノ構造体の大量合成・高度化研究開発を行うとともに、幅広い業界、業種の民間企業と共同し、安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料としての DDS 素材（医療）、機能性食品（食品・健康）、機能性肥料（環境・農業）などを旨とした用途開発研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目 3

バイオナノチューブチーム

(Bio-nanotube team)

研究チーム長：増田 光俊

(つくば中央第5)

概要：

親水部と疎水部を有する両親媒性分子は、自己集合と呼ばれるシンプルかつ省エネルギーなプロセスによってナノチューブ（有機ナノチューブ）やナノファイバーを自発的に形成することができる。本手法で生み出される有機ナノチューブ材料は均質な中空ナノ空間を有し、生体適合性の高い脂質分子から構成されているため、分析や医療、また、ナノバイオ分野での利用が期待されている。当チームでは、これらの有機ナノ

チューブやナノファイバー、それらからなる複合材料の応用・実用化に必要な不可欠な基盤技術である形態制御技術やナノ空間の科学、また、利用目的に種々の機能性材料で修飾・複合化する技術（テーラーメイド化技術）の確立を目指している。また、同技術を駆使して得られるバイオナノチューブをコア材料としたオープンイノベーションにより用途開発や実用化研究に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目 4

機能性ナノチューブチーム (Functional Nanotube Team)

研究チーム長：湯田坂 雅子

(つくば中央第5)

概要：

ナノカーボンの構造を最適化することで、ナノカーボンの小さなサイズを活用した医療分野での応用を可能とすることを目標にしている。ナノカーボンを使った体内あるいは体外での薬剤送達・供給は、薬剤の効果を高めることができ、また、薬剤の体内への非特異的拡散を抑制し、薬の副作用を軽減する。従来の同等目的で使われているものに比べると、ナノカーボンでは多重治療が容易であり、ナノカーボンに期待されていることは多い。また、カーボンナノチューブでは、生体透過性のよい近赤外光を発光するため、体内の患部イメージングへの応用も可能である。

本研究では、ナノホーンを用いて体内あるいは体外（消化器管）の薬剤送達の優位性とその実用可能性を検討し、また、カーボンナノチューブの近赤外発光を利用した臨床検査システムの構築を目指している。

研究テーマ：テーマ題目 5

カーボン計測評価チーム (Nano-Scale Characterization Team)

研究チーム長：末永 和知

(つくば中央第5)

概要：

カーボンナノチューブやフラーレン、グラフェンなどのナノカーボン物質の多様な構造を正確に把握し、そこで生じる特異な物理・化学現象の実験的検証を進めることは、ナノカーボンの科学の探求と画期的な応用法の確立の両面において、極めて重要な課題である。超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であったナノカーボン材料における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新たなナノカーボン材料のナノスペース科学の構築とその応用を目指した研究開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 6

ナノ物質コーティングチーム (Nano-coating Team)

研究チーム長：長谷川 雅考

(つくば中央第5)

概要：

グラフェンおよびナノ結晶ダイヤモンド薄膜（ナノダイヤモンド薄膜）を中心としたナノ材料コーティング技術の開発および構造、物性、機能等の評価解析を行うことにより、機械的機能あるいは化学的・電氣的機能に優れ、環境に適合するコーティング製品を開発することを目的としている。

気相化学蒸着法（CVD）による高品質なグラフェンの大面積・低温形成技術を開発するとともに、ロール TO ロール合成法などの量産技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 7

高度化ナノチューブチーム (Advanced Nanotube Team)

研究チーム長：岡崎 俊也

(つくば中央第5)

概要：

ナノテクノロジーにおけるボトムアップアプローチの最も効率的な手段として、分子を非共有結合性の弱い相互作用によって自己集成的に組織化し、ナノ構造体を合成する手法がある。カーボンナノチューブの内部はそのような分子集合体にとって格好の空間とみなすことができる。このような制限されたπナノ空間に機能性を持ったナノ構造を構築し、エレクトロニクス、フォトニクス、バイオなどへの応用を行う。

また、カーボンナノチューブは代表的ナノ物質としていち早く国際標準化への取り組みが行われている。そこで、分光学的手法によるカーボンナノチューブ評価法の国際標準化を ISO などの国際機関を通じて行う。そして、ナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持、確保に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目 8

[テーマ題目 1] 自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス

[研究代表者] 島 賢治

(スーパーグロース CNT チーム)

[研究担当者] 島 賢治、湯村 守雄、山田 健郎、Futaba Don、小橋 和文、関口 貴子、田中 文昭、山本 由貴、山田 幸子、LASZCZYK Karolina Urszula、浜名 志帆（常勤職員5名、他6名）

[研究内容]

CNT はその優れた物理・化学的特性のため、次世代デバイスのコア素材として期待されている。しかしなが

ら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化が遥かに困難となっている。

本研究では、カーボンナノチューブ (CNT) MEMS デバイス産業を実現するためのデバイス基盤製造技術と異材料とのインテグレーション技術を開発している。ボトムアップの技法と微細加工技術を組み合わせて、CNT の位置・形状を自由自在に制御しながら集積化、異材料とインテグレーションさせ、デザインされた機能を有する CNT 素子・ナノ (MEMS) デバイスの創製を目標としている。

これまで我々のグループでは、CNT の超高効率成長法であるスーパーグロース法を用い、基板からシート状に垂直配向した CNT のマクロ構造体「CNT シート」を作製した。それを成長基板から剥がして、デバイスを製造する基板上に液滴を導入し、その乾燥時に、シートの CNT 同士を液体の表面張力で引きつけ高密度化し、同時に基板にも密着させ貼り付ける技術を開発した。これにより、CNT が平面的一方向に配向し、高密度に集合し板状になった「CNT-wafer」を任意の基板の任意の位置に、任意の配向方向をもって形成可能とする「CNT シートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発」を行ってきた。本年度は、デバイス製造工程で重要な CNT-wafer と基板との密着性評価と CNT-wafer の表面構造解析を行い、さらに、フレキシブル基板上で微細加工した CNT 構造体の特性評価を行った。

CNT の新規な機能発現を目指し、異材料との複合化技術を開発するため、CNT の密度制御技術、形態制御技術の開発を行った。特に、フレキシブルキャパシタ、ナノメカトロニクスやバイオ発電デバイスに特化した複合化技術の開発に取り組んでいる。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT-wafer、デバイス

【テーマ題目2】 DISP 法による超高品質単層カーボンナノチューブの量産技術と材料加工技術開発およびその応用探索

【研究代表者】 齋藤 毅 (流動気相成長 CNT チーム)

【研究担当者】 齋藤 毅、大森 滋和、栗原 有紀、小林 慶太、仲野 瞬、小林 明美、大和田 貴子、橋本 裕 (常勤職員1名、他8名)

【研究内容】

本研究では単層カーボンナノチューブ (CNT) を高効率低コストで大量に製造可能なプロセスである直噴熱

分解合成法 (DIPS 法) の開発と、この合成プロセスで得られる超高品質単層 CNT の直径を制御する技術、短尺化あるいは長さ分級等で長さを制御する技術、金属型・半導体型に分離精製する技術、薄膜・インク・線材などに加工するための基盤技術および単層 CNT の産業応用探索を行っている。

さらに、上記研究技術開発的な課題に加えて、単層 CNT のような新材料の実用化のためには材料評価方法に関する戦略的な国際標準化活動も必須の課題であり、産総研ミッションのひとつの柱である標準化事業活動を主導的に進め、ナノテクノロジー分野における我が国の優位性の維持・拡充に貢献している。平成23年度における進捗を以下に述べる。

・トランジスタ应用到最適な単層 CNT 形状の解明

単層 CNT は直径、長さ、巻き方という極めて単純なわずか3種類の構造パラメータを変えることによって、その電子物性を金属的にも半導体的にも変えることのできる特異な炭素ナノ材料であり、柔軟で結晶性の高い構造のため優れた可撓性とキャリア移動度を示すことから、フレキシブルな透明導電膜や薄膜トランジスタとしての応用が期待されている。これまで、単層 CNT における直径や長さなどの作り分けや分級 (選り分け) が困難であったため、これらの構造パラメータの単層 CNT デバイス性能への影響が明らかにされてきておらず、単層 CNT の構造を制御した系統的な研究が求められていた。

そこで本研究では、単層 CNT の直径制御合成技術である eDIPS 法と、長さ分級技術であるサイズ排除カラムクロマトグラフィ技術を用いて得られた同一長さで、かつ直径の異なる4種類の単層 CNT の薄膜トランジスタを作製して特性を評価し、トランジスタ特性における直径の影響を詳細に検討することによって、半導体バンドギャップの大きい、すなわち、細い直径であるほどデバイス特性に優れ、印刷プロセスにも適することを解明した。

本研究で得られる知見は、昨年度 (平成22年度) に我々が開発した金属性/半導体性 CNT 分離技術などと組み合わせることによって省エネルギー、かつ低コストで製造することができる電子デバイス製造技術開発、特に印刷法に適する単層 CNT インク材料の創成に直接的に寄与し、ひいてはナノテクノロジーの安定的発展を促進する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

【テーマ題目3】 有機ナノチューブの大量合成・高度化研究開発

【研究代表者】 浅川 真澄 (有機ナノチューブチーム)

【研究担当者】 浅川 真澄、青柳 将、小木曾 真樹、韓 淵圭、向井 理、巽 かおり、

石川 和孝、田中 恵子、野口 一夫
(常勤職員3名、他6名)

〔研究内容〕

有機ナノチューブ大量合成技術をさらに高度化し、幅広い業界、業種の民間企業と共同し、安心・安全なボトムアップ型有機ナノ材料として DDS 素材 (医療)、機能性食品 (食品・健康)、機能性肥料 (環境・農業) などの実用化とカーボンナノチューブ、有機ナノチューブ両材料の接点として、ナノチューブの化学加工や複合化をもとにバイオ応用等を目指した高機能性ナノチューブの開発を目的とする。

平成23年度は、有機ナノチューブの実用化を実現するために、大量製造方法の高度化と化学的、熱的安定性の向上を目指した化合物の探索、高機能性ナノチューブの開発並びに有機ナノチューブを用いた種々のゲスト物質の包接特性評価を実施した。グルコースタイプ有機ナノチューブ、ペプチドタイプ有機ナノチューブ、金属錯体タイプ有機ナノチューブの3種類の大量製造可能な有機ナノチューブを用いて研究を行った。

有機ナノチューブは共役系を持たない分子の自己集合により形成されているため、導電性を示さない。また、熱的安定性の向上も望まれている。そこで導電性の発現や、構造体の安定性の向上が期待できる種々の共役系高分子との融合による有機ナノチューブの高度化を目指して検討を行った。その結果、チューブ、ファイバー、コイルなどの1次元構造を持った共役系高分子との複合体を構築することに成功した。

これまでナノ粒子やナノサイズの生体材料を格納、運搬、放出できる材料へのニーズは高い。有機ナノチューブは水、生体親和性が高く、この目的への応用が期待できる。本年度はナノチューブへのナノ粒子の内包には毛細管力だけでなく、表面電位制御が重要であることを明らかにし、医療分野などで注目されている磁性ナノ粒子を有機ナノチューブに効率よく内包させることに成功した。

金属錯体タイプ有機ナノチューブ (M-ONT) はグリシルグリシンと脂肪酸を結合した安価な両親媒性分子と金属塩を溶媒中で混合するという簡単な操作で合成できる。これまでにこれら銅およびニッケル錯体の Cu-ONT、Ni-ONT が工業上重要な各種有機化合物の酸化反応を水中かつ室温で進行させる触媒となることを明らかにしてきた。本年度は M-ONT 触媒の高度化を目指し両親媒性分子の分子構造、金属イオンとの組み合わせを種々検討した結果、これまでにない小さな内径 (約 10nm) を持つ M-ONT の合成に成功し、特異な反応場への展開への道を開いた。また金属イオンの含有量が低いにも係らず触媒活性を示す M-ONT を見出した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 自己集合、有機ナノチューブ、金属錯体、包接、触媒

〔テーマ題目4〕 有機ナノチューブ、ナノファイバーの
テイラーメイド化技術の確立

〔研究代表者〕 増田 光俊

(バイオナノチューブチーム)

〔研究担当者〕 増田 光俊、南川 博之、亀田 直弘、
丁 武孝、和田 百代
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

分子の自己集合で得られる有機ナノチューブやナノファイバー、ナノカプセルをコア材料として用い、診断、創薬等での課題解決、革新的手法の提供に貢献し、医療・ナノバイオ分野での応用・実用化を実現することを目的とする。このための基盤となる以下の技術やナノ材料群を創製する。すなわち、利用目的に有機ナノチューブの表面をデザイン・修飾する技術 (テイラーメイド化技術) に加え、薬剤、DNA、タンパク質等との複合化技術 (ハイブリッド化技術) や階層的な構造制御技術を確立する。また、これらの技術を駆使して生み出される均一な形態、サイズ、新しい機能を持つバイオナノチューブ群の創成とそのナノ空間特性の解明によって、有機ナノチューブ系材料のナノバイオ分野等への実用化に資することを旨とする。

平成23年度は、有機ナノチューブ (以降ナノチューブと記載) の表面を複数の官能基で修飾することによって遺伝子送達機能の発現に成功した。すなわち、ナノチューブを形成する際、その基剤となる脂質分子に加え、分子設計に基づく複数種の脂質分子を混合し、自己集合を行った。具体的には DNA に結合するためのカチオン性脂質、溶媒中での分散性や生体適合性を改善するためのポリエチレンオキシド含有脂質、そしてナノチューブ自体を可視化するための蛍光脂質である。それぞれの脂質の混合比を最適化することで、得られるナノチューブの DNA との結合特性やその分散状態の制御が可能であることがわかった。ナノチューブ外表面に複合化した DNA は、酵素による分解から保護されていることが判った。さらにこの複合体を用いて細胞への遺伝子導入およびそれによるタンパク質発現を検討したところ、長さが約 400-800nm と比較的短いナノチューブの方が、1 μ m 以上の長さのチューブよりも高い遺伝子導入効率を示した。これは細胞内へのナノチューブの移行がその長さによって著しく変化するためであった。

以上のように、脂質分子からの自己集合によって有機ナノチューブを形成させる際、的確に設計を施した脂質分子を複数混合させておくことで、得られる有機ナノチューブに複数の機能や効果を付与可能であることを実証した。本手法は、今後 DDS 応用に必要とされる体内動態 (体内での分布や代謝経路等) の解明に加えて、生理条件下での分散性、ゲストとの結合性、刺激応答機能などの付与やその最適化に必要な不可欠な基盤技術であり、今後の薬物送達用ナノカプセルとしての実用化が期待で

きる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ボトムアッププロセス、ナノ材料、ナノチューブ、ナノファイバー、医療用材料、バイオチップ、刺激応答性放出

〔テーマ題目5〕 ナノカーボンの医療応用

〔研究代表者〕 湯田坂 雅子

(機能性ナノチューブチーム)

〔研究担当者〕 湯田坂 雅子、張 民芳、中村 真紀、入江 路子、Mei Yang
(常勤職員2名、他3名)

〔研究内容〕

ナノホーンの体内薬物送達のための基礎研究を進めた。これまで開発してきたバイオ応用に最適な分散剤を用いて、新規手法にて作成した微小ナノホーンを分散させ、貪食細胞やがん細胞との相互作用を調べた。その結果、サイズが小さいことで化学修飾効果が鋭敏に作用し、貪食細胞による捕獲を高い割合で回避させることや、がん細胞特異的に高効率で取り込ませることが可能となった。同様な効果は、マウス実験でも確認でき、血中滞留時間が10時間以上に延伸し、40%程度が体外に排出された。今後、微小サイズナノホーンを用いて、腫瘍へのナノホーン集積度を上げるために、より適切な化学修飾を検討し、動物実験で確認する。

また、体外での薬剤送達として、経口投与による消化器管疾患の治療効果をあげることを目指した研究を行っている。この応用で最も重要なポイント、すなわち、「消化器管からの吸収されない」ことを確認した。今後は、大腸炎を対象として、経口投与薬剤送達の研究を進める。

さらに、体外で行う血液検査においてカーボンナノチューブの近赤外発光を用いる研究では、新規 ELISA システムの開発を行った。今後、より高感度で抗原検出できるようにシステムを改良する。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、消化器疾患、薬物送達、臨床検査

〔テーマ題目6〕 カーボン計測制御技術の開発

〔研究代表者〕 末永 和知 (カーボン計測評価チーム)

〔研究担当者〕 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、越野 雅至、新見 佳子、佐藤 香代子、齋藤 昌子 (常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

カーボンナノチューブ応用のための要素技術開発として、超高感度電子顕微鏡装置開発を通じ、これまで困難であった新炭素系物質における原子レベルでの元素同定や構造解析法を実現する。それとともに、これら評価技術を駆使した新炭素系物質のナノスペース科学の構築と

それを制御した新機能発現とその応用を目指した研究開発を行う。

また、化学反応の素過程の観察や単分子の構造解析など化学・生物分野への電子顕微鏡解析手法の展開を図る。新しい収差補正技術の確立や試料作製技術などの発展にも貢献する。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 電子顕微鏡、収差補正、欠陥構造、ピーポッド、内包フラーレン、光学測定

〔テーマ題目7〕 ナノ物質コーティング応用研究開発

〔研究代表者〕 長谷川 雅考

(ナノ物質コーティングチーム)

〔研究担当者〕 長谷川 雅考、石原 正統、山田 貴壽、金 載浩、川木 俊輔
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

①高品質・大面積グラフェンの形成技術開発

当センターで開発したマイクロ波プラズマ CVD を用いた低温・大面積・短時間グラフェン合成技術をさらに発展させた。プラズマの均一性向上により A3サイズの合成を可能とした。さらに幅30cm の銅箔を基材とするロール TO ロール方式のグラフェン合成装置を試作し、グラフェンの連続合成を実現した。グラフェンの連続転写・高品質加工技術の開発を進め、ノートパソコン用静電容量型タッチパネルの試作に成功した。

②ナノダイヤモンドコーティングの用途開発

ナノ結晶ダイヤモンド薄膜を利用した用途として、機械部品のトライボコーティングおよび精密切削工具用保護膜の開発を行った。密着強度の大幅な向上を達成し、これにより表面平坦性の高いナノ結晶ダイヤモンド薄膜コーティングの効果を実証した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 グラフェン、ロール TO ロール成膜、ナノ結晶ダイヤモンド薄膜、マイクロ波プラズマ CVD、トライボロジー、切削工具

〔テーマ題目8〕 分子複合カーボンナノチューブの開発

〔研究代表者〕 岡崎 俊也

(高度化ナノチューブチーム)

〔研究担当者〕 岡崎 俊也、丹下 将克、永徳 丈、境 恵二郎、高野 玲子、渡辺 玲子、飯泉 陽子、鈴木 宏紀、大西 千尋
(常勤職員2名、他7名)

〔研究内容〕

これまで結論の定まっていなかった単層カーボンナノチューブの赤外吸収の起源について研究を行った。赤外吸収ピーク位置とナノチューブの長さの間に関連があることを見出した。このことは従来主張されていた金属性

カーボンナノチューブのミニギャップに由来するものではないことを示している。この研究結果は基礎学問として重要であるばかりでなく、これまで簡便法がなかったナノチューブ長さ評価法としても期待され、波及効果が高いと思われる。

また、直径が1.2nm以上の大きな単層カーボンナノチューブに対してその半導体成分のみをフルオレン系高分子を用いて抽出することに成功した。特に、光通信で用いられる1.5um帯に発光する単層カーボンナノチューブ抽出技術を確立し、ナノチューブフォトニクスデバイス製作に向けた研究開発を行っている。同高分子を用いることで半導体性フラーレン内包カーボンナノチューブの抽出にも成功した。

さらに、溶液中のカーボンナノチューブ凝集状態評価について研究を行った。単体棒状で分散した多層カーボンナノチューブ水溶液調整法を開発し、種々の評価法で測定したところ、ほぼ定量的にその大きさや形状を解釈できる結果が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、分光、フォトニクス、凝集状態

③【集積マイクロシステム研究センター】

(Research Center for Ubiquitous MEMS and Micro Engineering)

(存続期間：2010.4.1～)

研究センター長：前田 龍太郎

副研究センター長：高橋 正春、伊藤 寿浩

所在地：つくば東

人員：20名(20名)

経費：863,336千円(191,865千円)

概要：

本ユニットでは情報技術分野に必要とされる、微細加工を利用したマイクロデバイスに関する研究開発およびその分野に関連する人材を養成することをミッションとする。

経済産業省では現在つくばにナノテク拠点(つくばイノベーションアリーナ-Nano)計画を進めている。MEMS分野はこの中で6つのコア領域のうち、主要な分野と位置付けられている。この拠点化構想において産総研は、精密機械工業と情報産業、装置ベンダー、材料メーカーを融合した業界とのオープンイノベーション拠点形成を目指す。つくば拠点におけるナノエレクトロニクス等半導体、カーボン系の新材料等の研究ユニットとの連携を強化し、我が国の自動車や情報家電、健康医療デバイス等の競争力を強化する。またMEMS技術の実証の場として、クリーンルームやデ

ータセンター、およびコンビニでの省エネ等に生かすことにより、関連産業の競争力を強化する。大震災により被災したユニット、東北大学、茨城大学等被災した関係機関についても設備利用等で格段の支援を行う。

産業界と連携してMEMSデバイスの量産技術の開発および集積化MEMS試作環境の整備を行う。同時に環境に対して優しくコストの低いグリーンフレキシブル微細加工、および大面積ナノ製造技術を開発し、さらにそれらを使ったユビキタス電子機械システム、特にユビキタスグリーン見守りシステムや国民の安全安心や先端医療に資するユビキタスシステムの開発を行う。

これらの研究開発に加え、MEMS試作ファウンドリサービス・人材育成による産業化促進等の共通基盤技術により、第3期中期計画の達成を図る。

平成20年度に実施された先進製造プロセス研究部門の中間評価では、MEMS製造技術が組織の強みであると評価され、平成22年度にセンター化され体制が強化された。

平成23年度は、ナノテクノロジー・材料・製造分野の重点課題として位置づけられた下記の2つの重点課題を中心として研究を推進する。

第3期加速のための重点化課題

・高集積マスマプロダクション技術の開発

光学機能、表面機能、生体適合性などの様々な特性を有するナノ構造を、大面積、高生産性、低環境負荷で製造するナノ構造形成技術と、それら異種の特性を有したナノ構造体とMEMSや半導体を融合するための集積化製造技術を開発することにより、産業競争力の強化と生産活動における環境負荷の低減に貢献する高集積マスマプロダクション技術を開発する。今年度は特に拠点の省エネに絡み、超低消費電力拠点の運営技術に関し検討を行う。

第3期推進のための重点化課題

・ユビキタス電子機械システムの開発

バイオ、化学、エネルギーなど異分野のデバイスを融合・集積化したMEMSデバイスを製造するための技術ならびに低消費電力かつ低コストなMEMSコンポーネント製造技術を開発し、安全安心や省エネルギー社会実現に資するユビキタスマイクロシステムを開発する。今年度は特に安全安心に関し、放射性物質のモニタリングに特化したサブテーマを中心に研究開発を行う。

内部資金：

分野重点課題「高集積・大面積製造技術の開発」

分野重点課題「ユビキタス電子機械システムの開発」

分野加速課題「実証研究のための高信頼性スマート

センサーシステムの開発」

戦略予算（融合・連携推進予算）「大面積ナノ構造体による防曇機能付反射防止成型品の試作実証」

戦略予算（融合・連携推進予算）「MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用」

研究組合連携インセンティブ（BEANS 研究所）「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」

研究組合連携インセンティブ（NMEMS 技術研究機構）「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発」

外部資金：

独立行政法人日本学術振興協会

最先端研究開発支援プログラム「フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発」

最先端研究開発支援プログラム「マイクロシステム融合研究開発」

科学研究費補助金（特別研究員奨励費）「グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

産業技術研究助成事業「新規マイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター（MC-GDR）により爆発雰囲気完全に制御し、ナンバリングバックアップにより生産性を強化した、水素および空気（酸素）の直接反応によるオンサイト過酸化水素合成プロセスのプロトタイプの開発」

ナノテク・部材イノベーションプログラム「マイクロリアクター技術に立脚した固定床型反応器開発およびナノ構造制御触媒の開発」（三菱瓦斯化学株式会社（NEDO 再委託））

国際標準共同研究開発事業「MEMS における形状計測法に関する標準化」（国立大学法人神戸大学）

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 CREST “超高速ナノインプリントリソグラフィ技術のプロセス科学と制御技術の開発”「超高速ナノインプリントリソグラフィ高スループット」

戦略的創造研究推進事業 CREST “安全安心のためのアニマルウォッチセンサの開発”「ネットワーク MEMS デバイスの開発」

戦略的創造研究推進事業 CREST “ULP ユビキタスセンサの IT システム電力最適化制御への応用”「ULP ユビキタスセンサの開発」

発表：誌上発表106件、口頭発表125件、その他5件

グリーンナノデバイス研究チーム

（Green Nano Device Research Team）

研究チーム長：廣島 洋

（つくば東）

概要：

MEMS 作製においては、通常、光リソグラフィによりマイクロメートル程度のマスクパターンを形成し、後段のプロセスが行われる。ナノインプリントは低コストでグリーンなリソグラフィであり、ナノメートル級のパターン形成が行えるほか、任意の断面形状のパターンを直接形成可能である。このナノインプリント技術を高度化し、MEMS 作製に適用することで MEMS の低コスト化、高性能化への展開を図る。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 6、テーマ項目 9、テーマ項目14、テーマ項目16

ヘテロ融合研究チーム

（Hetero Convergence Team）

研究チーム長：松本 壮平

（つくば東）

概要：

従来の MEMS 技術に対し、材料・化学・流体等の異分野における微小スケール効果応用技術を融合することにより、新しい微細加工技術・応用デバイスを実現するための研究開発を推進する。具体的には、微小スケールにおける流体挙動、化学プロセス、構造体の振動、ナノ機能構造等を応用する技術、またプロセス設計・デバイス設計に必要な流体シミュレーション技術を中心に研究開発を実施する。特に、マイクロ流路を活用した安全・高効率な化学合成用リアクターシステムの開発、繊維状基材による大面積デバイス製造のためのマイクロ流体効果を応用した微細加工技術の開発、微小スケールにおける自由界面を含む流体挙動を高効率に計算可能なシミュレーション技術の開発に重点的に取り組む。長期的には、これらの融合によりユビキタスマイクロシステムにおける化学・物理センサ機能、エネルギー変換機能等を有するマイクロデバイスの実現を目指す。

研究テーマ：テーマ項目 2、テーマ項目 6、テーマ項目 11、テーマ項目12、テーマ項目16

大規模インテグレーション研究チーム

（Large Scale Integration Research Team）

研究チーム長：高木 秀樹

（つくば東）

概要：

高機能で高付加価値なシステムを実現するため、MEMS や LSI などの異種デバイスの集積化技術の開

発を進めている。これら集積デバイスの製造プロセスにおいて、集積化およびパッケージング工程はコスト面で大きな比率を占めており、それら工程の高効率化と低コスト化は重要な課題となっている。本チームでは、MEMS と異種デバイスを高効率に集積化するための、高精度高速位置決め技術や低ダメージ接合技術の開発を行っている。また、半導体製造プロセスに比べて装置コストは遥かに小さいにもかかわらず、高い生産性を実現する、射出成形をはじめとする微細成形技術を MEMS 製造に適用するための開発を進めている。さらに、深掘り加工やメッキプロセスを用いて、従来の半導体製造プロセスでは製造が困難な三次元的構造を実現し、これを利用した新たな動作原理を持つ MEMS デバイスや、そのパッケージング技術の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ項目 1、テーマ項目 4、テーマ項目 6、テーマ項目 7、テーマ項目 8、テーマ項目 9、テーマ項目 10、テーマ項目 14、テーマ項目 15、テーマ項目 16

ネットワーク MEMS 研究チーム

(Networked MEMS & Man-Machine Science Research Team)

研究チーム長：伊藤 寿浩

(つくば東)

概要：

センサネットワーク等を駆使して環境のセンシング及びエネルギー消費最適化等を行う技術や、人間の健康管理、安全安心のための自然界・人工物のモニタリング技術を開発するとともに、製造技術そのものの省エネルギー化や環境調和化を図るため、ユビキタス電子機械システムの開発を行っている。

具体的には、化学量センサやエネルギーハーベスタデバイスなど異分野融合デバイスを統合した数 mm 角以内の通信機能付きセンサノードチップを実現するための要素技術・集積化技術の開発を行うとともに、センサノードのプロトタイプデバイスを用いて、上記のセンシング・モニタリングシステムの開発を進めている。また特に、高齢者や幼児の見守りシステムに応用可能なヒューマンインターフェースの調査・開発研究を積極的に進めている。

さらに、これらのデバイス・システムの社会への還元を積極的に推進するため、オープンイノベーション拠点としての TIA (つくばイノベーションアリーナ)・N-MEMS 拠点の立ち上げ・充実化・運用を主導するとともに、この中で大学・企業等との連携を積極的に進めるため、人材育成サービスプログラムおよび MEMS ファウンドリシステムの充実化を図っている。

研究テーマ：テーマ項目 2、テーマ項目 3、テーマ項目 5、テーマ項目 6、テーマ項目 7、テーマ

項目 9、テーマ項目 13、テーマ項目 15、テーマ項目 16

Macro BEANS 連携研究体

(Collaborative Research Team of Macro BEANS)

連携研究体長：伊藤 寿浩

(つくば東)

概要：

Macro BEANS 連携研究体は、「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」(BEANS プロジェクト)(経済産業省・NEDO 委託費)(H20～H24)の主要な研究開発項目の一つである「マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発」を産総研において産学連携の集中研方式で実施するために設置された。

本連携研究体における集中研方式による共同研究には、技術研究組合 BEANS 研究所に出向する4企業の研究者および同研究所契約研究員2名が参加するほか、大学研究者も参加している。

マイクロ・ナノ構造を有する高品位機能膜をメーター級の基板に真空プロセス装置を用いずに形成する製造技術と、基板の大面積化を伴うことなく、メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する、製織技術などを活用した新たな製造技術を創出する事を具体的目標とする。

研究テーマ：テーマ項目 6、テーマ項目 10

[テーマ項目 1] 高集積・大面積製造技術の開発

[研究代表者] 高木 秀樹 (大規模インテグレーション研究チーム)

[研究担当者] 高木 秀樹、廣島 洋、亀井 利浩、栗原 一真、張 毅、魯 健、銘苅 春隆、尹 成圓、澤田 篤昌、(常勤職員9名)

[研究内容]

8インチウエハ対応の MEMS 量産試作ラインの整備を進め、それら装置を産総研外部に公開するための体制を構築することにより、共同利用を開始した。これにより民間企業や大学がこれらの設備を利用して研究開発を行うとともに、試作プロセス構築や装置のオペレーション指導を通じて、MEMS 分野の人材育成活動を行った。さらに、信州大学との連携大学院、茨城大学、東京理科大学、筑波大学からの研修生受け入れを通じて、教育への貢献と人材育成に役立てている。

MEMS と IC などの異種デバイスを高効率に集積化するため、液体の表面張力を利用しこれらのチップを高速に位置決めする、セルフアセンブリ技術を開発し、位置決め精度 $1\mu\text{m}$ を実現した。金属配線パターンを高精度に接続するとともに、MEMS チップと異種デバイスを接合するための、常温接合プロセスの検討を行った。

さらに、高い生産効率を有する射出成形プロセスを用いて、MEMS 構造および配線や機能素子を一体で作製する技術を開発した。プロトタイプデバイスの作製により、射出成形プロセスにより作製したデバイスが動作することを確認した。また、ゾルゲル法による圧電膜形成とリフトオフプロセスを組み合わせることにより、大面積の圧電薄膜を効率的にパターンニングする手法を開発した。

パターン密度の違いを反映した残膜の不均一性を改善するための、容積均一化モールド作製プロセスを検討し、レーザー描画装置でグレースケール描画を行うことで微細な多段深さのモールドが作製できることを示した。配線パターン形成を目指してポリイミド樹脂へのパターン形成を検討し、材料やプロセスを工夫することで、100℃程度の低い温度でもインプリントが行えることを見いだした。熱ナノインプリントにおいて、ハイドロフルオロエーテルを利用することで、プロセスの低温化や低圧力化を図れることが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS 製造ライン、人材育成事業、大面積インプリント、ポリマーMEMS

【テーマ題目2】 ユビキタス電子機械システムの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩

(ネットワーク MEMS 研究チーム)

【研究担当者】 伊藤 寿浩、松本 壮平、池原 毅、
小林 健、岡田 浩尚、鈴木 章夫、
森川 善富、井上 朋也、高田 尚樹、
松本 純一 (常勤職員10名)

【研究内容】

無線センサを利用したクリーンルームの消費電力、温湿度、パーティクルなどのモニタリングを行い、MEMS 用クリーンルームの消費電力削減を行うとともに、省エネのためのノウハウをホームページ、学会誌等で公開した。

セブンイレブン・ジャパンとの共同研究「スマートセンサを活用したスマートコンビニエンスストア実現に向けた実証研究」では、昨年度実施した立川地区10店舗実験をベースに、プロトタイプ小型無線電力センサシステムを改良して、京都市50店舗に実装した。1,000店舗以上への実装を念頭に、個店に設置されたストアコンピュータを介して電力データを取得できる受信システムと、メンテナンスが容易で安定した送信が可能な小型端末を新たに開発した。これらにより、個店の消費電力をリアルタイムにモニタリングでき、さらに設置環境の異なる50店舗に設置された約500個センサから90%以上の割合でデータ取得できるシステムを実現した。

また、脈波等生体情報の時系列解析に関する研究では、運動時など生体波形が安定せずデータの規則性が減少する場合には適用できなかった従来の解析手法を、視覚に訴える写像手法を採用することで改善した。

人の健康管理への応用を目指した超高感度においてセンサシステムの開発については、振動型センサの実用化に不可欠な、周波数ドリフトの温度補償方法を確立した。また高感度センサ実現に不可欠なマイクロスケールシリコンの疲労特性に関する研究では、測定結果から信頼性の高いクラック進展パラメータを抽出し、疲労機構を議論した。

生体における複雑な現象のデータを解析し、統計的性質および確率プロセスによるモデル化により状態の認識およびリスク評価を行う研究において、数値解析条件の影響等を検証し手法の妥当性を確認した。

マイクロ流路を活用した化学合成用リアクターシステムの開発に関しては、多チャンネル化に必要な触媒充填流路の多相流混合性能の改善を行い、流動安定性の向上効果を確認した。マイクロ流体効果を応用した微細加工技術の開発に関しては、マイクロスケール単分散スラグ流による規則的パターンの精度評価を行い、高精度化に必要な各種パラメータの影響を明らかにした。微小スケール流体シミュレーション技術の開発に関しては、微細凹凸表面等を含む熱流体挙動の解析が可能な基盤コード、三相自由界面に対応する流体計算コード、安定性を高めた流体最適化解析コードの開発を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 無線センサネットワーク、電力モニタリングシステム、ヒューマンインターフェース、マイクロ流体、化学合成、流体シミュレーション

【テーマ題目3】 実証研究のための高信頼性スマートセンサシステムの開発

【研究代表者】 前田 龍太郎

(研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、伊藤 寿浩、鈴木 章夫、
藤本 淳 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

セブンイレブン・ジャパンとの共同研究「スマートセンサを活用したスマートコンビニエンスストア実現に向けた実証研究」と並行して、スマートコミュニティ実証実験の一つとして、集積マイクロシステム研究センター各チーム・関連技術研究組合などが平成23年8月より集結する東事業所4G 棟の消費電力モニタリング実証実験を行いながら、高信頼性スマートセンサと、その分析(プロファイリング)システムを開発することを目的とした。

スマートコンビニにおける全店規模展開およびスマートオフィス等スマートコミュニティ実証実験に向けた実用型のスマートセンサ端末・受信システムを使って4G 棟で半年程度のモニタリング実証実験を実施してシステム信頼性の向上に向けた課題抽出を行うとともに、データの分析(プロファイリング)ツールを開発しながら

ら、4G 棟の電力マネジメント方法を検討した。また、特に2.4GHz帯に比べ通信距離が長い900MHz帯の無線センサ端末・受信システムの有効性について検証を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 センサネットワーク、無線センサ端末
電力モニタリング

【テーマ題目4】 大面積ナノ構造体による防曇機能付放射防止成型品の試作実証（特許実用化試作・実証型）

【研究代表者】 栗原 一真（大規模インテグレーション研究チーム）

【研究担当者】 栗原 一真、高木 秀樹
（常勤職員2名）

【研究内容】

本年度は、昨年度導入した、500×600mmの大面積にナノ構造体の転写が可能な大面積インプリント装置により、500mm角の親水機能付反射防止フィルムを試作した。140mm角、厚み1mmのナノ凹凸付き金型をつなぎ合わせ、フィルムにナノ凹凸を転写させる成形工程を用いて、親水機能付反射防止フィルムを作製した。本試作実証により開発したサンプルはサンプル提供契約や共同研究を通じて、メーカーに評価を行って頂き、実用化のための具体的な検討を行っている。

今後、さらに多くの企業ニーズに対応し波及効果の大きい技術とするために、大面積化したナノ構造体の形成技術および周辺技術の開発を行う。また、最終的には、企業に使う技術として技術の成熟を図る。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ構造、反射防止、親水、フィルム

【テーマ題目5】 MEMS技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用

【研究代表者】 前田 龍太郎（研究センター長）

【研究担当者】 前田 龍太郎、伊藤 寿浩、岡田 浩尚、
（常勤職員3名）

【研究内容】

福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が飛散し、放射線被曝のリスクが懸念されている。個人が自分の被曝の状況を日常的に把握するために、産総研全体の研究ポテンシャルを結集し、電子式個人用線量計の開発を行った。この線量計のセンサ技術を基に、本研究開発では、電子式個人用線量計で計測された積算線量等をスマートフォンで表示するため、線量計への低消費電力無線モジュールの組み込みと、スマートフォンでデータを受信して表示・保存するソフトウェアの開発を行った。また、無線通信により、線量計の大量同時校正が行えるようなシステムの開発を目指して、専用の送受信モジュールの設計および基本システム開発および予備実験を行

った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 放射線線量計、無線センサ、スマートフォン

【テーマ題目6】 マイクロ・ナノ構造大面積・連続製造プロセス技術の開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩

（ネットワーク MEMS 研究チーム）

【研究担当者】 伊藤 寿浩、松本 壮平、高木 秀樹、
銘苅 春隆、張 毅、小林 健、
高田 尚樹、松本 純一、石田 敬雄
（ナノシステム）、

三宅 晃司（先進製造）
（常勤職員10名）

【研究内容】

NEDO「異分野融合型次世代デバイス製造技術開発プロジェクト」において、技術研究組合 BEANS 研究所とともに、非真空高品位ナノ機能膜大面積形成プロセス技術の開発と繊維状基材連続微細加工・集積化プロセス技術の開発を行った。

局所雰囲気制御下での大気圧プラズマ制御技術、ナノ材料大面積均質塗布技術などを適用し、大型基板に適用可能な高品位機能膜を形成するプロセス開発を目指している。微粒子混合膜形成に必要な Si 微粒子表面の自然酸化膜除去を実施する表面処理プロセスの確立のため、制御された雰囲気において表面処理と成膜を連続的に実施することができる表面処理装置を設計・導入した。本装置により、目標値（1nm/min）を超えるシリコンのエッチング速度を確認した。微粒子混合膜形成に際し、大気圧シリコン成膜前に水素プラズマにより表面処理を実施することで、微粒子表面の自然酸化膜が除去でき、大気圧プラズマシリコン単層膜と同程度の移動度（1.7～3.0cm²/Vsec）を確認した。雰囲気制御評価モデル機の局所雰囲気の清浄化（低酸素濃度化）を図り、シリコン基板上へのシリコン微粒子の形成を確認した。

メーター級のフレキシブルシートデバイスを実現する一連の汎用的な製造プロセスとして、繊維状基材の連続高品位機能膜被覆プロセス、3次元ナノ構造高速連続形成基本加工プロセス、異種繊維上基材の製織集積化プロセスの開発を行った。連続高品位機能膜被覆プロセスについては、乾燥工程の適正化、液供給の安定化、ダイの構造変更などを行うことにより、有機半導体、圧電体、導体、絶縁体の有機溶剤溶液、水分散液を用いた30m/minでの連続形成を実現した。3次元ナノ構造高速連続形成プロセスについては、熱ローラーインプリント機構のプレス力変動抑性方法の改良を行い、送り速度20m/minでの熱ローラーインプリント実現の目途をつけた。また内径100μmの中空繊維状基材内に90dpi相当の均一セル状構造を形成する基礎プロセスを開発した。

異種繊維状基材の製織集積化プロセスについては、有機導電膜 (PEDOT:PSS) を被覆したシリコーンエラストマーを接点構造として用いることで、製織シートに曲率半径1cm までの曲げ変形が与えられた場合も基材間の安定的な接触を維持できることを明らかにするとともに、リール to リール素子実装装置の試作と異種繊維状基材を製織する自動織機 (ウィービング装置) にアライメント機能を付加することで、横幅1.2m で素子実装型繊維状基材のシート化プロセスを開発した

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 大面積デバイス、非真空プロセス、繊維状基材微細加工、フレキシブルデバイス

【テーマ題目7】 グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発

【研究代表者】 前田 龍太郎 (研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、伊藤 寿浩、高木 秀樹、池原 毅、張 毅、小林 健、魯 健、岡田 浩尚 (常勤職員8名)

【研究内容】

NEDO「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト」において、技術研究組合 NMEMS 技術研究機構とともに、グリーン MEMS センサの開発、無線通信機能及び自立電源機能を搭載したグリーンセンサ端末の開発を行うとともに、システムの実証研究としてスマートコンビニおよびスマートオフィスについて、既存のセンサを用いて実証のためのデータを収集・分析を開始した。

具体的には、(1) 電流・磁界センサ、MR 方式での実現の見通しを得た。(2) 塵埃センサにおいては、低消費電力を実現するための圧電体を利用したトリガーセンサ基本設計及び構造試作を行った。(3) CO₂濃度センサでは、インピーダンス変化による CO₂濃度検出の可能性を見出した。(4) VOC 濃度センサでは、ポリマーベース振動式センサの TEG 試作を実施した。(5) 赤外線アレセンサにおいては、キャピティ真空度とセンサ感度・時定数の関係を解析により把握し、10fps を実現するための設計検証用センサチップを試作した。

グリーンセンサ端末の開発での自立電源では、超小型高効率低照度環境向け自立電源の研究開発を行い、3.3V 出力の場合の最終的な取り出し効率として77%という値を得る事が出来た。エネルギーマネージメント回路では、蓄電/放電コンデンサの動的変更を行うコンデンサアレイ方式により目標 (起動時間、負荷変動耐性) を達成可能な見通しを得た。低消費電力無線通信研究では、通信プロトコルに関して、周波数偏移変調 (FSK)、3.125~12.5kbps のビットレートを用い、1000台以上の端末に対して電文の ID レス化を可能とする新たな手法を開発した。

実証に関して、電力プロファイリングシステムをクラ

ウド型データセンタで閲覧できるシステムを試作した。中小オフィス用グリーンセンサネットワークシステムの開発では、センサ端末、センサネットワークシステムの詳細仕様抽出をし、環境計測データの収集・分析として、オフィスに計測システムを構築した。

【テーマ題目8】 フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

【研究代表者】 亀井 利浩 (大規模インテグレーション研究チーム)

【研究担当者】 亀井 利浩、眞子 祥子 (ネットワークフォトニクス研究センター)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

現在、大規模集積回路においては、データ遅延や電力消費といった電気配線に起因する問題が顕著となりつつあり、シリコン光配線が注目されている。このような状況の中、産総研は、東京大学等と協力して、フォトニクスとエレクトロニクスが融合した、新しい集積化システムの研究を進めている。将来的な高機能・高密度光回路の実現には、3次元化が不可欠であるため、産総研では、特に、アモルファスシリコンフォトニクス技術に注力している。アモルファスシリコンは低温プロセス (300℃以下) により、シリコン電子回路上に形成可能であるため、バックエンドプロセス (シリコン電子回路等の作成後に光回路を作製する) との整合性が高いからである。最終的に3次元光配線を実現するには、高性能な変調器が必須であるため、「アモルファスシリコン変調器」の開発を進めている。

平成23年度は、プロセスの実現性を勘案しつつ、光学シミュレーションによりアモルファスシリコン変調器の構造を確立した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 3次元光回路、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、大規模集積回路

【テーマ題目9】 マイクロシステム融合研究開発

【研究代表者】 前田 龍太郎 (研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、高橋 正春、高木 秀樹、小林 健、松本 壮平、岡田 浩尚、亀井 利浩、張 毅、井上 朋也、松本 純一、高田 尚樹、栗原 一真、魯 健、尹 成圓、澤田 篤昌、山本 泰之 (計測標準研究部門)、村上 直、Zhao Gang、田中 久美子、伊藤 佐千子、伊賀 秀文、Park Sang-Cheon、前田 敦彦、橋本 はる代、大瀧 憲一郎
(常勤職員16名、他9名)

【研究内容】

MEMS と微細集積回路など異種要素を融合した、高付加価値なマイクロシステムの実現を目指し東北大学と協力して開発を進めている。東北大学では「ヘテロ集積化初期試作」、「試作コインランドリ」、「超並列電子線描画装置」をサブテーマとして実施し、「ヘテロ集積化量産試作」、「高効率 MEMS 融合製造技術」のサブテーマを産総研にて実施している。

「ヘテロ集積化量産試作」では、東北大学の「ヘテロ集積化初期試作」や産総研において開発する各種デバイスを、実際の民生機器に適用するための量産試作の場を提供する。平成23年度は、連続ゾルゲル装置を用いた PZT 薄膜の8インチウエハレベル形成に取り組み、電圧印加処理により残留分極 $2Pr$ が $50\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 以上の性能をばらつき5%以内で実現した。MEMS 粘性センサについて、幅 $40\mu\text{m}$ 、厚さ $400\mu\text{m}$ の振動体上に歪ゲージを集積化することに成功した。ポイントオブケアマイクロ流体バイオチップについて、レーザーダイオード光源部の 45° ミラー形成プロセス、配線用の TSV 形成プロセスを確立した。

「高効率 MEMS 融合製造技術」では、異種デバイス集積化のための接合プロセスやシリコン貫通配線基板、微細成形による MEMS 製造技術などの、低コスト低環境負荷の MEMS 製造プロセスの開発を進めている。大口径ウエハ対応の常温接合装置を開発し、MEMS 構造の封止保護と電気接続を同時に実現するための金属膜の接合技術について検討した。また、フレキシブルで効率的な集積化技術を実現するため、液体の表面張力を利用したセルフアセンブリにより、デバイスチップを高速に配置位置決めする技術を開発した。微細成型技術による MEMS デバイスの作製では、生産性に優れた射出成形により MEMS 構造を作製する技術を確立するとともに、テストデバイスの試作を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ヘテロ集積化、MEMS、圧電材料、微細接合、微細成型

【テーマ題目10】 グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発

【研究代表者】 張 毅 (大規模インテグレーション研究チーム)

【研究担当者】 張 毅、Yang Zhuoqing
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

埋め込み型マイクロ温度センサを表面マイクロマシニングによって $300\mu\text{m}$ の外径のキャピラリー上に作製した。繊維状基材へのレジスト塗布プロセス、金属膜のウェットエッチングおよびリフトオフプロセスを開発させた。作製されたマイクロ温度センサの過渡温度分布のシミュレーションを行った。温度センサのプロトタイプ

電流-電圧 (IV) 曲線の温度係数を測定し、温度抵抗係数 (TCR) を評価した。平均 TCR 値は $0.00384/^\circ\text{C}$ で、バルク白金抵抗の標準値とよく一致している。この結果は、繊維状基材にマイクロセンサを作る上で有用である。今後、繊維状基材の直接リソグラフィ技術の確立と微細加工プロセスを確立し、植込み型マイクロセンサとデバイス化技術の研究を進めてゆく。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、繊維状基材、マイクロセンサ

【テーマ題目11】 新規マイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター (MC-GDR) により爆発雰囲気完全に制御し、ナンバリングバックアップにより生産性を強化した、水素および空気 (酸素) の直接反応によるオンサイト過酸化水素合成プロセスのプロトタイプの開発

【研究代表者】 井上 朋也 (ヘテロ融合研究チーム)

【研究担当者】 井上 朋也、大瀧 憲一郎
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標

安価かつ高品位の過酸化水素を供給できるオンサイト製造プロセスについて、マイクロ化学合成技術に立脚してプロトタイプを開発する。過酸化水素製造プロセスには水素および空気の直接反応プロセスを採用する。爆発リスクを著しく低減する観点から新規にマイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター (以下 MC-GDR) を提案・製作する。さらに、MC-GDR の50~200倍へのナンバリングアップ技術を確立する。

研究計画

今年度は、3次元方向のナンバリングアップ (パイルアップ) のための要素技術を確立する。

年度進捗状況

気液混相反応に適した反応器を、ナンバリングアップ手法も含めて開発に成功した。さらに20気圧前後で安全に水素及び酸素の直接反応を行うための反応システムを確立した。触媒開発を加味することで、実用濃度である10重量パーセントの過酸化水素水製造を、室温、10気圧という、他の公知技術で困難であった穏和な条件下で達成できた。

3月11日の大震災により研究所の設備が著しく破損を来した。ドラフトの排気系統の破損によりナンバリングアップ検討や、クリーンルームにおける工程が必須なナンバリングアップリアクターの製造検討は7月上旬まで中断を余儀なくされた。やむを得ず代わりに触媒開発に注力し、水素収率の向上に注力したところ、新規に開発した Pd-Au 触媒を用いて水素に対する収率50%近くを達成した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 マイクロリアクター・ナンバリングアップ・水素および空気（酸素）の直接反応プロセス・過酸化水素

〔テーマ題目12〕 マイクロリアクター技術に立脚した固定床型反応器開発およびナノ構造制御触媒の開発

〔研究代表者〕 井上 朋也（ヘテロ融合研究チーム）

〔研究担当者〕 井上 朋也、陸 明
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目標

本研究開発では、現行のアントラキノン法に代わり、水素と空気（酸素）から過酸化水素を製造する直接反応法プロセスの開発を行う。本開発プロセスにより、石油由来のアントラキノンの使用量及び二酸化炭素排出量を低減し、環境負荷の低減を図るとともに、化学品原料の転換・多様化を実現する。とくに、安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行う。研究計画

1kg/日相当の過酸化水素製造に対応できる、マイクロリアクター技術に立脚した固定床反応器を確立する。また、本反応器を用いたシステムにより過酸化水素製造を実証する。

年度進捗状況

安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行ってきた。

具体的には16倍のナンバリングアップリアクター（10%過酸化水素60g/d）の並列運転に必要な技術開発、とくに触媒開発と反応器製造技術開発を行い、1kg/日相当の過酸化水素製造に対応できる運転を実施した。

またマイクロリアクターでの反応速度論解析を実施し、収率に影響する反応条件の検討が進んだことで、今後の開発が加速される見込みである。

〔分野名〕 製造技術－生産プロセスの環境負荷最小化・安全化に係る技術

〔キーワード〕 マイクロリアクター、ナンバリングアップ、水素および空気（酸素）の直接反応プロセス、過酸化水素

〔テーマ題目13〕 MEMS における形状計測法に関する標準化

〔研究代表者〕 池原 毅

（ネットワーク MEMS 研究チーム）

〔研究担当者〕 池原 毅（常勤職員1名）

〔研究内容〕

MEMS の幾何形状は、機械加工で作られる部品とは異なり、ウェットエッチングや深堀ドライエッチング技術によって立体的3次元構造体が形成されている。しかしながら、テーパがついたエッチング断面や、高アスペクト比を持つ溝構造の底面・壁面粗さ等、MEMS 構造に適した幾何形状計測法や表示法の標準化は、ほとんど行われていない。そのため、外注試作時の形状の指定やできあがりの評価において、正確な形状情報の伝達が行われない可能性がある。本研究では、様々な測定方法のうち、触針式形状測定機により MEMS 形状を測定した場合、どのような測定項目が測定可能であるか、また、どのような精度の結果が得られるかを実験し、適用の妥当性について議論した。触針式形状測定機は表面性状の測定に広く用いられているとともに、薄膜製造の分野では薄膜エッジの段差を測定する「段差計」として一般的に用いられ、半導体分野の膜厚測定には欠かせない測定機となっている。本年度はトレーサブルな溝形状試料を用いて計測値の確度を確認するとともに、突起状構造についても評価を行った。これらの測定結果を基に、国際標準案文を作成した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 MEMS、形状計測、エッチング、計測精度、断面プロファイル、標準化

〔テーマ題目14〕 超高速ナノインプリントリソグラフィ－高スループット－

〔研究代表者〕 廣島 洋

（グリーンナノデバイス研究チーム）

〔研究担当者〕 廣島 洋、高木 秀樹、銘苺 春隆、尹 成圓、王 清、鈴木 健太
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

超高速ナノインプリントリソグラフィ－高スループット－の研究においては、凝縮性ガスを利用したモールドへの樹脂の完全充填効果を検証し、スケーリングにより20nm レベルでも有効に機能することを確認する。また、容積均一化モールドの充填に影響を与える因子を抽出し、モールド構造の最適化の指針を得る。ナノインプリントリソグラフィの高スループット化のボトルネックであるモールドへの樹脂充填時間を最小化するためのモールド構造を作製し、スループット100枚/時を実現する上で必要となる0.1秒以下の樹脂充填を実現し、モールド全域の充填が20nm レベルにおいても完了可能であることを実証する。

凝縮性ガスペンタフルオロプロパン（PFP）による高速充填の評価のために、暗視野照明法を利用したモールド全域用のリアルタイム充填観察システムを構築し、充填プロセスを評価した。完全充填では鏡面反射により観察システムで光が検出されず暗く、不完全充填ではモー

ルドパターンと捕獲されたガスとの界面での散乱によりその部分が明るく観察される。この観察システムにより、 $1\mu\text{m}$ の大きさの不完全充填は十分に検知できることが分かった。大気中プロセスの場合はパターンのない領域においても大気はかなり捕獲されているのに対し、PPF 中ではパターン部分においてもモールドと樹脂が接触後直ちに充填が完了していることが分かった。

ナノインプリントリソグラフィでは薄い残膜が望ましいが、薄膜化するにつれ粘性抵抗が大きくなり長い充填時間が必要になる。このため、 20nm 程度の実用的な残膜条件で、数 10nm の微細パターンを形成する場合の充填速度を検証した。この様な低残膜条件において、PPF 環境では樹脂充填は 0.6s で完了した。この場合、パターン間のパターンのない部分の面積により充填時間が律速されており、高いパターン密度を有する現実的なパターンレイアウトではより高速の充填が期待できる。また、PPF 中では大気中の場合と比較して約80倍の高速な樹脂流動が観察され、微細パターンによる大きな毛細管力が高速充填に寄与しているものと考えられた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光ナノインプリント、インプリントリソグラフィ、次世代リソグラフィ、半導体製造技術

【テーマ題目15】 ネットワーク MEMS デバイスの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩

(ネットワーク MEMS 研究チーム)

【研究担当者】 伊藤 寿浩、張 毅、小林 健、

岡田 浩尚、野上 大史

(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

本研究では、動物の病態変化解析を元に、デジタル出力型 MEMS センサ、カスタム LSI などの超低消費電力無線センサ端末用要素デバイスの開発と、端末の無線通信時の低消費電力化を可能とする受信機の実現を行い、平均消費電力が $1\mu\text{W}$ 以下となる動物の健康状態をモニタする無線センサ端末(アニマルウォッチセンサ)の実現を可能とした。また、この端末を用いて、数万羽鶏舎における鳥インフルエンザ発生の早期摘発システムとしても応用可能な、動物集団の健康管理を行うアニマルウォッチセンサネットワークの開発を行った。

超低消費電力温度センサの開発では、実際に3次元構造のバイモルフカンチレバーの試作を行った。本デバイスでは温度変化により対向するカンチレバー間隔が狭くなることでキャパシタンスが変化させ、交流信号によりその変化を検出する。その評価では、シミュレーション結果との一致がみられ、動作原理の確認を行うことが出来た。

超低消費電力加速度センサの開発では、これまでに確立してきた PZT 薄膜を用いた圧電 MEMS プロセス技

術を用いて、鶏の低周波数、低加速度の動作を検出するために高調波共振現象を利用した圧電加速度センサの開発を行った。カンチレバーの共振周波数は 24Hz 程度であり、その整数分の1の周波数で高調波共振現象が現出するため、広帯域での微小な動作の検出が可能になる。このデバイスでは 0.05G 、 6Hz 程度の加速度において、数 mV の出力を確認し、検出回路であるコンパレータの出力を変化させるための十分な出力が得られていることを確認した。

無線センサ端末の開発では、昨年度開発した LSI と、上記加速度センサとサーミスタを実装した無線センサ端末を試作し、実験鶏舎において100羽以上の鶏に端末を取り付け、2週間程度実証試験を行った。本端末は鶏の活動の積算値がある閾値に達すると送信を行うイベント・ドリブン動作を採用している。つまり鶏の活動量は受信間隔の増減でわかるため、送信電文には活動量情報を含ませる必要が無く、その分通信時間を短くでき、消費電力が低減できる。実証試験では、このようなシステムの実現が可能であることを示すことができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 MEMS、センサネットワーク、温度センサ、加速度センサ、発電デバイス、低消費電力

【テーマ題目16】 ULP ユビキタスセンサの開発

【研究代表者】 前田 龍太郎(研究センター長)

【研究担当者】 前田 龍太郎、高橋 正春、伊藤 寿浩、

廣島 洋、松本 壮平、銘苺 春隆、

松本 純一、張 毅、藤本 淳、

松本 光崇(サービス工学研究センター)(常勤職員9名、他1名)

【研究内容】

IT 機器の消費電力を無給電・非接触で測定する平均消費電力 $1\mu\text{W}$ レベルの無線センサ端末およびネットワークシステムを開発するため、次の研究項目を実施する。

- 1) 高効率超小型コイル開発
- 2) 超低消費電力専用回路開発
- 3) 超低消費電力無線センサ端末の開発
- 4) ネットワーク測定システムの開発
- 5) 社会実証実験の実験計画

昨年度開発したコイル作製手法では、径 $630\mu\text{m}$ のパーマロイを芯材として用いていたが、この芯材は曲がりやすいため、歩留まりが悪く、またコイルの実装時に破損しやすいという問題が生じていた。この問題を解決するため、本年度は外径 1mm 、内径 $600\mu\text{m}$ のガラスチューブを芯材として用いて銅メッキコイルのパターニングを行い、作製後にパーマロイの線材をガラスチューブに通す手法の開発を行った。更に銅メッキコイルの作製可能な線幅を昨年度から $10\mu\text{m}$ 低減し、 $20\mu\text{m}$ の線幅のパターニングを可能とするよう装置を改善した。これによ

りコイルの巻数を増加できるため電流検出感度の増加が可能となる。

一方、無線電流センサ端末の開発では、端末をバッテリーレスとするため、コンセントに端末の電極を接触させ、直列抵抗分割回路を用いて端末の駆動電力を取得する回路の開発を行った。端末の送信時の電力は少なくとも15mW以上となるが、送信は300 μ s程度であるため、コンデンサによりこの電力を供給することが可能である。そこで、送信動作以外の時間に充電するよう電源回路を設計し、電源回路の消費電力を低減した。高抵抗を用いた直列抵抗分割回路により、電源回路の電力消費を10mW、端末への供給電力を10 μ W、送信電力供給用コンデンサを40 μ Fとしてプロトタイプ電源供給回路の設計を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロコイル、ユビキタスセンサ端末、MEMS、センサネットワーク

④【先進製造プロセス研究部門】

(Advanced Manufacturing Research Institute)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：村山 宣光

副研究部門長：飯田 康夫、市川 直樹、熊谷 俊弥

上席研究員：大司 達樹、明渡 純

主幹研究員：平尾 喜代司

所在地：中部センター、つくば東、つくば中央第5

人員：106名(106名)

経費：866,704千円(464,080千円)

概要：

我が国の製造産業は、二酸化炭素排出量の削減、資源制約の緩和、高付加価値製品の開発、製品開発のスピードアップ、エネルギー・環境関連製品の製造力強化、メンテナンス・アフターサービスの強化、少子高齢化の中での技術技能の継承等の課題に直面している。

当研究部門では、これら製造産業の課題解決のため、「最小の資源」「最小のエネルギー」「最小の廃棄物」で「最大限の機能・特性」を発揮する製品を「高効率」で作る製造プロセス技術(ミニマルマニファクチャリング)に関する研究開発を先導することにより、我が国の製造産業の持続的発展、すなわち、我が国の製造産業の環境との調和と国際競争力の向上に貢献することをミッションとする。また、中小企業など多数の企業の課題解決や人材を育成するための「ものづくり支援ツール」の開発と普及を行う。

具体的には、以下に示す6つの戦略課題を中核にして研究開発を推進している。

① 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省

エネルギー製造技術の開発

素材、機械等の基幹産業を対象とし、熱利用の高効率化、低摩擦化、長寿命化等を可能とする高性能セラミック部材の製造技術、ならびに素形材への表面機能付与プロセス技術等の加工技術を開発する。

② 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

多様なニーズに応え、かつ、部材・デバイス・製品製造に関する省資源・省エネルギーに貢献するため、必要な時に必要な量だけの生産が実効的に可能であり、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を確立する。

③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

固体酸化物形燃料電池、蓄電池等に使用される高性能材料・部材・モジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて小型、軽量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

④ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

部材の高付加価値化を進めるため、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合・融合化と適材配置により、多機能部材を開発する。

⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。

⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

高品位な製造を可能にし、またそれを支える高度な技能を継承するため、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率・低環境負荷な加工技術を開発する。

先進製造プロセス研究部門の研究拠点は、材料・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つ中部センター(8研究グループ)と、機械・加工技術や物質合成・プロセスに関する研究ポテンシャルを持つつくばセンター(13研究グループ)の2カ所にあり、計21研究グループ及び3研究班で研究を進めた。平成23年度においては、以下の14課題を加速課題とした。

- ・「難加工材の高精度高効率加工のための加工現象解明」
- ・「高性能セラミックス部材と表面加工技術を用いた省エネ製造技術」
- ・「低環境負荷オンデマンド製造技術の開発」
- ・「次世代セラミック電池材料・製造技術の開発」

- ・「超電導薄膜素子加工技術の開発」
- ・「マルチセンサによる可燃性ガス混合流の熱量計測システムの開発」
- ・「炭素繊維/樹脂ビーズの開発」
- ・「酸化チタン電極を用いた医療臨床診断用バイオセンサーの開発」
- ・「難焼結性磁性材料のバルク化プロセスの開発」
- ・「製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発」
- ・「現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発」
- ・「先進コーティング手法で形成された機能薄膜特性のベンチマーク」
- ・「放熱基板の低コスト化に向けた廃ケイ素からの高機能窒化ケイ素の開発」
- ・「ものづくり支援技術の研究開発」

内部資金：

- ・「パワー半導体モジュール用高耐熱性実装部材の先導開発」
- ・「AD 法を用いた高性能薄膜リチウム空気電池の研究開発」
- ・「次世代 CFRP の開発」
- ・「可搬型ポータブル電源の開発」
- ・「スマートルミネッセンス材料」
- ・「MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用」

外部資金：

- 経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）
- ・「ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発/次世代技術開発

- ・「液相マイクロ波プロセスによる次世代大容量活物質の研究開発」
 - ・「高圧合成法による次世代大容量正極材料酸化物の材料設計」
 - ・「大容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発」
- 先導的産業技術創出事業（若手研究グラント）
- ・「ハルミン類縁体またはアセロゲニン類縁体を担持した高齢者対応整形外科医療デバイスの研究開発」
 - ・「ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発」

独立行政法人日本学術振興会

科学研究費補助金 基盤研究(A)

- ・「複合機能型潤滑剤の設計と評価」
- ・「循環型製造業の将来像を設計するための持続可能社会シナリオシミュレータの開発」

科学研究費補助金 基盤研究(B)

- ・「微小重力で明らかにされる超流動ヘリウムの特異な膜沸騰の実相と伝熱促進効果の解明」

科学研究費補助金 基盤研究(C)

- ・「液体金属を内包する構造体の音響振動によるその場合余寿命診断技術の開発研究」
- ・「マイクロリアクター内のソノケミストリーとソノルミネッセンスの研究」
- ・「超音波によるマイクロ流路中の微小物体の非接触操作技術の開発」
- ・「有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用」
- ・「超音波照射による気泡振動を利用したナノ駆動体に関する研究」

- ・「傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開」

- ・「安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発」

- ・「生活環境内のコンフリクト解消に向けた行為シーケンスのパタン・ランゲージの構築」

科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究

- ・「表面科学的手法を用いた、糸状菌が認識する表面特性に関する研究」

科学研究費補助金 若手研究(B)

- ・「精密温度制御を用いた共晶複合セラミックスの組織制御による高温極限環境用材料の創製」

- ・「マイクロガスセンサの in situ XAFS による性能劣化メカニズムの解明」

科学研究費補助金 研究活動スタート支援

- ・「リン酸塩ガラス電解質を用いた中温作動燃料電池の開発」

二国間交流事業 共同研究・セミナー

- ・「ナノ構造酸化物熱電材料の新たなコンセプト」

独立行政法人科学技術振興機構

先端的低炭素化技術開発 (ALCA)

- ・「単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発」

- ・「自己再生型ナノパターン表面の低摩擦特性」

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)

- ・「住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発」

- ・「液状発酵食品中の不要タンパク質の高効率除去材の開発」

- ・「マイクロトランスファプレス加工システムの開発」

- ・「易加工性アルミナ型の実用可能性の検証」

- ・「レンズ製造工程におけるレアアース（酸化セリウ

ム) のリサイクル方法の開発」

国立大学法人東京大学

・「大規模耐震シミュレーション結果の利活用技術に係わる調査」

国立大学法人福井大学

・「クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発」

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構

・微小重力で明らかにされる超流動ヘリウムの特異な膜沸騰の実相と伝熱促進効果の解明

公益財団法人中部科学技術センター

戦略的基盤技術高度化支援事業

・「ヒューマンスキルアシスト型注湯制御技術の開発」
・「高機能材料を用いたセラミック-金属ハイブリッド金型の開発」

グレーター・ナゴヤ・イニシアティブ事業

・「環境及び医療応用を目指した貝殻廃棄物利用に関する低環境負荷プロセスの開発」
・「SOFC 型リアクターでの電気化学デバイスのナノ構造制御プロセス開発」
・「炭素繊維強化プラスチック (CFRP) に関する界面科学的研究」

公益財団法人みやぎ産業振興機構

戦略的基盤技術高度化支援事業

・「高特性亜鉛新合金により製品実現する高効率生産可能な鋳造機と解析技術の開発」

財団法人日立地区産業支援センター

戦略的基盤技術高度化支援事業

・「常時補正制御型マイクロ NC 旋盤による微細長尺加工技術の開発」
・「ガラスエポキシ基板成形の高効率・低コスト化に資する革新的な打ち抜き加工技術の開発」

公益財団法人ふくい産業支援センター

戦略的基盤技術高度化支援事業

・「レーザー援用による金属電極形成方法の開発」

公益財団法人とくしま産業振興機構

戦略的基盤技術高度化支援事業

・「加工最適化機能を有する CFRP(CFRTP) 高精度加工システムの開発」

公益財団法人科学技術交流財団

「知の拠点」重点研究プロジェクト

・「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発プロジェクト」

・「超早期診断技術開発プロジェクト」

一般財団法人製造科学技術センター

アイデアファクトリー事業

・「将来技術先取り設計」

一般財団法人金属系材料研究開発センター

・航空機用 CFRP の高効率な非回転型加工技術の開発
補助事業-ワーク (被切削 CFRP) の切削面ダメージ評価テスト

三菱総合研究所

・「VOC 検知器評価法の国際標準化」

発表：誌上発表322件、口頭発表621件、その他71件

難加工材成形研究グループ

(Low-Formability-Materials Processing Group)

研究グループ長：松崎 邦男

(つくば東)

概要：

マグネシウム、チタン、ステンレス等の難加工材の成形や難易度の高い形状への成形について、省エネ工程で環境に配慮した成形技術を金型の潤滑システムとともに開発する。そのために、素材の製造技術とその成形技術を粉体加工と塑性加工を主としたプロセスの高度化、複合化、融合化によって開発する。素材の成形性を改善するための加工熱処理技術の確立、応力条件を制御した温間、熱間鍛造や転造加工技術の開発、マグネシウム合金板材の冷間プレス成形技術の開発およびスピニング加工の高度化を行う。また、医療デバイスを目指して精密 Mg 細管を製造するための押し出し、引抜き加工技術を開発する。さらに、金型への固体潤滑材のコーティング技術を検討し、ドライ成形用金型の開発を行う。チタン合金やステンレス等については、粉末法を用いた機能性材料の開発とレーザーによる成形技術を開発する。これらの技術を統合することでオンデマンド成形の構築を目指す。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3、テーマ題目10、テーマ題目12

テーラードリキッド集積研究グループ

(Tailored Liquid Integration Group)

研究グループ長：加藤 一実

(中部センター)

概要：

21世紀の高度情報化社会・環境調和型社会の持続的発展と高齢化社会における医療福祉技術の高度化のため、グリーン・イノベーションの核となる材料・シス

テムの創成に向けて、無機・有機ナノ材料の適材配置により、ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材を開発する。当研究グループでは、溶液化学をベースとした集積プロセス技術の体系化を目指し、溶液内機能発現ユニットの合成技術、溶液反応を経由したナノ～マイクロ領域の構造形成技術、複雑形状基板やフレキシブル有機高分子材料上への精密構造体の集積化技術等に関する研究開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。具体的には、酸化物ナノクリスタルの合成・配列・接合・評価に関する基盤技術の開発、誘電/蓄電デバイスの高性能小型化に向けた単結晶ナノキューブのボトムアップ技術の開発、微細な凹凸構造やメソ孔を有する半導体酸化物電極を用いた医療用部材の開発を実施した。

研究テーマ：テーマ題目 8、テーマ題目 12

トライボロジー研究グループ (Tribology Group)

研究グループ長：大花 継頼

(つくば東)

概要：

ナノスケールから大型のシステムまで、トライボロジー全般に係わる横断的かつ基礎・基盤的技術の向上を図ることにより、我が国の産業競争力強化に貢献することを目標としている。具体的には、ナノスケールでの摩擦特性評価によるトライボロジー現象の解明からマクロへの展開をはかることにより、トライボロジー制御技術の開発を行う。さらに、「メカニカル機能付加技術」、「ケミカル機能付加技術」、「インタフェース高度化技術」を有機的に連携させることで、「ローエミッションプロセス技術」、「高効率プロセスの開発」を進めていく。その中で、環境面への配慮も含めたシステム性能を向上させることや、表面や潤滑システムに新しい機能を発現させることを目指す。中・長期的には、マイクロ/ナノトライボロジーを主軸とした研究を進め、トライボロジーを科学的に深化させ、グリーントライボロジー技術へと発展させていく。また、最先端の技術情報拠点となるべく研究グループ内の研究者個々人の研究ポテンシャルを高めるとともに、産業界の根幹技術であるトライボロジー技術の向上と普及に努める。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目 10、テーマ題目 12

集積加工研究グループ (Integration Process Technology Group)

研究グループ長：明渡 純

(つくば東)

概要：

機能材料・ナノ材料を実用的なデバイスに繋げる革

新的な低温プロセス技術や集積技術の確立と生産技術としての高度化を目指す。そのため、産総研が発見したセラミックス材料「常温衝撃固化現象」のメカニズム解明や、この現象に基づき独自開発した機能性材料の高速・低温コーティング技術であるエアロゾルデポジション (AD) 法や、同じく独自開発されたレーザー援用インクジェット技術、イオンビームなどを用いた表面改質技術など、先進的コーティングプロセス基盤技術の確立とデバイス試作、及びこれらのプロセス技術を実現するための計測・評価技術、さらに、これらの各要素プロセスを用い、生産システムとして省エネ、省資源に資するオンデマンド性の高いプロセス基盤技術を開発し、情報・エネルギーデバイス関連、省エネ構造材への応用展開を目指す。

研究テーマ：テーマ題目 3、テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 11、テーマ題目 12、テーマ題目 14、テーマ題目 15

生体機構プロセス研究グループ (Bio-Integration Processing Group)

研究グループ長：加藤 且也

(中部センター)

概要：

高齢化社会の到来を迎え、医療・バイオ分野における高付加価値製品のフレキシブル製造プロセス技術開発が急務である。当研究グループでは、生物機能を発現させるために必要とされる最小の単位 (ユニット) であるバイオユニットの集積により、細胞増殖・分化を活発にさせるなどの生体機能を自立的に誘導する、医療・バイオ分野に利用される材料・部材の革新的な製造技術の確立を目指している。さらに、ユニット製造における省エネルギー化を目指した「生体模倣型製造プロセス開発」も展開している。具体的には、これまでの方法では作製が困難であった無機-有機ハイブリッドコンポーネントを、生体内で起こっている無機化合物合成法を模倣することにより、省エネルギーかつ高効率な新規な製造プロセスを用いて創製する手法を開発している。また創製された集積体の他分野 (触媒担体や吸着材等) への応用も視野に入れている。

研究テーマ：テーマ題目 8

機能薄膜プロセス研究グループ (Thin Films Processing Group)

研究グループ長：真部 高明

(つくば中央第5)

概要：

当研究グループは、部門のミッションである製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷を実現する部材、製造プロセスの開発に関連して、特にエネルギー関連部材・モジュールの開発に貢献するため、超電導

材料を中心とした機能性無機薄膜材料の①ナノ構造制御薄膜コーティング技術、および②省エネルギー薄膜部材・モジュール集積化技術の開発を主に行う。具体的には①に関して、塗布熱分解法、塗布光照射法及びこれらと基板表面や中間層の制御技術などを組み合わせたナノ構造制御コーティング技術の開発とそれに基づく薄膜材料の高特性化、およびプロセスの高速化や省エネルギー化を図っている。また②に関して、部門内外及び企業との連携・共同研究を中心として、超電導マイクロ波フィルタ素子や超電導限流器等の省エネルギー素子モジュール・プロトタイプ作製技術への展開を進めている。

研究テーマ： テーマ題目5、テーマ題目12

表面機能デザイン研究グループ (Surface Interactive Design Group)

研究グループ長：三宅 晃司

(つくば東)

概要：

本研究グループでは、種々の環境条件に対応した(摺動)部材開発、部材表面への微細形状付与による摩擦・摩耗の制御技術の開発、表面修飾技術の開発をベースとした表面機能創成と応用を中核とし、これらの知見を基にした表面設計技術の開発を行う。上記研究開発を通し、分野重点課題である「製品設計・概念設計支援技術」および「省エネ製造技術」の開発に貢献するとともに、製造技術への物理化学的視点からのアプローチにより製造産業の発展に貢献していく。テーマ①トライボマテリアル創製技術では、潤滑環境に応じて最適な摩擦・摩耗特性を示す材料の開発を行う。特に、グリーンイノベーションに貢献することを目的として、水やアルコールを作動・潤滑流体として用いた場合に対応する金属基複合材料の開発を行った。テーマ②分子吸着解析・利用技術では、表面の化学的特性や表面自由エネルギーをコントロールすることを目指し、界面活性剤や各種潤滑剤・加工剤等による表面修飾により、物理化学的・生物学的な機能を発現させる技術の開発を行うとともに、其々の特性評価技術の開発を行っている。テーマ③表面機能設計・改質・利用技術では、表面テクスチャを利用した低摩擦表面を作り出すことを目指し、金属等の表面に微細な形状変化(例えば凹凸)や表面エネルギー変化(例えば異種材料の分散)を創製・評価する技術を開発している。さらに、テーマ①-③の技術をトライボロジー分野以外へ広く応用するための手法についても積極的に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

10

無機複合プラスチック研究グループ (Inorganic-Based Plastics Group)

研究グループ長：堀田 裕司

(中部センター)

概要：

高機能化・多機能化が要求される次世代社会基盤部材製造を支えるため、異種材料の融合・複合化による先進材料の創製、及びその製造プロセス技術の開発を進めている。当研究グループは、特に、機能性に優れたセラミックス、カーボン等の無機材料と軽量性・成形性に優れた樹脂・プラスチックの異種材料を複合化するためのプロセス技術及び先進複合材料に関して研究開発を遂行し、無機材料の特性を最大限に引出した高機能性プラスチック部材等の製造技術の確立を目指している。樹脂・プラスチックへの無機材料フィラーの複合化を粒子ハンドリング、粉末構造制御、界面制御、外部場を用いたプロセス技術等の視点から取り組むことで、無機材料の特性を最大限引出した無機複合プラスチック部材の開発を実施し、産業技術基盤と国際競争力の強化を図る。

研究テーマ： テーマ題目7、テーマ題目16

電子セラミックプロセス研究グループ (Electroceramics Processing Research Group)

研究グループ長：申 ウソク

(中部センター)

概要：

持続的な競争力につながる高付加価値製品やエネルギー・環境関連製品の材料・部材技術をさらに発展させるために、セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料のマルチスケールでの接合・融合化と適材配置による高性能ガスセンサや新しいデバイス応用の多機能部材開発を行う。

マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発、高分散性ナノ粒子の製造技術開発、新規エネルギーデバイス製造技術開発を行い、①新材料によるデバイス開発、②デバイスプロセスによる新機能発現と実証を基本方針とし、材料開発からプロトタイプの作製までトータルな研究開発、ガスセンサ検知評価法のISO化に向けた研究を進める。

具体的には、マイクロデバイス集積化用触媒の高度化技術開発では、様々な触媒を一つのマルチガスデバイスに集積化し、呼気中の低濃度可燃性ガスを検知する技術を開発する。高分散性ナノ粒子の製造技術の開発においては、コアシェル型酸化セリウムナノ粒子の量産技術を開発しながら、小粒径のナノ粒子製造及び分散方法を検討する。ガス検知器評価法ISO化に向けては、ガス発生器で作製した混合ガスを評価するとともに、標準案に試験結果を反映する。

研究テーマ： テーマ題目4、テーマ題目6

マイクロ加工システム研究グループ
(Ingenious Micro-Manufacturing Systems Research Group)

研究グループ長：芦田 極

(つくば東)

概要：

マイクロファクトリ（製造対象の寸法に見合った小型の生産加工システム）のコンセプトに基づき、創意工夫に富んだ新たなマイクロ加工システムの研究を推進する。加工対象が小さくなり、加工装置を小型化しようとする、これまでの製造技術では対応できない新たな課題に直面する。それらを解決するために、新原理を適用したマイクロ加工プロセス、マイクロ計測・検査技術、小型アクチュエータ要素、これらを組み合わせた制御システム等を試作開発し、評価を行う。機械加工および加工機械のマイクロ化により、省エネルギー・省資源効果、およびフレキシビリティ向上による多品種少量生産に資する製造技術を創造し、ミニマルマニュファクチャリングの具現化を目指した研究を展開している。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

フレキシブル化学コーティング研究グループ
(Flexible Chemical Coating Group)

研究グループ長：土屋 哲男

(つくば中央第5)

概要：

本研究グループは、重点課題「多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発」を主に担当し、グリーン・ライフイノベーションに資する材料・部材・デバイスの省資源・省エネルギー製造に貢献するフレキシブルな化学コーティング技術の確立をミッションとし、1)フレキシブル化学コーティング技術開発、2)化学コーティング材料開発、3)部材・デバイスへの応用展開を行った。1)、2)では、平成23年度部門内研究加速課題「低環境負荷オンデマンド製造技術の開発」を中心として、塗布照射法、ナノ粒子光反応法による室温・大気中製造プロセスを可能とする新規溶液の開発と金属ナノ粒子固定への展開、およびフッ素官能基化技術の高度化により、材料高機能化を可能とする製造技術を開発した。また、重点研究加速予算（戦略予算）「パワー半導体モジュール用高耐熱性実装部材の先導開発」において、高温で安定な抵抗体薄膜材料の開発を行った。更に3)では、これらの要素技術を用いた部材・デバイスへの展開を行うため、企業との共同研究による省エネ光デバイス、交通・避難用安全表示板、小型赤外センサの開発や、大学との共同研究によるフッ素官能基化ナノインプリントモールドの開発、体内貯留型新規MRI造影剤などの部材・デバイス作製技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目12

セラミック機構部材化プロセス研究グループ
(Ceramic Mechanical Parts Processing Group)

研究グループ長：北 英紀

(中部センター)

概要：

一般にセラミックスは高度に精製された原料を使用し、高温で焼き固めて作製されており、その製造過程で多大なエネルギーを消費している。一方、その優れた特性を活かし、使用過程における環境負荷を下げることもできる。環境調和と競争力の両立を狙いとしたミニマルマニュファクチャリングでは、各過程でのロスを少なくすると同時に、ライフサイクル全体での環境負荷バランスも考慮した開発を進めることが必要である。具体的には、原料製造、成形、焼成等のプロセス過程で生じるロスを出るだけ小さくし、無駄を省き、効率の高いプロセスを開発すると同時に、セラミックスに合った応用を慎重に検討し、適用化に必要な技術課題を解決していくことがミニマルマニュファクチャリングへの道筋であると考えられる。当研究グループでは、上記考えに基づき、主に窒化ケイ素等のエンジニアリングセラミックスを対象として、窒化の基礎研究を起点とした原料技術から成形、接合、焼成といったプロセス、そして部材化とその応用、さらに、ライフサイクルでの資源消費性の評価に至るまでの幅広いレンジでの研究をミニマルマニュファクチャリングの基軸として進めている。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目13

セラミック組織制御プロセス研究グループ
(Ceramic Structure Controlling Group)

研究グループ長：吉澤 友一

(中部センター)

概要：

高度化・高性能化する製造システムや産業機器を支えるための中核となる先進構造部材を創製することを目的に、材料機能を合目的かつ効率的に部材構造中に配置する製造技術の開発を行っている。特に、セラミックスが本質的に有する高い硬度、耐食性、化学的安定性等を部材機能に取り込んだ高耐食性部材、高耐摩耗性部材、高性能多孔体部材等の開発を目指している。このため、内部と異なる表面構造を付与するためのプロセス技術、気孔の大きさ、分布状態、配置・配向、傾斜化を可能とする気孔形成技術等の開発に取り組んでいる。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目13

機能集積モジュール化研究グループ
(Functional Integration Technology Group)

研究グループ長：藤代 芳伸

(中部センター)

概 要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、高性能のセラミックリアクターや次世代蓄電デバイス等の革新的な材料・製造技術の実現が期待される。小型高効率化や多機能化といった飛躍的な性能向上を実現するためには、従来技術では不可能であった機能発現を目指し、ナノレベルでのセラミック構造制御やイオン伝性材料や機能触媒等の最適化により、高度に集積した部材構造を造り込むモジュール化技術の開発が不可欠となる。高度なセラミック集積化プロセス技術の開発により、次世代型固体酸化燃料電池 (SOFC) 等の電気化学デバイスの多燃料利用技術や、低温域からの急速起動・停止運転での耐久性向上等を目指し、ナノ～マクロスケールにわたる高次構造制御を行い、ナノ電極技術を活用する集積型のコンパクト発電モジュール製造技術等を開発した。また、次世代セラミック蓄電池向けの部材や集積技術を開発し、電動化が進む次世代自動車やポータブル分散電源等での高効率発電と大容量蓄電技術を組合せたハイブリッド電源技術等の実現に向けた革新的な材料・製造技術を開発した。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 5、テーマ題目 15

結晶制御プロセス研究グループ

(Crystal and Materials Processing Group)

研究グループ長：秋本 順二

(つくば中央第5)

概 要：

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代型のリチウム二次電池等に適用可能な高性能な結晶材料の開発が期待されている。当グループでは、低温溶液合成法などの素材製造技術、良質な結晶育成技術、並びに結晶構造解析技術・評価技術を応用・発展させて、新規結晶材料の開拓とその製造技術の確立を目指している。

具体的には、イオン交換合成法、低温溶融塩法、オゾン酸化法、マイクロ波加熱法などの低温溶液を用いた素材合成技術を開拓・適用し、コバルトフリー正極材料に代表される大容量・低コストの電極材料であるマンガン酸化物、チタン酸化物、鉄酸化物などの新規機能性無機結晶材料の合成・開発を行う。また、そのための基盤となる結晶構造解析技術の高度化、精密結晶成長技術の確立を目指す。さらに、次世代ポストアリチウム二次電池への応用が期待される新規酸化物材料等の設計・合成と評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目 4、テーマ題目 15

特異反応場プロセス研究グループ

(Specific-Field Processing Group)

研究グループ長：安岡 正喜

(中部センター)

概 要：

外的エネルギー（急速昇温・急冷、電場、磁場、光、圧力、引張、超音波、マイクロ波など）および内的変化（爆発、自己組織化、均質化、成長など）により形成される特異な化学反応場や特殊な環境場等を利用することによって目的の材料を得ることや、新たな環境下での新規なプロセスの開発及びその産業応用への展開を図ることをグループの長期的目標とする。対象としては、モーターなどの動力変換部材、熱電変換部材、アクチュエータ等の材料開発やマイクロ波を利用した製造プロセスの開発等があげられる。すなわち特異反応場を利用することにより、従来法とは異なった構造や特性を付与した新規部材創製のためのプロセスを提案し、それらの反応場に関する最適化や可制御性付与に重要なパラメータの抽出を理論解析及び実験の両面から進める。また、出口指向の展開においては、将来のニーズをとらえた製造プロセスの開発を推し進める。例えば自動車分野における電気自動車の高性能化につながる新規磁石の開発やCFRPによる軽量化を推進するため、高速製造プロセスの開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目 9

機能・構造予測検証研究グループ

(Functional and Structural Damage Verification Group)

研究グループ長：鈴木 隆之

(つくば東)

概 要：

近年、機器・構造物は「最小の資源」、「最小のエネルギー」で「最大限の機能・特性」を、「安全信頼性」を確保しつつ発揮することが要求されている。したがって、製造時や供用過程に生じる損傷・欠陥を評価し、これに基づき機器・構造物の「寿命・余寿命予測」や「メンテナンス計画の策定」を実施すること、さらには、これらの知見を通して設計上流の概念設計へと反映させることが必要になってきている。当研究グループではこれらの要求に応えるべく、様々な系の先進材料を用いた機器・構造物を対象に、実機で生じる複雑欠陥について評価が可能な非破壊損傷評価技術の開発を行うとともに、材料の耐久性評価試験や欠陥解析を実施し、機器・構造物の寿命・余寿命予測技術の開発を行う。さらに、これらの知見をもとに合理的なメンテナンス計画の策定のために必要な事項を提示する。

研究テーマ：テーマ題目 10

システム機能設計研究グループ

(System Functional Design Group)

研究グループ長：三島 望

(つくば東)

概要：

当研究グループは、加工技術情報、使用時の摩擦磨耗特性、寿命・余寿命などの技術情報を統合し、製品設計の上流段階を支援することを目的に研究活動を行っている。平成23年度は、設計因子間の因果関係を明示的に記述し、設計上の議論を円滑に進めるための「デザイン・ブレイン・マッピング (DBM) ツール」などの個別要素技術の開発に加え、現在までに開発した設計支援ツールを有効に活用するための設計フレームワーク (設計手順) についてもまとめた。この設計フレームワークの適用事例としては、製品の軽量化および信頼性向上の観点から「チタン合金締結部材」を取り上げ、その有効性を検討した。次年度以降も個別要素技術の高度化やより複雑な事例を用いた有効性の検証を行う。具体的には、個別要素技術の高度化として、設計上流段階で利用可能な CAE の開発、一方、事例研究としては、機械工学分野だけでなく電気工学分野における知識も同時に設計因子として扱う必要のある部材レベルの事例や部品点数の多い製品設計、さらには、製品に付帯するサービスの設計も含めた検討を通じて、提案する設計支援システムの有効性を検証する。

研究テーマ：テーマ題目10

製造情報研究グループ

(Manufacturing Information Group)

研究グループ長：澤田 浩之

(つくば東)

概要：

企業の競争力や体質の強化を目的として、受注、製品設計、工程設計、生産計画、製造管理、出荷管理、在庫・物流管理等、設計製造プロセスの情報化推進を支援するための研究開発およびその導入のための技術指導を行っている。その一環として、あらかじめ用意されたソフトウェア部品を組み合わせることによって簡単にITシステムを構築するソフトウェア作成ツール MZ Platformを開発し、産総研コンソーシアム「MZプラットフォーム研究会」を通じて公開している。また、ものづくり支援ツールの1つとして、各地の公設試験研究機関や産総研産学官連携推進部等の協力により、普及セミナーや講習会の開催、技術研修、製造業への導入と業務システム開発、民間ソフトウェアベンダーへの技術移転を進めているほか、故障解析支援システム等、MZ Platformをベースとした設計製造支援ソフトウェアの研究開発も実施している。これ以外にも、製品設計の初期段階や工程設計段階で利用可能な

シミュレーション技術やモデリング技術の研究、立体幾何学等の数理的手法の製造技術への応用研究を並行して行っている。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目14

基盤的加工研究グループ

(Metal Processing Research Group)

研究グループ長：岡根 利光

(つくば東)

概要：

切削、鋳造、鍛造、熱処理、溶接の各加工技術を対象に、加工評価実験・加工現象のモニタリング手法やシミュレータ開発を通して、加工メカニズムの解明と高度化を進めている。また、IT を活用した技能継承技術の開発を目標に、ものづくり製造分野における熟練作業者の高いレベルの技能を分析・モデル化して表現する技術の研究を進めている。これらの成果をベースとした技能継承支援ツール「加工テンプレート」について普及活動を進めている。IT を利用した中小企業への技術の普及・技術支援を目的に、現在 web で公開している「加工技術データベース」についても、当グループの対象加工分野についてメンテナンスと拡充・普及活動を進めている。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目11、テーマ題目14

加工基礎研究グループ

(Processing Fundamentals Research Group)

研究グループ長：加納 誠介

(つくば東)

概要：

高効率・高精度加工を実現する加工方法を考える場合、剛体間で発生する物理化学現象として考える場合が多い。しかし、現実には剛体はわずかに変形し、一部では無作為に破壊が発生し、表面の構造が変化する。このため、さまざまな問題が発生し、「難加工材」とよばれる部材を生み出している。

加工基礎研究グループでは、様々な専門知識を有する研究員が加工プロセスを物理化学的見地から観察・分析・解析し、加工現象を解読することで、「難加工材」を制御性よく加工することを目指す。このため当該グループでは、材料の「変形」と「すべり」と「表面破壊」に関する現象の解明と現象の制御を研究対象としている。これらの研究を進めるうえで企業との連携も重要と考え、資金提供型共同研究を「トライボロジー研究グループ」および「表面機能デザイン研究グループ」と協力して積極的に推進するとともに、それぞれの重点課題参加グループとも連携を取りながら推進する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目

エンジニアリングセラミックス研究班 (Engineering Ceramics Research Party)

研究班長：平尾 喜代司

(中部センター)

概要：

半導体、非鉄、鉄鋼などの製造業、さらには、環境・エネルギー分野における機器、システムはますます高度化し、これらのシステムを構成する部材に求められる要求性能も高いものになってきている。セラミックスは高い弾性率、硬度、耐熱性、軽量性、耐食性など優れた特性を兼ね備えており、金属、プラスチックでは対応が困難な環境で用いられる材料・部材として重要なものとなっている。

当研究班は、このような社会的な要請に応えるため、構造用セラミックスに関する二つの研究グループ（セラミック機構部材プロセス研究グループ及びセラミック組織制御プロセス研究グループ）を横断的にまとめ、エンジニアリングセラミックスに関する研究を一層加速するために平成20年度に設置された。セラミックスの材料・プロセッシングに関する知見、知識を基盤技術として、NEDO プロジェクトや民間企業との共同研究等を通して高性能セラミック部材を活用した省エネルギー技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目13

先進コーティング技術プラットフォーム研究班 (Research party for Advanced coating technology platform)

研究班長：明渡 純

(つくば東、第5事業所、中部センター)

概要：

先進製造プロセス研究部門で開発された「エアロゾルデポジション法」や「光MOD法」、「レーザー援用インクジェット法」、「テラーリキッドソース」、「DLC コーティング」などの産総研が有するオリジナルなプロセス技術を実用化して社会に還元するためには民間企業との緊密かつスピーディーな連携をとることが必要である。本研究班では、①従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証、②複数の皮膜特性評価による成膜プロセスのメリット・デメリットの明確化、③プロセス上の問題点の把握と解決、④適切な特許戦略、⑤地域ニーズの把握、⑥成膜ノウハウ・知見のデータベース化など、企業にとって判断基準となる指標を提供しつつ、専門性の高い人材による産総研内外の連携により研究開発を行うことで成膜プロセスの産業化の加速を目指す。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目12、テーマ題目15

ものづくり支援ツール研究班

(Monozukuri Support Tools Research Party)

研究班長：尾崎 浩一

(つくば東)

概要：

平成21年度まで、産総研旧デジタルものづくり研究センターでは、日本の製造業の技術力向上、技術・技能継承、IT化促進を目的として、中小企業庁プロジェクト等において、機械部品製造に係る幅広い加工技術情報をインターネットで公開する「加工技術データベース」、自社の技術・技能の分析・蓄積・利用による技能継承・共有化するためのITツールとしての「加工テンプレート」、高度なIT知識を必要としない業務用アプリケーションソフトの開発環境としての「MZプラットフォーム」を開発し、製造企業への普及を図ってきた。平成22年度から、旧デジタルものづくり研究センターが先進製造プロセス研究部門と統合するにあたり、これらの開発に携わってきた2つの研究グループ（基盤的加工研究グループ及び製造情報研究グループ）を横断的にまとめ、上記3つの開発成果を「ものづくり支援ツール」としてさらに整備し、企業現場へのさらなる普及活動を実施することを目的として当研究班を設置した。

企業への普及においては、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を図る。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目14

[テーマ題目1] 難加工材の高精度高効率加工のための加工現象解明

[研究代表者] 加納 誠介

(加工基礎研究グループ研究グループ)

[研究担当者] 加納 誠介、三宅 晃司、松崎 邦男、芦田 極、岡根 利光、大花 継頼
(常勤職員6名)

[研究内容]

ものづくりを柱とした産業競争力強化には加工現象そのものの理解を深め、新規材料や通常の加工方法では高精度高効率加工が困難な材料への加工を可能とする基盤的基礎技術の開発が必要である。被加工物・工具・切子や加工変質層・加工液などの加工環境や加工機の変形や振動といった4体問題を扱う複雑な現象をこれまでは試行錯誤で解決してきた。この状況を打破し、材料表面の破壊プロセスや加工プロセスを材料物性や化学反応・加工エネルギー授受の観点から再検討することにより、未経験材料の加工や現状での難加工材料の高精度高効率加工を実現する加工方法の提示を目指している。本研究開発では、機械加工プロセスを対象に表面破壊や塑性・弾性変形の素過程の観察解析・科学的解明を図り、現状での加工の限界を超えることが可能かどうかの見極めと、

限界の原因や限界を超える方法の提示を行うことを目指した研究を推進している。

加工現象、とくに表面の破壊プロセス・変形プロセスへの理解を深めるためには、工具の被削材への切り込み過程や工具の加工時の先端軌跡、切子の発生剥離過程等の過渡的現象を把握し、プロセス中の破壊や変形を解析することが重要となってくる。現象をモデル化することが最終目標であり、このためには加工にかかわる「力の測定」が重要となる。機械加工では表面の変形や破壊がキーとなるため、そこで発生する力の変化がわからなければ解決の方法を検討することができないため、まずは様々な状態での加工抗力の測定を行う。最終的にはモデル化された現象を理解し、工具形状や工具材質の改善や、工具表面改質、加工液などのプロセス環境改善を図ることなどで難加工を克服していく。

このため、機械加工の代表例として除去加工（切削や研削）と変形加工（鍛造や転造など）を対象に、タンゲステンやモリブデン等の金属難削材や複合材などのダイヤモンド単結晶工具やサーメット工具等による表面破壊や塑性・弾性変形の素過程をモニタリングすることで、複雑に絡み合うパラメータ間の関係を明らかにし、加工現象の科学的解明を行う。今年度は、このために必要な「振動計測のための基盤的システムの構築」を行った。このシステムを用い、超精密加工機における工具の振動計測や加工中のワークの振動計測に着手した。今後はさらに、加工に伴う反力の変化を加工現象や加工精度と結び付け、現象を物理化学的に解析し、加工現象の基礎的解明と新たな加工システムの提示・加工方法の構築を図る。先進製造プロセス研究部門の有する様々な加工技術、評価技術等の高度な知見を系統的に連携させ、加工にかかわる課題を把握し、表面破壊や変形にかかわる過渡的現象を観察・解析する手法を適応することで加工現象のモデル化を進める。これにより、次世代材料や難加工材料の製造分野への適応が可能となり、高効率航空機エンジン翼や高効率発電用タービン翼の高精度加工などに広範で大きなインパクトが期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超精密加工、振動計測、加工抗力

【テーマ題目2】 高性能セラミックス部材と表面加工技術を用いた省エネ製造技術

【研究代表者】 平尾 喜代司

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 平尾 喜代司、北 英紀、近藤 直樹、長岡 孝明、日向 秀樹、北 憲一郎、堀田 幹則、吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、福島 学、大司 達樹、大花 継頼、是永 敦、鈴木 健、間野 大樹、三宅 晃司、日比 裕子、中野 美紀、加納 誠介

(常勤職員20名)

【研究内容】

製造業における消費エネルギーの削減はエネルギー・環境問題の両面から極めて重要な課題である。本研究では、製造業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術、及び機器及びシステムの摩擦損失を20%以上低減させることが可能な表面加工技術を開発することを目的としている。平成23年度の成果は次の通りである。

粉体を分散させたスラリーをゲル化させた後に凍結・乾燥を行う多孔体製造手法を高度化させることにより、極めて高い気孔率（気孔率90%以上）を有し、かつ連通孔を閉塞させた隔壁細孔構造を持つ多孔体の製造方法の開発に成功した。隔壁細孔構造化により機械特性の向上と輻射・対流の抑制が可能となるため、優れた断熱材としての展開が期待できる。さらに、多孔体の熱特性評価に有効であるホットディスク法熱物性測定装置を導入し、超高気孔率多孔体の熱通過率など、熱伝達物性の測定法の検討を開始した。

表面加工による摺動システムの低摩擦化・耐摩耗性向上においては、ナノストライプを構成する材料の組み合わせについて、ピンオンディスク試験機を用いた摩擦および摩擦測定による検証を行なった。その結果、固体潤滑性を有する材料と耐摩耗性に優れた材料を組み合わせ、かつ基板との密着性を向上させることが摩擦低減に効果があることを見出した。実際の機械システムで多用されている鉄系基板に対しては、カーボンと炭化ケイ素（SiC）の組み合わせが耐摩耗性に優れており、前述の条件も満たすことから、摩擦低減に有効であるとの手掛かりを得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 多孔体、気孔、隔壁、断熱、ナノストライプ、摩擦低減、耐摩耗性、トライボロジー

【テーマ題目3】 低環境負荷オンデマンド製造技術の開発

【研究代表者】 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 明渡 純、土屋 哲男、小倉 一朗、芦田 極、佐藤 治道、松崎 邦男、荒井 裕彦（常勤職員7名）

【研究内容】

多様なニーズに応え、部材・デバイス・製品製造における省資源・省エネルギーに貢献するため、オンデマンドで多品種変量生産に対応できる製造基盤技術、さらには、高効率製造、長寿命化を考慮したリペア技術の確立を目指す。液晶パネル、タッチパネル製造でのオンデマンドリペアを実現するため、透明導電膜の局所補修用インク溶液と光反応プロセスを検討し、室温、大気中の光

照射でシート抵抗 $80\Omega/\square$ の ITO 膜の作製に成功した。また、これら無機化学溶液インクに対し、レーザー援用インクジェット法による配線微細化効果を確認した。さらに、オンデマンドリペアを行うため、パネル全面の高速欠陥測定装置の基本コンセプトについて検討し、装置概要を決定、レーザー光による表面スキャンを行うための予備実験装置を試作し、最高で $0.271\text{msec}/\text{scan}$ の速度で安定にスキャンできることを確認した。

また、スピニング加工については、金型形状、素板寸法と無次元化したパス形状から、多サイクル絞りスピニングの工具軌道を自動生成するプログラムを開発し、実際のリフレクタ部品に適用し、 1mm 厚の AZ31 合金板から実寸（直径 103mm ）のリフレクタ形状の成形に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 オンデマンド、リペア、多品種少量、レーザー援用インクジェット、塗布熱分解法、塗布照射法、欠陥検出、レーザー走査、スピニング加工

【テーマ題目4】 次世代セラミック電池材料・製造技術の開発

【研究代表者】 藤代 芳伸

（機能集積モジュール化研究グループ）

【研究担当者】 藤代 芳伸、濱本 孝一、鈴木 俊男、山口 十志明、鷺見 裕史、秋本 順二、間宮 幹人、木嶋 倫人、申 ウソク、廣瀬 伸吾、明渡 純（常勤職員11名、他1名）

【研究内容】

資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術として、次世代自動車や再生可能エネルギー利用のスマートグリッドでの分散電源等に利用される安全、高容量、低コストの新たな次世代電池デバイス材料・部材の製造プロセス技術の開発を目指し、ナノレベルからの構造制御を活用する機能性セラミック材料、集積技術等の製造プロセス技術を活用する次世代セラミックス蓄電池、新たな蓄電材料～部材～モジュール製造技術を開発する。平成23年度は、分散電源等のマイクロ SOFC 技術として、分子量の高いブタンガス等で 600°C の低温域で困難であった直接発電や電極耐久性向上が可能なアノード電極（触媒複合化燃料極と気孔制御）や急速起動型新規集積モジュールを試作し、高効率ポータブル電源への適応性を検討した。さらに、ガーネット型リチウムイオン伝導固体電解質材料の導電特性の改善や、昨年開発した常温で高いイオン伝導性を有する NASICON 系リチウムイオン伝導性セラミック電解質シート部材技術を用い、コイン型電池のみならず、 $2\times 4\text{cm}$ のセラミック電解質シートでのラミネート型蓄電池へ発展させ、2直列型の試験用パック電池を試作し、 6.79V の理論起電

力や充放電での電池性能を確認した。

一方、高容量化・低コスト化に向けたポストリチウム蓄電池として、ナトリウム二次電池用の新規マンガン酸化物系正極材料を開発した。色素増感型太陽電池の研究開発では AD 法による多孔質光電極構造の作製を行い、作製条件を最適化した。これらの検討により、セル構造による電池特性評価を実施し、ガラス基板上での変換効率 7% 、プラスチック基板上で変換効率 5% を達成し、熱を加えない光電極作製プロセスとして世界最高レベルの変換効率を得ることに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 機能～構造部材融合化、多燃料利用 SOFC、ポータブル電源、セラミック電解質、高集積化プロセス、機能性イオン伝導セラミックス、セラミックナノ構造電極、ナトリウムイオン電池、金属空気二次電池、全固体電池、シート成形、電気自動車、分散電源、色素増感型太陽電池

【テーマ題目5】 超電導薄膜素子加工技術の開発

【研究代表者】 真部 高明

（機能薄膜プロセス研究グループ）

【研究担当者】 真部 高明、相馬 貢、山口 巖、松井 浩明、明渡 純、廣瀬 伸吾、瀬渡 直樹、藤代 芳伸（常勤職員8名）

【研究内容】

中期計画小項目「資源生産性を考慮したエネルギー部材・モジュール製造技術高付加価値技術系」の一環として、低消費電力・高性能な省エネルギーデバイスである超電導マイクロ波フィルタモジュール製造プロセス関連技術の開発を行った。

マイクロ波フィルタ用超電導薄膜に関しては、サファイア基板上に両面製膜した光 MOD-YBCO 超電導膜がフィルタ実用レベルの低い表面抵抗 (R_s) を示すことを確認し、この薄膜の各種サブミリパターン加工技術に関する検討を行った。その成果を踏まえ、2インチ径サファイア基板上両面薄膜をドライエッチング加工することにより、企業と共同でチェビシェフ6極マイクロ波受信フィルタ (800MHz 帯・携帯基地局用) を試作することに成功した。

上記マイクロ波フィルタ等各種超電導デバイス作製においては電極端子形成技術も重要である。本テーマでは新規金属厚膜作製プロセスに取り組み、下地超電導層の特性劣化を抑制しつつ、金属厚膜を超電導層上に高速成膜することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 コーティング技術、塗布照射法、パターンニング技術、超電導マイクロ波フィルタ

〔テーマ題目6〕マルチセンサによる可燃性ガス混合流の熱量計測システムの開発

〔研究代表者〕 申 ウソク（電子セラミックプロセス研究グループ）

〔研究担当者〕 申 ウソク、伊豆 典哉、西堀 麻衣子、伊藤 敏雄（常勤職員4名）

〔研究内容〕

石炭火力発電システムのガスタービンへ供給される燃料（ H_2 、 CH_4 、 CO の混合ガス）の熱量をリアルタイムモニタリングできるカロリメータを開発する。デバイス集積化用燃焼触媒技術、燃料を触媒燃焼させ電圧に変換して出力する熱電デバイス技術、およびマルチセンサ技術を融合したカロリメータを試作する。成分比が変動する燃料ガスの熱量と出力との相関を明確にし、カロリメータを用いたガスタービン制御用熱量計測システムを開発する。

平成23年度は、試作したマルチセンサを可燃性ガス中で評価し、カロリとセンサ出力の相関を求めてガス応答での技術課題を明らかにし、さらに、システム組込に必要なセンサパッケージングを試作した。石炭火力発電システムへの応用展開に向けて、関連する米国プロジェクトの実施内容を調査し、燃料ガス成分計測の動向及び関連技術の仕様を調査した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 デバイス集積化用触媒、カロリメータ、ガスセンサ、ナノ粒子合成、低カロリ発電、熱電変換素子、マイクロアレー

〔テーマ題目7〕炭素繊維／樹脂ビーズの開発

〔研究代表者〕 堀田 裕司（無機複合プラスチック研究グループ）

〔研究担当者〕 堀田 裕司、今井 祐介、佐藤 公泰（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

次世代の輸送機器（航空機、自動車、鉄道等）、発電用風車、建材において、軽量性・強度に優れる炭素繊維強化プラスチックが注目されている。炭素繊維強化プラスチックは炭素繊維と樹脂からなる複合材料であるが、現在の製造工程では一般的に熱硬化性樹脂が用いられるために成形時間が長く、自動車等の大量生産品への対応が困難なこと等の問題がある。そのため、炭素繊維強化プラスチックの開発に於いては、マトリックス樹脂を現状の熱硬化性樹脂から熱可塑性樹脂へ転換することが求められている。この様な背景から、加熱押出混練機などの熔融混練技術を用いて、炭素繊維と熱可塑性樹脂を複合化したペレットが開発されている。しかしながら、炭素繊維の繊維含有量が増すと混練機内の熔融物の粘度が増加するため、現状ではそのペレット中の炭素繊維含有量は30%程度が限界である。当グループでは、これまでに可とう性を有するセラミックス／樹脂の複合ビーズを

開発し（特許出願済み）、プレス成形によって無機材料フィラーを樹脂中に高充填化した複合材料を簡便に作製できる事を見出してきた。本テーマでは、この技術を活用し、炭素繊維複合樹脂ビーズを作製できれば、加熱プレスを用いた易成形性で、且つ高繊維含有量の熱可塑性炭素繊維強化プラスチック（CFRTP）を提示できると考え研究開発を実施した。

本テーマでは、熱可塑性樹脂としてポリカーボネートを用いた。研究開発の結果、50vol.%以上の高繊維含有量に於いて炭素繊維複合樹脂ビーズの作製に成功した。ビーズの内部観察を行ったところ、炭素繊維は表面だけでなく内部に於いても充填されていた。実際に開発したビーズを金型に導入し、265℃にてプレス成形することにより、簡便に CFRTP を作製することが可能であった。プレス成型体の表面、内部構造を観察したところ、金型にビーズを充填したときに生じる空隙を埋めるように、加熱及びプレス時の加圧によりビーズが可とうし、バルク体として密度の高い CFRTP が製造できる事を見出した。平成23年度は炭素繊維としてミルドファイバーを用いたため機械的強度の向上は強く現れなかったが、長繊維によるビーズの作製と繊維／樹脂間の密着性向上の開発をすすめることによって機械的強度の向上を期待できる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 複合材料、CFRP、加熱プレス成形

〔テーマ題目8〕酸化チタン電極を用いた医療臨床診断用バイオセンサーの開発

〔研究代表者〕 加藤 一実（テラードリキッド集積研究グループ）

〔研究担当者〕 加藤 一実、加藤 且也、木村 辰雄、増田 佳丈、斎藤 隆雄、稲垣 雅彦、寺岡 啓（常勤職員7名）

〔研究内容〕

水溶液を用いた低温集積プロセスや界面活性剤を用いたメソ孔形成プロセスにより、様々な微細構造を有する半導体酸化物薄膜を製造することが可能である。特に酸化チタンについては結晶性や孔径を制御した各種薄膜を任意に合成することができ、これまでに DNA や抗体などのタンパク質が表面に吸着する性質や、色素標識されたタンパク質からの電子移動に関する基本的な性質を検討してきた。一方、酵素や抗体などのタンパク質をメソ孔に導入することにより、高活性で安定なバイオ触媒を合成することもできる。これらの半導体酸化物の微細構造制御による生体分子の機能付与技術と酵素や抗体の選択的反応を利用したバイオアッセイ技術を組み合わせることにより、新しい概念の酵素複合型酸化チタン電極デバイスが可能になる。この新デバイスは半導体酸化物電極や標識色素の光励起ではなく、酵素の酸化還元反応に由来する電子の電極への移動に基づいて駆動するため、

酵素と酸化チタン電極のエネルギー障壁を低減することが鍵になると考えられる。

このような新デバイスの開発に向けて初期的な知見を獲得するため、本年度は次の3点を研究課題とした。1) 酸化チタン薄膜上における酵素吸着特性の解明：一般的に糖尿病診断に利用されている酵素のグルコースオキシダーゼなどを取り上げ、各種の酸化チタン表面において酵素の吸着挙動を解明する。2) デバイス構築のための電気化学的測定法の検討：作製した酵素-酸化チタン複合体薄膜の電極特性の評価法について調査を行う。3) 微細構造を制御した酸化チタン薄膜の適用：吸着後に酵素の活性が最大となるような孔径や表面構造などを検討する。

市販のルチル単結晶基板（各種結晶方位：(100)面、(110)面、(001)面）、ゾル-ゲル法により550℃で作製した多結晶アナターゼ膜、水溶液を用いた液相析出法によって50℃で作製したナノ構造酸化チタン膜を用いた。糖分解酵素のグルコース酸化酵素（GOX）および尿酸分解酵素のウリカーゼを含む溶液を前述の基板および薄膜上に滴下し、酵素を固定化した後、その酵素活性を評価した。具体的には、各種の酸化チタン表面（約1.5cm²）上に40μgの酵素を固定化した酵素-酸化チタン複合体を反応液に浸漬し、反応後の溶液の吸光度を測定することにより、酵素活性を評価した。その結果、複合化された酵素は固定化していない単独酵素とほぼ同等な活性を示すことが分かった。この結果から、酸化チタンの結晶面の違いによる酵素の吸着過程や活性を詳細に解明するには至らなかったが、多結晶酸化チタン薄膜やナノ構造酸化チタン薄膜上において酵素の吸着が促され、酵素の活性が低下しないことが示された。特にウリカーゼをナノ構造酸化チタンに固定化した場合、吸着洗浄後のリサイクル反応においても活性の維持が確認されたため、酵素電極としての利用が期待できることがわかった。以上のように、微細な表面構造を有する酸化チタン膜が酵素の吸着に有効であること、酵素電極として用いた場合に酵素が失活しないことなどの基礎的知見を獲得した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 半導体酸化物電極、生体分子、ハイブリッド部材、バイオセンサー、形態制御、界面、ゾル-ゲル膜、ナノ構造酸化チタン膜、酵素電極、酵素反応

【テーマ題目9】 難焼結性磁性材料のバルク化プロセスの開発

【研究代表者】 安岡 正喜

（特異反応場プロセス研究グループ）

【研究担当者】 安岡 正喜、砥綿 篤哉、杵鞭 義明、鈴木 一行（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究では、当グループの固有技術である酸化チタンナノ粒子の低温焼成技術を応用し、レアアースフリーの磁石

として期待される窒化鉄系磁石のバルク化プロセスについての基礎技術を開発することを目的とする。ナノ結晶磁石は結晶粒径が100nm以下の磁性粒子で構成される磁石である。この磁性粒子を用いて磁気特性の向上を図るには、磁性粒子同士の磁気的な結合による保磁力の低下を抑制することが必要で、磁性粒子を電気的絶縁層で均一に覆うことによって行なわれる。本研究開発では、電気的絶縁層としてSiO₂ガラスを選択し、ガラス層のクリープ変形によるナノ結晶磁石の作製を試みた。高圧下におけるSiO₂ガラスの緻密化過程の基礎的検討の結果、TEOS由来のSiO₂ガラスはガラス転移温度以下であってもクリープ変形することが見出された。そこで、ナノ構造の基本ユニットとして、SiO₂ガラスを均一被覆したナノ磁性粒子原料粉末を合成した。このナノ構造ユニットでは、被覆層のみが低温でクリープ変形するため、ナノ磁性粒子のサイズ・形状を変化させずに数百度程度という低温での成形・緻密化が可能となった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 磁石、窒化鉄、ナノ粒子バルク体

【テーマ題目10】 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

【研究代表者】 鈴木 隆之

（機能・構造予測検証研究グループ）

【研究担当者】 鈴木 隆之、西村 良弘、笹本 明、原田 祥久、中住 昭吾、加納 誠介、平澤 誠一、藤澤 悟、Ryalov Oleg、松崎 邦男、花田 幸太郎、中野 禅、加藤 正仁、大花 頼継、鈴木 健、是永 敦、間野 大樹、三宅 晃司、日比 裕子、中野 美紀、三島 望、増井 慶次郎、近藤 伸亮、往岸 達也、澤田 有弘、高本 仁志
（常勤職員26名、他1名）

【研究内容】

設計の上流段階において、可製造性、加工品質、耐久性、寿命、リサイクル性等を系統的に予測・評価するハードとソフトを融合させたトータル支援技術開発に関する提案を行うことを目標に、その要素研究として、寿命・余寿命評価結果に基づく保守計画を取り込んだ概念設計改善のための汎用手法の開発を行う。また、設計対象とするシステムをアフターサービスを含むものと捉え、曖昧な要求からサービス案を含む概念設計案を効率よく導出する手法を提案、確立する。

平成23年度は、共通課題であるチタン製ねじを製造するため、転造加工速度、熱処理条件などを種々変化させ、加工力等への影響を明らかにし、製造条件を最適化した。また、一層の性能向上を図るため、型表面テクスチャと潤滑特性との関係を系統的に評価可能な摩擦面観察システムを構築し、そのデータ取得を行った。

電磁非破壊評価と破壊力学的手法による欠陥解析からなる寿命・余寿命評価ツールに関しては、従来の平板中の欠陥の評価、解析に加え、円筒材やねじ等締結材中の表面欠陥の形状評価、および疲労破壊する場合の余寿命予測が可能となった。

これらの成果をもとに、機能劣化による価値低下とアフターサービスによる価値の再向上を考慮したモデルを提示し、ハードとソフトの知見を統合した設計支援ツールの基本構造を提案した。

加えて、設計ツールの将来のユーザーになると考えられる企業を対象にシンポジウムを開催し、上流設計段階での寿命・余寿命予測、メンテナンスを考慮したサービスの提供等、上流設計ツールへの要望を把握した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 非破壊損傷評価、寿命・余寿命予測、設計支援ツール

【テーマ題目11】 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

【研究代表者】 尾崎 浩一

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 尾崎 浩一、岡根 利光、今村 聡、碓井 雄一、伊藤 哲、山内 真、岩本 和世、梶野 智史、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、手嶋 吉法、瀬渡 直樹 (常勤職員13名、他6名)

【研究内容】

目標：

製造プロセスの高度化及びそれを支える技能を継承するために、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率かつ低環境負荷な加工技術を開発する。今年度は、可視化技術、情報技術について、それぞれ以下の研究を行った。

可視化技術では、鋳造プロセスにおいて注湯作業の安定化と後継者への注湯技能の継承を図るため、企業および公設研と連携して自動注湯システムを開発した。このシステムは、熟練者の作業を記録、再現、自動化、数値化することにより自動注湯するものである。これを用いることにより、熟練者特有のパラメータを抽出して解析し、後継者への技能継承に有効な情報を提示することが可能となる。このシステムの使用に際し、位置合わせには作業者の手作業が必要となるため、それを補助するためのAR(拡張現実)システムも同時に開発し、企業現場での実証実験により注湯システムおよびARシステムの有効性を検証した。

情報技術では、製品に起こり得る故障と原因を設計段階で事前に洗い出して因果関係を可視化し、高信頼性設計に貢献するソフトを企業、大学と共同で開発した。MZ Platformにより作業負担を軽減する操作性と拡張性を実現するとともに、FTA(故障木解析)における解

析品質向上と作業負担5割軽減を同時に達成し、自動車部品メーカー12社における検証評価を開始した。また、仮想生産技術としてSPH法(粒子法)による鋳造における湯流れ解析システムを開発した。これは製造プロセス決定のために必要な情報を十分な精度と速度で取得することを目的としたもので、湯口系設計に適用し、その有効性を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 可視化技術、鋳造、技能継承、情報技術、品質保証技術、初期設計、シミュレーション

【テーマ題目12】 先進コーティング手法で形成された機能薄膜特性のベンチマーク

【研究代表者】 明渡 純 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 明渡 純、加藤 一実、木村 辰雄、真部 高明、相馬 貢、山口 巖、松井 浩明、大花 継頼、土屋 哲男、中村 拳子、中島 智彦、廣瀬 伸吾、小木曾 久人、佐藤 治道、朴 戴赫、馬場 創、佐藤 宏司、瀬渡 直樹、鈴木 宗泰、中野 禅、村上 敬 (常勤職員21名、他1名)

【研究内容】

先進製造プロセス研究部門で開発された新規なコーティングプロセス技術をスピーディーに実用化して社会に還元するため、産総研オリジナル手法と従来型のコーティング法とのベンチマークによる比較検証や用途に応じた適用性の系統的分析をHP上で公開することで、成膜プロセスの産業化の加速を目指す。

本年度は、産総研が生み出したオリジナルコーティング技術の一つである「エアロゾルデポジション(AD)」を例にとり、既に産業化されている従来コーティング技術とのベンチマークを行った。具体的には、AD法と大気圧プラズマ溶射法の防錆コート用途での比較のための塩水噴霧比較試験結果から、従来手法に対し優れた防錆性が確認された。また、遠赤外用窓材のフッ化バリウム基材へのハードコートにAD法とイオンプレーティング法で比較検証した結果、赤外透過特性、耐摩耗特性、窓基材密着力など、すべての項目においてAD法が優れることが明らかになった。これら成果は民間企業との2件の共同研究に繋がり、うち1件は事業部移管の検討に入った。この他、同プラットフォームのHPを充実し、アクセス数：4712件、全体で122件の技術相談を受けた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 エアロゾルデポジション、レーザー援用インクジェット、光MOD、テラーリキッドソース、紡織コーティング、赤外コーティング

〔テーマ題目13〕 放熱基板の低コスト化に向けた廃ケイ素からの高機能窒化ケイ素の開発

〔研究代表者〕 日向 秀樹（セラミック機構部材プロセス研究グループ）

〔研究担当者〕 日向 秀樹、周 游、平尾 喜代司、北 英紀（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究は、半導体の製造工程でバイプロダクトとして生成する廃ケイ素を窒化ケイ素粉末原料、さらに、窒化ケイ素焼結体へと転換する高効率プロセスを開発することを目的とした。具体的には、燃焼合成法を用いて廃ケイ素から窒化ケイ素微粉末を作製する技術、並びに焼結助剤を含むケイ素粉末成形体を窒化後にポスト焼結を行う窒化反応・ポスト焼結による窒化ケイ素焼結体の製造について検討を行った。研究成果は以下に示す通りである。

燃焼合成を開始させる着火方法を最適化し、さらに、廃ケイ素に含まれる炭素の還元作用を積極的に利用することにより、従来数10気圧を必要とした窒化ケイ素の燃焼合成を10気圧以下の低い窒素圧下（最低2気圧）で合成する製造方法の開発に成功した。燃焼合成用の容器の中心部で生成された窒化ケイ素粉末は、不純物として含まれていた炭素等が気相でつぶ外周部に拡散するため、高い純度の粉末であり、容易に解砕できる微細粉末であった。

また、シリコン単結晶の切断工程で得られる水中に分散した廃ケイ素の利用に際しては、回収されるまでの環境の違いにより含有される不純物酸素量が大きく変動し、できるだけ早い段階で脱水保存することで、不純物酸素量の少ない高純度ケイ素が回収可能であることが明らかとなった。さらに、本原料を用いた窒化反応・ポスト焼結法で高熱伝導窒化ケイ素セラミックスを作製した場合、同条件で作製した超高純度のケイ素粉末を使用した場合と比較して、約70%の高熱伝導を維持した窒化ケイ素焼結体の作製が可能であった。さらなる高熱伝導化のためには、廃ケイ素に含まれる不純物酸素量を低減させることが重要であり、廃ケイ素粉末の回収及び保存方法を改善する必要があることが分かった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 廃ケイ素、リサイクル、放熱基板、窒化ケイ素、燃焼合成、原料粉末

〔テーマ題目14〕 ものづくり支援技術の研究開発

〔研究代表者〕 尾崎 浩一

（ものづくり支援ツール研究班）

〔研究担当者〕 尾崎 浩一、岡根 利光、今村 聡、碓井 雄一、伊藤 哲、梶野 智史、澤田 浩之、徳永 仁史、古川 慈之、廣瀬 伸吾、瀬渡 直樹（常勤職員11名、他6名）

〔研究内容〕

目標：

中小製造業の IT 化と技術の高度化を支援することを目的として、平成21年度までデジタルものづくり研究センターで開発・普及を図ってきた加工技術データベース、加工テンプレート、MZ プラットフォームの3つの成果物に関し、先進製造プロセス研究部門との統合を機にもものづくり支援ツール研究班を組織し、企業現場にてさらに広く活用されるべく、各ツールの機能向上とともに、産総研地域センター、各地の公設試験研究機関、工業組合等の諸団体との連携による普及活動を実施する。今年度は特に中部地域（愛知、三重、岐阜、富山、石川県）において組織的な普及を図った。

今年度の実施内容及び成果：

中部経済局、関連諸機関・団体、産総研中部産学官連携センターと連携した集中的、継続的かつ広がりのある普及活動を実施し、日本の重要産業集積地である中部地域での認知度を向上させた。

中部地域におけるものづくり支援ツール普及セミナー等の開催件数は、愛知3回、三重2回、岐阜2回、富山1回、石川1回の計9回である。また愛知県公設研から MZ プラットフォームの研修員を受け入れ、企業訪問を精力的に実施するなど普及体制を強化した。

他の地域においても、セミナーを14回開催し、産総研本格研究 WS での講演1回とパネル展示7件、依頼講演10件を行い、MZ プラットフォーム講習会をつくばで22回、地域で8回開催するなど広く普及に努めた。

平成23年度末における加工技術データベースユーザ総数は13,382人で、年度当初から1,117人増加した。また MZ プラットフォームユーザであった精密めっき企業（宮崎）が情報ソリューション事業部を立ち上げ、技術移転契約を締結するに至った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 加工技術、データベース、技能分析、技能継承、IT システム自社開発、IT 人材育成

〔テーマ題目15〕 AD 法を用いた高性能薄膜リチウム空気電池の研究開発

〔研究代表者〕 明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 明渡 純、鈴木 宗泰、周 豪慎（エネルギー技術研究部門）、北浦 弘和（エネルギー技術研究部門）、藤代 芳伸、秋本 順二（常勤職員6名）

〔研究内容〕

リチウムイオン電池は電気自動車（EV）やハイブリッド車（HV）にも利用されつつある。しかしながら、現状の車載用電池は従来ガソリン車と同等の長距離走行と居住性を満足するほどのエネルギー密度に到達していない。そのため、本格的な電気自動車の実用化には現状

のリチウムイオン電池よりも遥かに大容量で安価な次世代電池の開発が強く求められている。リチウム空気電池は理論的にはリチウムイオン電池の10倍以上のエネルギー密度が期待でき、有力な次世代自動車用電池技術として注目が集まっている。本研究開発では、AD法をコアとした薄膜化技術の有用性の実証と新規材料の導入による高性能化の実証の両側面から攻め、最終的にはこれらの成果をデバイス設計技術として統合評価し、車載用次世代蓄電池の実現を目指す。本年度は、AD法の常温成膜の特徴を生かし、電極材料と固体電解質材料のポーラス複合構造膜の形成に成功し、基本特性を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 Li 空気電池、エアロゾルデポジション、薄膜電池、全固体、ポーラス、複合膜

【テーマ題目16】 次世代 CFRP の開発

【研究代表者】 堀田 裕司

(無機複合プラスチック研究グループ)

【研究担当者】 堀田 裕司、今井 祐介、佐藤 公泰
(常勤職員3名)

【研究内容】

航空機、自動車、建材、風車などの次世代機器への展開に軽量性を有する繊維強化プラスチック (FRP) が注目されており、生産性、製造コストの観点から、熱可塑性樹脂をマトリックスとした FRP がアルミニウム・マグネシウム合金と競合する軽量構造材料として検討されている。特に航空機・自動車をはじめとする輸送機器においては、エネルギーの有効利用と生産性向上及び製造コスト低減の観点から、従来の金属部材から熱可塑性樹脂を用いた軽量の炭素繊維強化プラスチック (CFRTP) に置き換える次世代の CFRP への開発ニーズが高い。

一方、材料物性の観点から CFRTP を考えると、CFRTP のマトリックス樹脂は金属と比較して熱伝導性、電気伝導性が低いため、加熱・冷却されると局所的に温度変化が顕著になり樹脂劣化が進み、構造劣化に伴う力学特性の低下が引き起こされる問題がある。このような背景から、CFRTP を構造材料として用いるためには、樹脂の電気伝導性向上と高熱伝導性が重要課題として挙げられる。本テーマでは、軽量且つ高熱伝導、高導電、高強度を有する機能性のカーボンナノチューブ (CNT)、セラミックスをナノフィラーとして熱可塑性樹脂と複合化することによって劣化抑制した CFRTP の開発を目的とした。平成23年度では、CNT 分散技術と機能性フィラーを活用した高熱伝導性・高導電性マトリックス樹脂の開発を進めた。スーパーグロース法で製造された SWNT に高速・高圧下でせん断力を付加することにより、繊維が20nm 以下の束状まで解砕可能であった。この解砕した SWNT を熱可塑性樹脂と二軸混練機にて複合化し、マトリックス樹脂を形成した後、導電率を測定

した。その結果、繊維を解砕させた試料は通常の混練試料と比較して約2倍の導電率を示した。さらに、混練時間によりマトリックス樹脂の導電率を二桁以上向上させ、かつ、ばらつきを抑えることが可能であった。つまり、初期の繊維解砕状態と樹脂との混練状態がマトリックス樹脂の特性と信頼性を向上させることを見出した。そのため、現在、SWNT の高分散化技術の開発を検討している。また、マトリックス樹脂の熱伝導率向上に関しては、フィラーとして窒化ホウ素を用いて樹脂の熱伝導率を向上させた。開発した熱伝導性複合樹脂に炭素繊維を複合化し、その CFRTP に熱を加えたところ、熱伝導率の低いマトリックス樹脂で形成した CFRTP の表面は劣化したが、熱伝導率の高い複合樹脂で形成させた CFRTP は外見上、熱劣化が抑制された。

CNT の一つである SWNT の高分散化によって、少量のナノカーボンで導電率と熱伝導率の向上が促され、劣化を抑制した信頼性を有する CFRTP の開発が期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 CFRTP、熱可塑性樹脂、導電性、熱伝導性、混練

⑤ 【サステナブルマテリアル研究部門】

(Materials Research Institute for Sustainable Development)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：中村 守

副研究部門長：田澤 真人、小林 慶三

主幹研究員：田尻 耕治

所在地：中部センター

人員：60名 (60名)

経費：555,166千円 (264,221千円)

概要：

サステナブルマテリアル研究部門は、材料、素材及び部材に関わる研究開発によって、産業・社会の持続可能な発展の実現に貢献することを目指す。特に、産業上重要でありながら、将来の供給に不安があるレアメタル資源対策のための技術開発、及びエネルギー資源の節約と、化石燃料の燃焼に伴う二酸化炭素排出量の抑制による地球環境への負荷低減のための、材料及部材に関わる研究開発に取り組んでいる。具体的には、可採埋蔵量が少ない上に、極少数の国への埋蔵資源の偏在が著しいため、我が国の産業にとって重要でありながら、将来の安定供給に不安があるいくつかのレアメタル元素について、代替材料技術及び消費量削減技術の研究開発を推進した。また、将来のエネルギー不足への対応及び地球温暖化の防止を目的とする研究においては、エネルギー消費削減に資する材料と部

材に関わる研究開発として、自動車等の輸送機器用超軽量材料としてのマグネシウム合金を中心とした軽量金属素材に関わる研究開発と、住宅・オフィスにおける冷暖房のためのエネルギー消費の削減を目指した窓、壁等の建築材料及び部材に関わる研究開発を重点課題として実施した。

平成23年度は、各重点課題において力を入れたテーマは、以下の通り。

- ① レアメタルの研究については、偏在が著しいジスプロシウムを添加する **Nd-Fe-B** 希土類磁石の代替材料として、ジスプロシウムを使用しない **Sm-Fe-N** 焼結磁石材料の開発を行い、等方性永久磁石としては、世界最高性能の高性能磁石を開発した。また、触媒のための白金族元素消費削減技術の開発では、**CO₂**低温酸化活性の極めて高い **Pt-Fe** 系触媒について活性発現と反応メカニズムを検討した。さらに、タングステン代替材料技術では、**TiC-FeAl** の製造に湿式混合技術を用いることで、硬度と抗折力を同時に改善できることを示した。
- ② マグネシウム合金素材については、純マグネシウムに近い優れた制振特性を有するが、一般に延性や加工性が非常に悪い **M1**合金について、特定の加工条件で、アルミ合金並みの室温成形性を付与する技術を開発した。また、マグネシウム合金の鍛造においては、結晶粒微細化の適切な成形工程を入れることにより、200℃以下の低温でも割れることなく断面減少率81%の後方管押し出し加工ができることを確認した。大型マグネシウム合金部材に適用可能な低コスト耐食性表面処理技術の開発では、1m×20cm サイズの板材への処理の加工を実施し、特性の評価を実施した。
- ③ 省エネルギー住宅・オフィス用材料技術については、調光窓ガラスのスイッチングの繰り返しに対する耐久性の大幅向上について、いくつかの元素添加による大きな長寿命化効果を確認した。また、エレクトロクロミック調光ミラーについては、2枚の基板を張り合わせる簡便な新手法を開発した。木質材料の研究においては、形状付与加工技術の開発を行い、調湿材料の開発においては、ハスクレイをベースとした調湿塗壁材の開発を開始した。

外部資金：

文部科学省 平成23年度科学技術戦略推進費補助金
「国際共同研究の推進 先進 **Mg** 合金開発に関する東アジア連携の構築」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (A)
「粒子アセンブリ法によるフォトリソニック結晶テラヘルツ

レーザの創製」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (B)
「熱電薄膜表面への反射防止構造の作製」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (A)
「ナノ空隙の吸着サイト改質とマイクロ界面すべり制御による木材の超塑性加工法の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C)
「**Mg-Zn-RE** 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明」

文部科学省 科学研究費補助金 研究活動スタート支援
「同心球構造を有するハイブリッドナノ粒子の作製と閉じた空間空隙材料としての応用」

文部科学省 科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究
「金属複合化合物を経由する新規な白金族金属の再資源化プロセスの確立」

文部科学省 科学研究費補助金 若手 (A)
「精密温度制御を目指した磁性温熱療法の技術開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト
「超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 希少金属代替材料開発プロジェクト
「超硬工具向けタングステン代替材料開発」

国立大学法人東北大学 希少金属代替材料開発プロジェクト
「**Nd-Fe-B** 系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発」

国立大学法人東北大学 希少金属代替材料開発プロジェクト
「排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発／高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術および代替材料技術を活用したセリウム使用量低減技術開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 産業技術研究助成事業 (インターナショナル分野)

「調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果の評価手法の開発、及び省エネルギー効果を最大にするように光学特性を最適化した調光ミラーの作製」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 産業技術研究助成事業

「高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 助成金 先導的産業技術創出事業

「木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) フィージビリティスタディステージ探索タイプ

「環境配慮型セレンフリー無機系赤色顔料の実用化促進に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) フィージビリティスタディステージシーズ顕在化タイプ

「木質材料の流動性発現による複雑三次元成形加工への天然添加剤の適用」

財団法人岐阜県研究開発財団 平成23年度地域イノベーション戦略支援プログラム (都市エリア型) 岐阜県南部エリア事業

「モノづくり技術と IT を活用した高度医療機器の開発」の一部「耐穿刺性・潤滑性を有するカテーテルの開発」

財団法人岐阜県研究開発財団 平成23年度地域イノベーション戦略支援プログラム (都市エリア型) 岐阜県南部エリア事業 可能性試験

「感温性やけど防止シートの開発」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「耐熱・難燃性マグネシウム合金 casting によるパワートレイン耐熱部材の開発」

東広島商工会議所 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発」

財団法人名古屋産業科学研究所 平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「長期安定的な高速度加工が可能なハイブリッド小径ド

ルの開発」

公益財団法人科学技術交流財団 平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業

「薬効性と美肌効果を両立させた化粧品用ハイブリッドマイカの開発」

公益財団法人科学技術交流財団 平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業

「輸送機器軽量化のためのマグネシウム大型部材製造技術の開発」

福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合 福島県森林整備加速化・林業再生基金事業 地域材利用開発事業

「木材の温度ならびに水分履歴が木材物性におよぼす影響に関する研究」

福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合 福島県森林整備加速化・林業再生基金事業 地域材利用開発事業

「木材製品の熱特性に関する研究」

発 表：誌上発表135件、口頭発表260件、その他51件

凝固プロセス研究グループ

(Solidification Processing Group)

研究グループ長：多田 周二

(中部センター)

概 要：

社会・産業の持続的発展を可能とする産業技術開発への貢献をめざし、材料から素材、部材にわたる研究開発を行うという所属ユニットのミッションの下、重点課題であるレアメタル対策技術ならびに軽量金属材料技術を研究の柱として、希少資源の有効活用および輸送機器の軽量化に資する新しい casting 技術の開発に取り組んだ。振動技術を活用した casting 技術の高度化として電磁振動を利用した連続 casting 技術の開発に取り組み、連続 casting したシリコン系アルミ合金ビレットについてその casting 組織に対する微細化効果を確認した。また、セミソリッドプロセスによる軽量金属部材の高品質化に関して投入するスラリーの品質向上に向けた検討を行い、均質な固液共存状態を低コストで実現する調整技術を開発することに成功した。さらに、凍結 casting による低環境負荷 casting 技術の開発では、差圧を利用した中子の凍結技術を新たに考案し、凍結 casting で casting した casting 物の品質を改善することができた。同時に、凍結 casting 型の軽量金属材料に対する適用性についても検討し、アルミニウム合金やマグネシウム合金の凍結 casting に対する湯流れ性や凝固挙動を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2

金属材料組織制御研究グループ

(Microstructure Control of Materials Group)

研究グループ長：斎藤 尚文

(中部センター)

概要：

軽量金属材料プロセスに関する研究として、表面処理技術によるマグネシウム合金の高機能化、マグネシウム合金と異種材料との摩擦攪拌接合について検討した。具体的には以下のような成果が得られた。

表面処理に関しては、マグネシウム大型部材への高温・高圧気相成長法による高耐食性皮膜形成技術の開発を行なった。本表面処理技術は、密閉性の大型処理槽内で高温・高圧下の水蒸気を利用し、マグネシウム系化合物の耐食性ナノ結晶皮膜をその部材上に結晶成長させるものである。処理条件を調整することで、現在までに、1m×20cm サイズの難燃性マグネシウム合金 (AMX602) 製大型部材に皮膜を均一に形成することに成功し、180時間の複合サイクル試験後も皮膜表面に腐食が全く発生しないことを確認した。また、これらの皮膜の密着性は極めて高く、ASTM D 3359B-02に基づく密着性試験を行っても皮膜の剥離は認められなかった。目標サイズ (幅1.25m×長さ2.7m) での皮膜の均一性 (膜厚の±10%以内) を確認した。

鍛造に関しては、安価でかつ高強度の Mg 鍛造部材を造る目的で、AZ91合金連続鋳造ビレットの直接鍛造プロセスにおける鍛造温度の低温化を検討した。その結果、AZ91連鋳材に対し結晶粒微細化の適切な成形工程を入れることにより、200℃の以下の低温においても割れることなく断面減少率81%の後方管押出鍛造ができることを確認した。これは通常のマグネシウム合金の鍛造温度である400℃～450℃よりも200℃以上も低い温度である。また鍛造品底部は結晶粒径数μmの微細結晶粒組織になっていた。さらに、鍛造品底部における引張強さは150℃では385MPa、伸びが10%と優れた機械的性質を示した。

摩擦攪拌接合に関しては、合金組成や製造方法の異なるマグネシウム合金 (例えば AZ91と AZ61) の摩擦攪拌接合を行い、母材の90%以上の接合強度を得た。摩擦攪拌接合に特有の極めて微細な接合不良 (キッシングボンド) をフェイズドアレイ型超音波装置により検出できることを示し、エコー強度から求めた指数と欠陥寸法の間に相関があることを明らかにした。このように摩擦攪拌接合特有の非常に微細な欠陥を非破壊検査により定量化できれば、それに基づき疲労限界等の機械的特性を解析で予測することが可能になると期待される。

研究テーマ：テーマ題目2

環境応答機能薄膜研究グループ

(Energy Control Thin Film Group)

研究グループ長：吉村 和記

(中部センター)

概要：

多層薄膜を利用した省エネルギー効果の大きい窓ガラス材料として、調光ミラーガラス、サーモクロミックガラスの研究を行なった。調光ミラーガラスの研究においては、マグネシウム合金薄膜のスイッチングの繰り返しに対する耐久性を向上させる研究を行い、いくつかの元素の添加により、耐久性が大きく向上できることを見いだした。また、全固体型の調光ミラーに関しては、2枚の基板を貼り合わせるだけでエレクトロクロミック調光ミラーを作製することができる新しい手法を開発した。サーモクロミックガラスについては、大面積の窓ガラス用フィルムの作製を可能にする技術の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目3

木質材料組織制御研究グループ

(Advanced Wood-based Material Technology Group)

研究グループ長：金山 公三

(中部センター)

概要：

樹木は、人工的なエネルギーを使用すること無しに太陽エネルギーによる光合成で成長するので、大気中の二酸化炭素固定による「地球温暖化対策」と、再生産による「資源枯渇対策」として有望な材料と位置づけられる。そして、公共建築物への国産木材利用を促進する法も施行された。このような背景に基づき、木材の有効利用の大幅拡大が期待されているが、それを実現するためには、①強度向上技術、②形状付与加工技術、③寸法安定性向上技術、④耐久性向上技術並びに評価・保証技術などが必要である。

そこで今年度は、②を中心テーマとして、その遂行に際して①③④も考慮して取り組んだ。木材の細胞間層を選択的に軟化させて、隣り合う細胞同士とのせん断滑りを生じさせることによって、材料を変形させる「流動成形」の検討を進めた。用いる溶媒によって、流動特性、成形後の強度や寸法安定性に加えて耐久性も変化するので、この特性と各種溶媒との関連について実験的検討を進めた。

研究テーマ：テーマ題目3

セラミックス応用部材研究グループ

(Applied Technology with Traditional Ceramics Group)

研究グループ長：杉山 豊彦

(中部センター、瀬戸サイト)

概要：

窯業、陶磁器に関して蓄積した研究手法やノウハウ

を活用して、省エネルギーに役立つ建築部材の技術開発を行なう。外壁や庭、屋上などに用いられるセラミックス製ブロック等に、保水性、透水性、断熱性、防音性などの機能を付与したセラミックス建材を開発する。同時に廃棄物のリサイクルのための技術開発を行なう。また、陶磁器製造技術、釉薬関連、データベース構築などの基礎研究および基盤技術の応用研究を行なう。平成23年度は、焼成せずに製造する保水性セラミックス等について耐凍害性の向上を目指した部材研究を継続して行い、また実証試験を行った。部材の開発として、添加剤や原料組成の調整による特性の改良を試験した。基盤的研究として釉薬データベースの構築、環境適合型の顔料の研究などを行い、応用研究として省エネ建材を目指した釉薬日射反射特性の研究、アルミナ系部材等の成形技術の研究などを行った。

研究テーマ：テーマ題目3

相制御材料研究グループ

(Phase Engineering for Advanced Materials Group)

研究グループ長：尾崎 公洋

(中部センター)

概要：

資源量が少なく地域偏在性の高いレアメタルに対して、世界的な資源の枯渇や投機的な動き等からその価格が高騰している。そこで、これまでのレアメタルに依存した機能性を見直し、レアメタル資源への依存度を低減した材料開発を実現するため、材料合成過程における非平衡状態を積極的に活用した代替材料および省使用化技術を開発する。特に、磁石材料、熱電材料、超硬材料に使用するレアメタルに対して材料開発を行った。

次世代自動車の駆動用モータに利用される磁石には、耐熱性の向上のため重希土類元素である Dy が含まれている。Dy は資源的に最も危機的な状態にあるレアメタルである。この Dy を使用しない新たな磁石開発が急務である。従来、その候補として考えられてきた Sm-Fe-N 磁石は焼結性が悪く、ボンド磁石としてのみ製造されていたが、これを90%以上の高密度で焼結することができる技術を開発し、等方性としては最高性能である Sm-Fe-N 焼結磁石を開発した。

エネルギーを有効に活用するためには、廃棄される熱を再利用する必要がある。熱を電気に変換できる熱電変換材料が有効である。その中で、工業的利用が最も進んでいる材料は、レアメタルである Bi や Te を中心とした材料である。これを代替するため、コモンメタルである Fe と Al を中心とした材料である Fe₂VAl ホイスラー合金を粉末冶金法によって工業的に作製できる手法を開発した。さらに、球状粒子を用いた新規なモジュール形状を提案した。

また、精密加工を実現するために使用される硬質な金型材料などに利用されるタングステンやコバルトを低減することを目的として、鉄とアルミニウムを結合相とした新しい硬質材料の開発を行い、その高温特性を調べた。さらに、これまでの炭化タングステンを硼化チタンや、窒化チタンに完全に置き換えた材料を開発し、その機械的特性を明らかにした。これまで焼結が困難な材料を焼結する粉末合成法を開発したことで、新たな硬質材料として期待できる。

研究テーマ：テーマ題目1

環境セラミックス研究グループ

(Ecological Ceramics Group)

研究グループ長：田澤 真人

(中部センター、瀬戸サイト)

概要：

当グループは、セラミックス微粒子や薄膜等の材料に要請される技術課題の解決に取り組み、具体的実用技術の開発に寄与することで、持続可能な産業・社会の構築という部門のミッション、特に「省資源型環境改善部材の開発」に貢献することを目的とする。また、技術的背景となる基盤研究として、セラミックス系材料の製造・混合・分散技術および配列・配向等の高度制御・評価技術などセラミックス微粒子に関する技術体系の構築を図る。

平成23年度は、「調湿材料の合成・部材・応用の研究開発」において、ハスクレイをベースとした調湿塗り壁材の開発を開始した。「セラミックス系材料合成・応用・評価技術」において、剪断評価法の JIS 化に向けた研究を継続するとともに粉体のマイクロ波吸収特性について検討した。「環境改善技術」においては、可視光応答型光触媒の新規合成法の研究を実施するとともに、地域資源（雲母）を用いた化粧品の高高度化を目的とした研究を地域企業との共同で実施した。

研究テーマ：テーマ題目3

融合部材構造制御研究グループ

(Advanced Integrated Materials Research Group)

研究グループ長：松本 章宏

(中部センター)

概要：

結晶性や組織の制御・融合化によるレアメタル代替材料の創製と射出成形や高エネルギービームを用いた部材化に至る技術開発を行っている。

コバルト代替超硬合金 WC-FeAl に関して、湿式混合により粉末調製し、適切な条件で真空焼結することにより、2GPa を超える抗折力が得られた。TEM 等を用いた観察・分析により、焼結メカニズムについて検討した。

また、タングステンを使用しない TiC-FeAl に関し

て、湿式混合を用いた粉末作製と通電加圧焼結による焼結体作製を行った。湿式混合を行うことにより、硬度と抗折力を同時に改善できることがわかった。Ti-Al-Si-C 系 MAX 相に関して単相かつ組織均一な材料の作成によって、低温（450℃）での激しい酸化現象が改善された。800℃においては Ti_3SiC_2 単体を除き、低温よりも優れた耐酸化性を示す一方、Si 固溶の影響が少なかった。1200℃においては Ti_3SiC_2 単体及び $Ti_3Al_{0.5}Si_{0.5}C_2$ を除き、優れた耐酸化性を示した。Si による Al の置換率0.4以下の場合、耐酸化性の改善に Si の固溶効果がみられた。

研究テーマ：テーマ題目 1

物質変換材料研究グループ

(Catalytic Nanomaterials Group)

研究グループ長：多井 豊

(中部センター)

概要：

環境浄化やクリーンエネルギー開発分野におけるレアメタルの代替・少量化や、当該分野に関連する資源採取に資する研究を推進した。

環境浄化材料関連においては、レアメタルフリー酸化触媒の構築を目指し、ゾルゲル法により調製した、 ZrO_2 、 TiO_2 、および、 ZrO_2-TiO_2 複合酸化物に CuO を担持した触媒のブタン酸化活性を検討した。活性序列は $CuO/ZrO_2 > CuO/TiO_2 > CuO/ZrO_2-TiO_2$ であり、この原因は担体上の Cu 種の違いによると推察した。

クリーンエネルギー開発関連分野においては、独自に開発した、CO 低温酸化活性の極めて高い Pt-Fe 系触媒に関して、TEM、in-situ XAFS、in-situ IR 等により、活性発現と反応メカニズムに関して検討した。この結果、室温以下の低温においても、添加した酸化鉄中の Fe 種の酸化・還元に伴って酸素が白金に供給され、それにより CO 酸化が効率良く起こることが示唆された。

資源採取分野においては、リチウム吸着剤として用いられるマンガン酸化物に関して、金属酸化物による被覆をおこない、塩酸による Li および Mn の溶出挙動を観察した。この結果、酸化物被覆が、Li 脱着時の Mn 溶出抑制に効果があることを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目 1

高耐久性材料研究グループ

(Durable Materials Group)

研究グループ長：穂積 篤

(中部センター)

概要：

当グループは、レアメタル・ベースメタル（含主要軽金属）の代替材料および使用量削減技術、当該材料使用製品の長寿命化、二酸化炭素削減のための輸送機

器軽量化、高機能建材の開発を目指し、1) ウェットプロセスを用いた高機能表面/薄膜の創製、2) ドライプロセスを用いた高機能、高耐久性材料の創製、3) 材料の機械的特性評価技術の開発およびその標準化等に取り組んでいる。

平成23年度、1) では、フッ素系化合物を使用しない新しいはっ水/はっ油処理技術の開発を行った。具体的には、はっ水処理剤として一般的に使用されているアルキルトリアルコキシシランと、ガラスの原料となるテトラアルコキシシランを混合した塗液を各種基板に塗装し、常温乾燥させた。本手法により得られた皮膜は透明で、この表面上では、油滴は表面にピン留めされることなくスムーズに動き、優れた滑油性を示した。また、有機フッ素化合物で処理された表面よりも優れた滑油性を示すことも明らかとなった。2) では、レアメタル使用製品であるステンレス鋼の長寿命化を図ることを目的に、MAX 相新規三元系化合物セラミックス薄膜によるコーティングを検討した。Ti, Si 及び C をターゲットとする3元スパッタリングを用いて SUS316 基材上に膜厚200nm 程度の Ti-Si-C 薄膜を形成することによって、電気化学的評価から腐食電流が減少することが明らかとなり、ステンレス鋼の耐食性向上に一定の見通しを得ることができた。さらに、マグネシウム合金試料（耐水研磨紙#2000仕上げ）へ DLC 膜を高速成膜（従来の3倍）することで、耐食性が鏡面研磨試料とほぼ同等になった。3) では、顕微インデントにおける接触面積の計測精度を高めるため、圧子先端形状と照明角度との幾何光学的関係を光線追跡法により検討し、最適条件を導き出した。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2、テーマ題目

3

金属系構造材料設計研究グループ

(Group for structural metals design)

研究グループ長：千野 靖正

(中部センター)

概要：

軽金属材料の一次成形プロセスに関する研究として、圧延によるマグネシウム合金の高性能化について取り組んだ。具体的な研究内容は以下の通りである。

マグネシウム合金の新機能発現に関する研究では、優れた制振特性を有する M1 合金 (Mg-1.5wt%Mn 合金) を対象として、圧延条件が M1 合金の圧延集合組織形成に及ぼす影響を詳細に調査した。M1 合金は、純マグネシウムに近い制振性を有するが、延性・室温成形性が劣悪であることに注目した。その結果、特定の加工条件において、集合組織形成が著しく弱化するを見出し、制振性を劣化させずに、アルミニウム合金に迫る室温成形性を付与することに成功した。

また、市販マグネシウム合金 (AZ31 : Mg-

3.0wt%Al-1.0wt%Zn) 圧延材の室温成形性を改善するための研究では、これまでに開発した高温圧延法(固相線温度近傍で圧延を行う手法)により室温成形性が改善するメカニズムを調査した。その結果、高温圧延を行うと、その後の焼鈍過程においてユニークな再結晶挙動が発現することを明らかにした。具体的には、相対的に低温で圧延を行った試料では、母相とほぼ同じ結晶方位を有する再結晶粒が、粒界もしくは双晶界面から生成するのに対し、高温で圧延を行った試料では、母相と全く異なる方位を有する再結晶粒が、粒界もしくは双晶界面から生成することを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目2

[テーマ題目1] レアメタル等金属の省使用・代替材料の開発

[研究代表者] 中村 守 (研究部門長)

[研究担当者] 中村 守、小林 慶三、尾崎 公洋、西尾 敏幸、楠森 毅、三上 祐史、中山 博行、高木 健太、溝尻 瑞枝、森下 翔、松本 章宏、孫 正明、加藤 清隆、下島 康嗣、細川 裕之、中尾 節男、多井 豊、尾崎 利彦、三木 健、大橋 文彦、富田 衷子、山口 渡、粕谷 亮、多田 周二、田村 卓也、尾村 直紀、穂積 篤、浦田 千尋、園田 勉、宮島 達也 (常勤職員30名)

[研究内容]

部材における機能の高性能化・小型化により省資源・省エネルギーを実現しながら、機能性部材を構成するレアメタルへの依存度を抑制した新しいコンセプトの部材開発に向けた基盤的な研究を行う。特に資源の遍在性が高く、我が国産業の今後の発展に不可欠なレアメタル資源に着目し、その使用量の低減を目指した材料開発・プロセス開発を行う。具体的には、硬質な耐磨耗性部材(工具や金型)や熱を電気や力に変えるエネルギー変換部材の開発を行う。また、環境負荷低減を目指して、環境触媒における白金族などの省使用化技術の開発や、鉛の削減技術の開発とそれに伴うレアメタル資源の有効利用技術の開発などを行う。特に、資源的に豊富なチタンと軽元素(B、C、O、N等)を主たる構成要素としながら、非平衡相からの微細結晶創製技術等を利用して新規な機能性材料を開発し、希少金属の代替化を進めるための技術基盤を構築する。今後のグリーンイノベーションに不可欠な高性能磁石に対しては、重希土類元素をフリーとした新しい焼結磁石の開発を図る。鉛については環境規制を考慮しながら、鉛フリー化を進め、代替材料となるビスマスの使用量を低減する技術開発を行う。触媒に関しては、白金族の使用量を削減するため、分散技

術や構造制御、担持用の多孔質セラミックスの特性向上等を行う。

平成23年度の進捗状況は下記の通りである。

耐磨耗材料の開発では、これまで開発してきた WC-FeAl 超硬合金に対してさらなる機械的特性の改善、表面コーティング膜の密着性、短時間合成技術の開発等を実施した。さらに、従来の超硬合金では摩耗量が大きい鉛フリー青銅合金を被削材とした切削試験を行った。その結果、WC-FeAl 超硬合金は従来の超硬合金に比して摩耗量が少なく、被削材の表面が滑らかになることが確認できた。さらに、金型や工具として応用する際に施すコーティング膜を WC-FeAl 表面に形成し、密着性の評価を行った。従来の超硬合金に比べると、剥離に要する力は大きくなり、強い密着性を発現することができた。さらに、硬質粒子である WC をチタン系の硬質材料に置き換えた硬質材料を試作し、機械的特性などを測定した。超硬合金に比べると抗折強度などはまだ低いが、硬度や熱伝導率などを制御した硬質材料を作製できることを確認した。

これまでに開発してきたマシナブルセラミックス材料である Ti_3SiC_2 系焼結体に対して、加熱用のヒータとしての応用を図るため、通電時の加熱特性や酸化特性を評価した。大気中で繰り返し急速加熱や急速冷却を行っても破損しない材料を作製することができた。本材料は従来の高温用のヒータに比べて、レアメタルの使用量が少なく、資源生産性に優れたヒータとしての応用が期待される。また、機械加工性についても検討し、複雑形状のヒータなどの部材形状にも加工できることを確認した。

鉛フリー化が進む飲料水用部材に使用される青銅合金に対して、凍結鑄造プロセスおよび凍結中子の造型技術を開発し、鑄造における産業廃棄物を減少させた新しいプロセス技術を確立した。特に、種々の形状の中子を凍結で均質に作製するための基盤技術を開発した。さらに、凍結鑄造では鑄型キャビティ内での熔融金属の流動現象や冷却挙動に関する基礎データが不十分であるため、様々な基礎実験を行った。これにより、凍結鑄造における水分量などの影響について明らかにすることができた。その結果、ビスマス入り鉛フリー青銅合金鑄物の肉厚を薄くすることに成功し、レアメタルであるビスマスの使用量を低減することができた。

白金族の使用量低減に向けた研究開発では、ディーゼル排ガス浄化触媒における白金族の使用量を低減するため、触媒金属粒子の耐熱性向上を図った。触媒粒子の構造制御や分散制御、担持体の特性改善などの技術開発の結果、白金族使用量を低減しながら耐久性を向上させることに成功した。また、ガソリン車排ガス浄化触媒に含まれるセリアの使用量を低減することを目指し、独自の均一多孔質体プロセッシング技術を応用して、三元触媒におけるセリウム使用量低減技術を開発した。

我が国で開発された Nd-Fe-B 系高性能磁石の高温特

性を改善するために添加される重希土類元素（ジスプロシウム）の安定確保が難しくなりつつあり、新たな高性能磁石が求められている。そこで、難焼結性の Sm-Fe-N 磁石に着目し、焼結によるバルク成形技術を開発した。等方性 Sm-Fe-N 磁石粉末を粒度調整しながらパルス通電焼結法をベースとした新しい焼結技術により低温で緻密な成形体を作製することに成功した。得られた焼結磁石は等方性磁石としては最高性能を示し、耐食性などにも優れることを明らかにした。

近年ますますエネルギーの有効利用が叫ばれる中、製造過程などで廃棄されている熱エネルギーを電気として再生利用するために、熱電変換材料に関する研究開発を行った。従来の熱電材料はビスマスとテルルからなる材料が利用されているが、ビスマスもテルルも希少金属であり、廃熱を広く回収するための量を確保するのが難しいと考えられる。そのため、新たな熱電変換材料の探索とそのモジュール化、従来の材料の省使用化技術などに取り組む必要がある。そこで、鉄をベースとした Fe₂VAl ホイスラー合金をナノ結晶化した素子を開発し、電気ロスの少ないモジュール化技術を開発した。また、重元素などを積極的に置換することで熱電変換性能を向上することに成功した。さらに、モジュールにおける素子形状などを制御し、モジュールとしての特性を改善することにも成功した。また、ビスマス・テルル系の熱電材料では薄膜化技術を利用し、微細加工技術を応用することで太陽光を太陽光発電と熱に分離した微小熱電モジュールの試作にも成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 サーメット、耐磨耗材料、超硬合金、高性能磁石、低温焼結、青銅合金鋳物、凍結鋳造、鉛フリー化技術、熱電材料、酸化チタン、白金触媒、薄膜

【テーマ題目2】 軽量合金による輸送機器の軽量化材料技術の開発

【研究代表者】 中村 守（研究部門長）

【研究担当者】 中村 守、小林 慶三、多田 周二、田村 卓也、尾村 直紀、李明軍、村上 雄一朗、千野 靖正、斎藤 尚文、重松 一典、鈴木 一孝、渡津 章、黄 新ショウ、石崎 貴裕、穂積 篤、池山 雅美、園田 勉、宮島 達也、浦田 千尋（常勤職員19名）

【研究内容】

自動車消費する全エネルギー（生産、使用、廃棄に要するエネルギー）の90%が走行時に消費されるガソリン等の石油燃料に由来することから輸送機器の軽量化に焦点を当て、マグネシウム等の軽量金属を輸送機器の構造部材等へ応用するために必要な要素技術の開発を行う。

平成23年度までの進捗状況は以下の通りである。

マグネシウム合金における難加工性を改善するため、電磁振動プロセスによる組織微細化の効果を確認した。より効果的な組織微細化を行うため、固液共存状態での温度勾配や凝固速度、電磁振動条件等の最適化を図った。また、凍結鋳型を用いた鋳造システムによりマグネシウム合金を鋳造すると、生型に比べて流動長が長くなることが明らかとなった。この成果は、薄肉鋳物の鋳造に応用できるものと期待される。さらに、アルミニウム合金に対しても同じ効果が得られることを確認した。

難成形性のマグネシウム合金を低温で鍛造加工するために、組織微細化による低温成形の可能性について検討した。鋳造材の組織をさらに微細化するプロセスとして動的再結晶を活用した技術を開発し、連続鋳造材の組織を微細化することに成功した。この材料は200℃以下の低温においても割れることなく鍛造成形を行うことができた。

マグネシウム合金圧延材の大きな問題点である冷間プレス成形性の悪さを克服するため、高温圧延法を開発した。固相線近傍の高温で圧延加工することで、AZ31マグネシウム合金の集合組織を改質することができた。これは、AZ31合金の集合組織形成メカニズムにおいて、圧延温度が焼鈍過程の再結晶挙動に大きな影響を与えることを明らかにした結果である。さらに、冷間加工性と制振性を付与したマグネシウム合金の開発を行い、新しい合金開発に成功した。

マグネシウム合金の用途を広げるため、特性の異なるマグネシウム合金を接合する技術として摩擦攪拌接合に着目し、AZ61合金と AZ91合金を母材の90%以上の接合強度で接合することに成功した。また、接合部に生じる欠陥（接合不良）に対して、フェイズドアレイ型超音波装置により検出する技術を確認した。

さらに、マグネシウムに耐食性を付与するための表面処理技術について、1m×20cm の大型 AMX602マグネシウム合金表面にナノ結晶皮膜を形成することに成功した。この皮膜は複合サイクル試験を180時間以上行っても腐食せず、膜密着性も極めて高いことが確認された。また、超はっ水機能を有する高耐食性皮膜を形成するため、マグネシウム合金上に微細な凹凸構造を有する緻密なマグネシウム系化合物の皮膜を形成させる技術を開発した。この撥水機能によりマグネシウム合金の耐食性を向上させることができた。さらに、表面を硬化させる処理技術においては、DLC 膜を安定して形成する技術を確認することができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 軽量合金、マグネシウム、アルミニウム、組織微細化、塑性加工、表面処理、耐食性

【テーマ題目3】 省資源型環境改善建築部材の開発

【研究代表者】 中村 守（研究部門長）

【研究担当者】 中村 守、田澤 真人、吉村 和記、
田嶋 一樹、岡田 昌久、山田 保誠、
垣内田 洋、金山 公三、三木 恒久、
杉元 宏行、田尻 耕治、前田 雅喜、
堀内 達郎、犬飼 恵一、渡辺 栄次、
西澤 かおり、杉山 豊彦、大橋 優喜、
長江 肇、楠本 慶二、川上 省二、
佐野 三郎、高尾 泰正、穂積 篤、
浦田 千尋（常勤職員25名）

【研究内容】

増加傾向が続いている民生部門のエネルギー消費の約30%を占める冷暖房負荷を低減するため、住環境の快適性を維持しつつ、窓、壁等、建物外皮を通過する熱流の制御や調湿機能等の付与による省エネルギー化を図る建築部材の開発を目的とした材料研究を行う。

具体的手法としては、①省エネルギー型窓ガラスの研究、②木質サッシの研究、③調湿材料の研究、④保水セラミック部材の研究、⑤省エネルギー効果の評価を行う。

平成23年度の進捗状況は下記の通りである。

①調光ミラー窓ガラスについて、調光ミラーの劣化機構を調べ、繰り返し耐久性の向上を図るとともに材料の代替によって光学的特性の向上を図った。サーモクロミック窓ガラスについては、湿式作製法の基礎技術についての高度化を行った。②木質サッシの研究においては、形状付与加工技術を中心として研究を進め、側方流動成形法の可能性を明らかにした。③調湿材料の研究においては、ハスクレイの建材化についての方法を検討した。④保水セラミック部材の研究においては、開発したリサイクルセラミックの保水性材料の実証試験を継続するとともに、原材料の多様化や性能の向上方法を検討した。⑤省エネルギー効果の評価については、環境調和型建材実験棟において、上記開発中の各種建築部材の実使用環境での省エネルギー効果の実証試験を継続した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 調光窓材料、木質窓サッシ、調湿材料、保水性材料

⑥【ナノシステム研究部門】

(Nanosystem Research Institute)

(存続期間：2010.4～)

研究部門長：八瀬 清志
副研究部門長：浅井 美博、池上 敬一、山口 智彦
上席研究員：片浦 弘道
主幹研究員：佐々木 毅、長嶋 雲平、水谷 亘、
村上 純一

所在地：つくば中央第2、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば東

人員：94名（94名）

経費：1,325,283千円（525,842千円）

概要：

1. ユニットのミッション

ナノテクノロジーの概念としてのナノレベルの新物質創製からデバイス実現までの道筋を、階層化されたシステムの形成過程として捉え直し、最小単位のナノ材料の開発から、それらのナノ材料が複合・融合化された、より高度なシステムの開発を段階的に推進する。そのため、これまでは新機能の発現やその最高性能化を目指した個別要素技術としてのナノ材料の開発だけでなく、これらをつなぐナノ構造形成プロセスの革新・最適化とともに、理論および計算シミュレーション、ナノメーターレベルの計測技術に基づく機能予測、プロセスや劣化予測、およびナノ安全・リスクの視点等をフルに活用した研究活動を展開し、これらをテクノロジーブリッジとして重要視する。

また、2011年3月11日の東日本大地震および津波、福島原子力発電所の事故による経済的、産業的な被害に加え、放射能汚染という社会的問題に対し、研究者として何ができるかを真摯に考え、日本産業の復興と安全・安心な社会の再興に全面的に取り組む。(産総研のミッションとの関係)

産総研のミッションとの関係においては、アウトカムとしてのグリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションを目指す部門内の垂直統合的な主要研究項目に加え、それらをつなぐ「テクノロジーブリッジ」としての理論・計算シミュレーションやナノ計測に関する横断的研究開発は、まさに産総研における本格研究としての「第2種基礎研究」である。このテクノロジーブリッジの概念を新たに打ち立てることにより融合・複合を効率的に進める。さらに、材料、プロセスおよび理論・シミュレーションに関する研究開発を分野横断的かつ産総研内外との協力体制を含めた垂直連携により、基礎から応用、製品化までを視野に入れた研究開発を行う。

2. 研究ユニットの研究開発の方針

① 中期目標・計画を達成するための方策

産総研第3期中期計画において、本ユニットが実施する研究開発は、以下の大分類、大項目、中項目に位置づけられる。

大分類：グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：I-4 グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

中項目：(1) ナノレベルで機能発現する材料・多機能部材 (2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技

術と応用

大項目：I-5 産業の環境負荷低減技術の開発

中項目：(1) 製造技術の低コスト化・高効率化・低環境負荷の推進

大項目：I-6 持続発展可能社会に向けたエネルギー・安全性・環境評価技術開発

中項目：(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

大分類：ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

大項目：II-1 先進的・総合的な創薬・医療技術の開発

中項目：(1) 細胞操作・生体材料技術の応用による医療支援技術

これらの課題を推進するにあたり、アウトカムとしてのグリーンおよびライフ・イノベーションを目指して、①「グリーンシステム」(環境・エネルギー)、②「ITシステム」(情報通信・エレクトロニクス)、③「ソフトシステム」(ライフ・バイオ、ソフトマテリアル) 領域における研究開発を行う。さらに、それらの基盤・プラットフォームではなく、出口に向けた研究開発を前線に近いところで橋渡しする④「テクノロジーブリッジ」(理論・シミュレーション、ナノ計測、ナノ安全・リスクなど) の4つを主要研究項目とする。一方、それらの研究開発を産総研内や外部の企業や研究組織と結び付ける仕組みとして、ユニット独自の組織を設けることでオープンイノベーションを推進する。

具体的には以下の5つの課題をユニットの重点課題と位置付け、中期目標の達成に向けて研究開発を行う。

- (1) ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発
 - (2) 高付加価値ナノ粒子の合成と製造プロセスへの応用に関する研究
 - (3) 炭素系ナノエレクトロニクス材料の開発と革新的デバイス構築に関する研究
 - (4) 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発
 - (5) ナノバイオ材料評価・操作技術とナノ材料リスク評価・管理技術の開発
- ② 平成23年度の重点化方針

昨年、産総研の第3期開始と同時に発足した新ユニットとして、上記の5つのユニットの重点課題の着実な進展を目指す。特に、昨年度より準備を始めているタイヤ等の複合材料の高度シミュレーション技術による低燃費タイヤの開発に向けたコンソーシアムの活動を継続するとともに、産学連携のイノベーションハブとしての活動に注力することとする。

また、必要に応じ、ナノテクノロジー・材料・製

造分野のナノチューブ応用研究センターや、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門などのナノ材料、先進プロセスでの連携、環境・エネルギー分野の環境化学研究部門、太陽光発電研究センター、エネルギー技術研究部門、環境管理研究部門、安全科学研究部門などとの、触媒、太陽電池、燃料電池や環境センサーなどの共同研究、情報通信・エレクトロニクス分野の電子光技術研究部門、フレキシブルエレクトロニクス研究センター、ナノデバイス研究センターなどとの光電子機能デバイス応用技術における連携、ライフサイエンス分野の健康工学研究部門、および標準・計測分野の計測フロンティア研究部門や生産計測技術研究センターなどとのセンサー技術の連携などを積極的に行う。

さらに、2011年3月11日の東日本大震災からの日本の復興およびH23年度から開始するNEDOプロジェクトへの積極的な参画のため、以下の緊急課題については、研究者のエフォートの20%をユニット業務と位置付け、全研究員への協力と分担を義務付ける。

- (1) 福島原発の放射能汚染に伴うセシウム (Cs) の回収

海水または土壌などの環境中のCsの効率的回収に向け、ナノシステム研究部門で明らかにしてきたプルシアンブルー (PB) の選択的吸着能を活用し、日本原子力研究開発機構、農業環境技術研究所などと連携しつつ、緊急課題の解決に向けて活動する。また、福島県ハイテクプラザより依頼のある「工業製品の残留放射能検査」への協力をを行う。

- (2) 高効率グラフェン製造技術

透明導電膜等のインジウム (In) の代替を含め、次世代電子素子への応用が期待される炭素の二次元シート (グラフェン) の高効率製造技術の開発において、ナノシステム研究部門におけるレーザープロセスを用いたグラフェン・シートの製造および理論・シミュレーションに基づく生成機構の解明、並びに樹脂やプラスチック材料への高度分散技術や低次元構造物質の表面・界面の構造・物性評価技術の高度化を行う。

- (3) 次世代化学系評価技術

有機電界発光素子 (EL) をはじめとする有機・高分子薄膜の界面および電極等の金属・有機界面の構造および電子状態の評価および理論的解析を行う。また、次世代化学材料評価技術研究組合 (CEREBEA) への協力のため、素子の劣化機構に関し、構造評価と理論・シミュレーション技術の両面からの解析を行う。

- (4) ナノ安全・リスク評価

ナノ粒子やナノチューブなどのナノ材料の人体および生物への影響を明らかにするため、サイズおよ

び形状の制御されたナノ粒子・ナノチューブの作製および高効率かつ大量製造技術の開発を行う。また、安全科学研究部門、産業医科大学などと連携しつつ、ナノ材料の安全とリスク評価に関する研究開発を行う。

(5) 未来技術の探索と検証

次世代スーパーコンピューターの検討と設計に加え、ナノテクを用いた熱電変換、蓄光材料・素子や柔構造デバイスとしての「柔らかいロボット」などに関し、情報収集と素子の試作を行う。

内部資金：

「MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用」

「セキュリティ用カラー暗視カメラシステムの研究開発」

「ナノリスク～繊維仮説への挑戦～」

「大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発」

「ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化」

外部資金：

経済産業省

「重要政策課題への機動的対応の推進及び総合化学技術会議における政策立案のための調査放射性物質による環境影響への対策基盤の確立農地土壌等における放射性物質除去技術の開発（プルシアンブルーを利用した環境からの放射性物質回収・除去技術等の開発）」

「平成23年度産業技術研究開発（低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発）」

「平成23年度原子力試験研究委託費（表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究）」

「平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」

「平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」

「平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米クリーン・エネルギー技術協力）」

文部科学省

「電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム」

「可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発」

文部科学省（科学研究費補助金）

「糖アルコール骨格をもつ液晶化合物の合成」

「高次の電子-光子相互作用を考慮した光電子放出理

論」

「単分子膜形成技術の応用によるペロブスカイト蛍光体発光機構の解明」

「形状基板によるエバネッセント光の空気伝播光変換技術の研究」

「自己組織化マイクロリンクにおける欠陥構造の時空間制御」

「再生医療のための遺伝子導入の空間的・時間的コントロール」

「高温超伝導体・強磁性体ハイブリッド素子の量子輸送と量子ビットへの応用」

「対称性の破れた磁性体・超伝導体ナノ接合系における量子輸送理論」

「精密構造制御された Au-酸化物ハイブリッドナノ粒子の生成と触媒作用の研究」

「階層的シミュレーションによる球状錯体創発過程の解明」

「第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移」

「ナノチューブデバイスにおける量子輸送現象の理論」

「ナノ接合での非弾性電流、局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション」

「電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御」

「光応答性自己組織体のフォトメカニカル効果・機構解明と展開」

「有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化」

「in situ 非線形分光による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究」

「非整数階微積分の工学応用」

「創発化学の自己組織化的デザイン」

「液晶の自己組織化を利用した省エネルギー有機半導体薄膜製造技術の開発」

「階層的分子モデリングによる生体膜融合過程の研究」

「気-液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜」

「血管内皮細胞と骨髄細胞の共存培養系による骨再生に関する研究」

「間葉系幹細胞への高効率量子ドット導入法と間葉系細胞・組織の分化過程に関する研究」

「量子ドットマルチカラーラベリングによる間葉系幹細胞を用いたがん治療の基礎研究」

「高分子-液体間ナノ界面における高分子鎖シミュレーション解析」

「超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用」

「タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤」

「ゲルを用いた金属型カーボンナノチューブの単一構造分離」

「高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程

の厳密評価用マイクロデバイス開発」

- 「蛍光体ナノ結晶の合成と EL デバイスへの応用」
- 「キラリティを有する液晶が形成する3次元秩序構造」
- 「光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究」

国土交通省

「下水汚泥等に含まれるセシウムの低減化に関する業務」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（受託研究）

- 「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発」
- 「ナノテク・先端部材実用化研究開発／形状制御されたアルミナナノ粒子ゾルの実生産のための基盤技術の確立と用途開発」
- 「革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット断熱材および連続製造プロセスの開発」
- 「次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発 要素技術開発 リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発」
- 「省エネルギー革新技術開発事業／挑戦研究／チップ間信号伝送用マイクロ波発振素子の開発」
- 「水素貯蔵材料先端基盤研究事業／計算科学的手法に基づく水素吸蔵材料の特性評価とメカニズム解明に関する研究」

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）

- 「革新的な光取出し技術を利用した AlGaInP 高効率発光ダイオード」
- 「自己組織化マイクロリングルを利用した微小体積液体のマニピュレーション」
- 「化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発」

独立行政法人科学技術振興機構

- 「1. 金属／遷移金属酸化物界面の電子状態制御 2. 界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発」
- 「DDS ナノ粒子の分子シミュレーション技術の研究開発」
- 「GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用」
- 「イオン液体の構造イオン運動の解析及びイオンの分子構造とバルク物性の相関を解明」
- 「エコマテリアルの開発と商品化」
- 「グラファイト複合構造体の基礎物性解明」

「シリコン系量子ナノメモリの開発」

- 「研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ」
- 「研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム フィージビリティスタディステージ探索タイプ（第二回）樹脂封止を必要としない次世代の超高出力 GaN 系 LED の開発」
- 「遷移金属表面ナノクラスター構造を利用する小分子常温変換触媒の開発」
- 「第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発」
- 「鉄ヒ素系超伝導体の転移温度決定因子の解明と物質設計への適用」
- 「鉄系超伝導体の高 Tc 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価」

独立行政法人日本学術振興会

「平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー」

財団法人金属系材料研究開発センター

「真空封止技術を利用したモジュール連動型電子ペーパーの製造」

国立大学法人東京工業大学

「グローバル COE プログラム「材料イノベーションのための教育研究拠点」

国立大学法人東京大学

「計算物質科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進（平成23年度高性能汎用計算機高度利用事業『「戦略プログラム」分野2新物質・エネルギー創成』）」

発表：誌上发表284件、口頭発表791件、その他86件

エネルギー材料シミュレーショングループ
(Energy Material Simulation Group)

研究グループ長：大谷 実

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、電気化学反応を利用したエネルギー変換デバイスやエネルギー貯蔵材料の高性能化や新規構築を目的としてシミュレーション手法を用いて物質設計、デバイス設計、反応機構や劣化機構の解明などを行っている。燃料電池に関する研究においては以下のような研究を行った。アルカリ電解質形燃料電池の場合アニオン電解質膜を用いており、イオン伝導体として水酸化物イオン (OH⁻) が伝導される。アルカリ電解質形燃料電池は触媒として白金を用いないので、燃料電池のコストが下げることができると期待されている。アニオン電解質膜は水酸化物イオンの高い反応性により、非常に劣化しやすいのでこの問題をどうや

って解決するかが実用化のために必要な課題である。本年度はアニオン電解質膜に官能基として用いられている、グアジニウムカチオン (guanidiumcation) の化学的劣化機構の検討を行い、劣化反応の詳細を解析した。また、Si ナノシートに関しては、第一原理 MD 計算により、Si シートの厚さ (原子層の数) が表面構造と電子構造にどのような影響を与えるか検証した。我々の計算から、原子2層から成る Si ナノシートは、シート特有の Si(111)-2x2 という新しい表面構造を形成することを見出した。またエネルギーバンドギャップはシートが厚くなるにつれバルク値に近づくことが確認されたが、さらにシート両面の表面構造のわずかな違いにも影響を受けることが明らかになった。

研究テーマ：テーマ題目 6

エレクトロニクス材料シミュレーショングループ (Electronic Materials Simulation Group)

研究グループ長：石橋 章司

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、第一原理電子状態計算と物性理論を軸とした計算科学的アプローチにより、各種エレクトロニクス材料の特性予測や新材料設計、さらには実用時の状況を鑑みて、界面・格子欠陥の特殊な電子状態とその影響の解明などを、必要な手法・プログラム開発を行ないながら、進めている。従来のエレクトロニクス材料に加えて、遷移金属化合物、カーボンナノチューブ、グラフェン、分子ワイヤなどの新規な素材も研究対象である。平成23年度の研究活動の一例を以下に挙げる。第一原理材料シミュレータ QMAS において、スピン軌道相互作用/ノンコリニア磁性計算機能およびワニエ軌道関連計算機能を発展させた。古典分子動力学シミュレーションによるアモルファスの構造モデリング・スキームを確立した。ナノサイズのトランジスタにおける金属ソース/ドレイン電極とチャネル界面でのショットキー障壁高さの変調を調べた。層欠陥を含む炭素系材料の伝導特性を決定し、新規デバイス提案した。ナノ接合の第一原理電気伝導計算方法と理論構築によりブロック分子整流素子の発現機構を明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目 6

分子シミュレーショングループ (Molecular Simulation Group)

研究グループ長：篠田 渉

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、分子シミュレーションを用いた分子・生体機能の解析と予測技術の構築・高精度化に取り組む、新材料・新デバイスの創製に資するための研

究を推進している。分子シミュレーション要素技術の高度化とともに階層的シミュレーション手法の開発を継続的に行い、適用研究として、薬物搬送システム (DDS) シミュレータの開発、電解質への応用を目指したイオン液体の物性解析、有機分子触媒の分子設計、クリスタルエンジニアリングや薬物開発で重要と考えられるハロゲン結合による分子間相互作用解析などを行った。このうち DDS シミュレータの開発では、定量性を持つ粗視化分子モデルの開発により、DDS キャリアとして有望なりポソームの形成過程、安定性解析、リポソーム間相互作用の解析を実現している。

研究テーマ：テーマ題目 6

ダイナミックプロセスシミュレーショングループ (Dynamics Process Simulation Group)

研究グループ長：宮本 良之

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、熱的平衡状態および非平衡状態に及ぶ物質のダイナミクスの数値計算、強相関材料の物性と高精度励起状態計算、高分子や液体の取り扱いを可能とする大規模計算手法開発を進めている。本年度の成果は具体的には以下のとおりである。高分子に適した計算プログラム FMO にて十萬コアの並列計算を達成し、巨大有機機能分子の特性を予測する計算を可能とした。大規模第一原理分子動力学計算を可能とする計算コード FEMTECK において、座標に依存する質量の概念を利用した分子動力学計算の高効率化手法を確立するとともに、LiBH₄ 固体中の高い Li イオン拡散の起源を明らかにした。動的平均場理論の研究を進め、近年注目されている鉄系超伝導材料 (BaFe₂As₂) に適用し、フェルミ面近傍の電子状態のドーピングに依存した特異な振る舞いを明らかにした。透明電極材料におけるドナー準位の起源を明らかにし、アモルファス In₂O₃Zn 材料の開発を加速した。最後に非平衡状態シミュレーションによりフェムト秒レーザーを利用した加工技術開発に貢献した。

研究テーマ：テーマ題目 6

ソフトマターモデリンググループ (Soft Matter Modeling Group)

研究グループ長：米谷 慎

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、理論・シミュレーションを先導的な手段として用いた新規ナノ材料・デバイス・プロセス創成研究を進めている。題目1「ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発」に関連し、コレステリックブルー相の連続体シミュレーションにより、電場応答のダイナミクスやコロイド粒子がブルー

相内で示す構造、ブルー相を閉じ込めたセル平板間に働く力について明らかにした。また、コレステリックブルー相の安定性と液晶の弾性定数との関係についてもその理論的な説明を提案し、ソフトマテリアルの自己組織化による構造形成に関する理解を深めた。題目6「材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発」に関連し、高分子混合系におけるプロセスに主眼を置いたシミュレーション手法として、本年度はナノ粒子を高分子に分散させる際に重要となる混練プロセスを模したずりを印加できる機能を確立した。検討結果として、ナノ粒子の数を増加させると内部構造がストライプ状からネットワーク状へ変化することが示された。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6

ナノ理論グループ

(Nanoscale Theory Group)

研究グループ長：今村 裕志

(つくば中央第2)

概要：

当グループでは、ナノ構造・界面に関するシミュレーション・理論解析技術を向上させ、高効率な光・電子デバイスの実現を目指した研究を行った。その結果、有機薄膜太陽電池における光量と光電変換効率との間の理論的な関係を導くことに成功し、この関係を用いて特性解析を行った。また、脂質二重膜中でのナノドメインのダイナミクスと膜を支える水溶液や基板の相関に関する理論の構築にも成功した。さらに、プロセスに主眼を置いた材料設計手法として、ナノ粒子を高分子に分散させる際に重要となる混練プロセスを模したずりを印加できる機能を確立し、この機能を用いた検討の結果、ナノ粒子の数を増加させると内部構造がストライプ状からネットワーク状へ変化することを明らかにした。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

ソフトデバイスグループ

(Soft Device Group)

研究グループ長：井上 貴仁

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、有機分子や生体由来材料が持つやわらかな構造特性と自己組織化や省エネ型液体プロセスを活用した人や環境との親和性の良い「やわらかい」デバイスの開発に取り組んでいる。具体的には、液晶性有機半導体材料、省エネ型・高耐久性表示素子、高機能バイオメディカル素子、外部刺激に応答する構造制御高分子、マイクロ波加熱やマイクロリアクターを利用する高効率・省エネプロセスの研究・開発を進めている。また、ソフトメカニクスグループと連携し

て、「やわらかいロボット」のコアテクノロジーとなる新規なソフトアクチュエーターの開発も進めている。本年度は、赤緑青3色の重水素標識された燐光性イリジウム錯体の合成、高い電荷移動度を示す液晶性有機半導体材料の開発、アパタイトナノコンポジット層中に抗体を担持させ目的の細胞に高効率に遺伝子を導入する技術の開発、コロイド粒子を用いた調光デバイスプロトタイプの作製およびバンドル構造から2次元結晶状態への転移機構の解明、外部刺激に応答し色変化する構造制御ポリマーの開発、マイクロ波加熱を利用した重合装置の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目7

ソフトメカニクスグループ

(Soft Mechanics Group)

研究グループ長：大園 拓哉

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、高分子化合物や生体由来の材料が持つしなやかな構造特性や特異性、可塑性、興奮性および広義の自己組織化能を基盤とするソフトマテリアルの研究開発を行う。より具体的にはゲル、高分子、液晶、コロイド等のソフトマテリアルの微小空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えたソフトメカニクス材料を、バイオミメティクスと自己組織化を意識し統合的な開発を行っている。その中でも、アクチュエーターなどの機能性ゲルの開発、ゲル内バイオミネラル化の解明とその応用、固/液界面における物理化学的現象の解明とデバイスへの応用、金属ナノロッドの作製と機能創出の研究・開発に対して、化合物の設計・選択から、基礎物性評価、階層組織体構成、機能発現までを、物理・化学の両視点から統合的に行うことで取り組む。

研究テーマ：テーマ題目1

フィジカルナノプロセスグループ

(Physical Nano-Process Group)

研究グループ長：越崎 直人

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、新規な物理的プロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジット・ナノワイヤーなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、蒸着法利用配列ナノ粒子テンプレート法などいずれも一種のプラズマ状態を利用した物理的な手法を主に取り上げてきた。特に、投入するエネルギーを従来の手法と比較して小さくすることにより、液体中での高温

無機プロセスの実現を目指した検討に重点を置いてきた。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体の電導特性・ぬれ性・センサ特性・電界放射特性・などの機能の測定・評価技術の開発やその性能向上を目指した研究に取り組んだ。

研究テーマ：テーマ題目2

ナノ炭素材料研究グループ

(Carbon Nanomaterials Research Group)

研究グループ長：田中 丈士

(つくば中央第4)

概要：

当グループでは、カーボンナノチューブ (CNT) を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、CNT の電子デバイスへの応用に不可欠な金属型と半導体型を分離する技術開発を重点的に行った。CNT の金属型と半導体型の分離において、分散液組成を最適化することで、直径1.4nm の単層CNT を半導体純度95%、金属純度90%での分離を実現し、さらに太い単層CNT (直径1.7nm) の金属型・半導体型分離条件も見出した。孤立分散液の回収技術開発では、強力な超音波処理により50%の回収率を達成した。カラムの大型化や高流速化などによって1g/day の分離を実現する目処を得た。また、金属・半導体分離に適用可能な5種類の界面活性剤を新たに見出した。さらに、生体安全性に及ぼすCNT の長さの効果を調べるために、前年度に開発した手法を用いて長尺と短尺のCNT を調製し、実験用試料として提供した。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目8

グリーンテクノロジー研究グループ

(Green Technology Research Group)

研究グループ長：川本 徹

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、(1)環境中における放射性セシウムに関する除染技術開発、(2)放射性廃液用再利用可能なセシウム吸着材の開発、(3)各種溶液等からのレアメタル回収技術の開発、(4)電気化学的に色制御可能なエレクトロクロミック材料を使用したディスプレイ開発、を行った。(1)、(2)、(4)は材料としてプルシアンブルー型錯体を使用して研究を進めた。プルシアンブルー型錯体は、その結晶中に内部空孔を持ち、そこに陽イオンを出入りさせることが可能である。セシウムをそこに吸着させる技術を用いたのが(1)であり、(2)、(4)については、電気化学的に吸着及び放出できることを使用して再利用可能な吸着材、繰り返し

色変化が可能なディスプレイ等の用途を開発している。今年度については、特にプルシアンブルーを利用して環境中のセシウムの吸着技術の開発において顕著な結果が得られた。例えば、高い吸着効率を持つプルシアンブルーナノ粒子の量産に成功した。また、それを綿布等に担持し、それらをカラムに充填することでセシウムを高効率に吸着できる技術を構築した。

研究テーマ：テーマ題目2

スマートマテリアルグループ

(Smart Materials Group)

研究グループ長：吉田 勝

(つくば中央第5)

概要：

当グループでは、次世代材料として期待されている自己修復材料、光機能性材料、ペーパーライクディスプレイ等の実現を目指して、化学反応や分子間相互作用の利用による情報の感知、変換、保存、再生を行う新しい分子組織体の構築を目的として研究開発を行っている。併せて、そのために必要な新しい分子組織体の探索と分子組織体と光、熱、溶媒等の外部環境に係る相互作用について基礎的研究を行っている。ナノテクノロジーの発展系としての次世代省エネ技術および情報技術分野においては、分子間相互作用を高度利用した機能性分子組織体に対する期待が大きいです。すなわち、分子組織体の構造を正確に制御することで、新たな機能を発現することが可能と考えられる。また、分子組織体は自発的な構築が可能でエネルギー的に経済的であり、得られたものはしなやかで刺激に対して劇的に応答する特徴がある。さらに、刺激によって生じる組織構造が変化した複数の状態を速度論的に安定化できる可能性がある。グループの研究スタンスの特徴は、各種の機能性有機化合物の設計・合成から、基礎物性測定、組織体構築、機能評価までを一貫して行うことである。

研究テーマ：テーマ題目1

ナノ光電子応用研究グループ

(Nano Optoelectronics Research Group)

研究グループ長：時崎 高志

(つくば中央第2、4)

概要：

当グループでは、光や電子の閉じ込め構造の最適設計や精密作製技術をとおして、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子(革新的光デバイス)と不可視映像の可視化技術(インビジブルビジョン)を中心に技術開発を行う。さらに精密ナノ評価技術を開発してデバイス開発を促進する。本年度の成果は以下の通りである。

革新的光デバイスについては、発光ダイオード

(LED) の微小リッジ構造におけるエバネッセント光結合現象を探求し、発光領域のサイズ制御により発光の指向性が制御できることを明らかにした。また、AlGaInP 系微小リッジ LED を作製するためのプロセスを開発した。一方、インビジブルビジョンでは、昨年度開発した赤外線暗視カラー撮像技術においてフィルター等を改良して高度化・高耐久化することにより、NTSC ビデオ信号として屋外動画撮影することに成功した。ナノ評価技術については、走査型電子顕微鏡に組み込める独自ナノマニピュレータに新機能を付加してナノ材料の物性計測を行い、そのさらなる有効性を示した。また、吸引型プラズマ装置に質量分析装置を取り付けて加工生成物を同定できることを示した。一方、近接場光学顕微鏡では、白色レーザー光を用いて可視から近赤外光領域の吸収分光評価が可能な顕微鏡システムを開発した。

研究テーマ：テーマ題目 4

ナノシステム計測グループ

(Nanosystem Characterization Group)

研究グループ長：久保 利隆

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、高度な計測技術を用いテクノロジーブリッジとして実用化研究の強力な推進に貢献している。産総研のミッションに対する対応、技術研究組合や先端機器共用化への協力、放射能除染等の喫緊の解決課題に対して、原理の解明や計測手法の高度化を通じて研究の推進をサポートする。本年度の代表的な成果を以下に示す。レアメタル等の回収とその検出が可能な新規材料作成に成功した。Cs 回収材料の回収機構解明を行い、平衡状態での吸着構造に関する知見を得た。またプラズマを用いたポータブルな放射性物質の検出・分析装置の開発を目指し、表面吸着した Cs の直接検出を行った。難めっき樹脂素材へのエッチングレス無電解めっきを開発し、電子部品への応用の道を開いた。ソフトコンタクトレンズ/水界面の評価を行い、界面の水分子の配向挙動の機構解明を行った。ペロブスカイト系酸化物のナノ構造生成メカニズム解明を行った。マイクロ波エネルギーの高効率利用に関する検討をし、物性測定技術およびマイクロ波装置開発の基盤技術を構築した。当グループでは、基礎研究から実用化開発まで、また分野融合的に積極的な活動を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 2

ナノ構造アクティブデバイス研究グループ

(Nanostructured Active Devices Group)

研究グループ長：石田 敬雄

(つくば東)

概 要：

当グループではナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を行う。具体的には超分子、酸化物粒子&ワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、光センサー、発光素子、アクチュエーターなどのデバイスの開発と新型 AFM などのデバイス評価技術の確立を目指している。本年度は独自のルテニウム錯体超分子膜を用いた色素増感型太陽電池を試作し、錯体の多層化と C60 内包による2つの方法での光電流の増加を確認した。またその基板として、エレクトロスプレー法でのナノ粒子の会合によるマイクロ粒子の形成に成功した。ナノギャップ電極においては電圧をかけながら蒸着するだけの極めて簡便な手法で分子サイズのナノギャップ電極の大面积作製に成功した。デバイス評価技術としての新型 AFM においては、プローブカンチレバーの振幅をサブナノメートルに安定して動作させる技術を確立した。

研究テーマ：テーマ題目 4

ナノケミカルプロセスグループ

(Nano Chemical Process Group)

研究グループ長：依田 智

(つくば中央第5)

概 要：

当グループでは、ナノ粒子・ナノ材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド・連続製造プロセス、および関連する技術の研究開発を目的としている。必要などきに、必要なだけ、必要なナノ粒子・ナノ材料を作る技術は、デバイス化、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減の点から重要である。ナノ粒子、ナノ構造、ナノ材料の連続製造には、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路などのプロセス技術を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応した新規プロセスを構築することが可能となる。我々は各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造プロセスの開発に取り組みとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など基盤技術の開発を行っている。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3

[テーマ題目 1] ソフトマテリアルを基にした省エネ型機能性部材の開発

[研究代表者] 山口 智彦 (副研究部門長)

[研究担当者] 山口 智彦、池上 敬一、水谷 亘、大園 拓哉、吉田 勝、秋山 陽久、

木原 秀元、長沢 順一、松澤 洋子、
山本 貴広、谷田部 哲夫、土原 健治、
杉山 順一、有村 隆志、岩坪 隆、
岸 良一、川西 祐司、西村 聡、
宮沢 哲、原 雄介、中村 徹、
奥本 肇、宮前 孝行、三好 利一、
下位 幸弘、米谷 慎、福田 順一、
森田 裕史、武仲 能子
(常勤職員29名)

〔研究内容〕

光応答型 CNT 分散剤については、液中孤立分散を証明する蛍光スペクトルマッピング等の分光学的データを得て、それに基づく論文発表と産総研プレス発表を行った。その結果、当該材料に関して企業との複数の FS 連携契約を締結した。再生利用可能な分散剤の開発については、新たな誘導体を合成し、その分散能を確認すると共に可逆的光反応性と分散溶液調製条件について検討を続けている。さらに、イオン液体に特異的に働く新構造の電解質ゲル化剤の開発や、液晶溶媒を利用して有機半導体であるピセンの薄膜作成に成功した。

新規ナノファイバーゲルの試作に成功した。ゲル内におけるバイオミネラリゼーションのメカニズムの解明に資する基礎的知見を得た。ソフト微細構造界面（マイクロリソ）と流動媒体（液晶）の相互作用により発現する新しい秩序構造を発見した。界面電気現象を利用してコロイド配列配向制御を行い、新規表示デバイス開発への手がかりを得た。

2色可変 SFG を用いてソフトマテリアルと水との界面における高分子鎖の再配向挙動を明らかにした。また実動作する有機デバイスを用い、実動作状態での有機デバイス界面の挙動をその場計測することに初めて成功した。さらに近接場顕微鏡と SFG 分光を組み合わせ、極微界面計測技術の開発を進めた。また微小共振器を用いた高感度センシング技術に関して新規計測法の開発に成功した。

キラル液晶が薄膜中で形成する自己組織秩序構造として、強磁性体などでその役割が注目されているスカーミオン格子構造が形成され得ることを連続体シミュレーションにより初めて明らかにした。また、コレステリックブルー相の高分子安定化メカニズムについてもその理論的な説明を提案し、ソフトマテリアルの自己組織化による構造形成に関する理解を深めた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノチューブ、分散、液晶、ゲル、マイクロリソ、コロイド、SFG、有機EL、スカーミオン格子、コレステリックブルー相

〔テーマ題目2〕 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

〔研究代表者〕 村上 純一（主幹研究員）

〔研究担当者〕 村上 純一、佐々木 毅、川本 徹、
田中 寿、久保 利隆、小平 哲也、
阪東 恭子、堀内 伸、宮脇 淳、
陶 究、伯田 幸也、依田 智、
越崎 直人、川口 建二、古賀 健司、
清水 禎樹、Pyatenko Alexander、
高橋 顕（常勤職員18名）

〔研究内容〕

ナノ粒子技術を基盤として、(1)環境中における放射性セシウムに関する除染技術開発、(2)放射性廃液用再利用可能なセシウム吸着材の開発、(3)各種溶液等からのレアメタル回収技術の開発、(4)電気化学的に色制御可能なエレクトロクロミック材料を使用したディスプレイ開発、を行った。(1)、(2)、(4)は材料としてプルシアンブルー型錯体を使用して研究を進めた。プルシアンブルー型錯体は、その結晶中に内部空孔を持ち、そこに陽イオンを出入りさせることが可能である。セシウムをそこに吸着させる技術を用いたのが(1)であり、(2)、(4)については、電気化学的に吸着及び放出できることを使用して再利用可能な吸着材、繰り返し色変化が可能なディスプレイ等の用途を開発している。今年度については、特にプルシアンブルーを利用して環境中のセシウムの吸着技術の開発において顕著な結果が得られた。例えば、高い吸着効率を持つプルシアンブルーナノ粒子の量産に成功した。また、それを綿布等に担持し、それらをカラムに充填することでセシウムを高効率に吸着できる技術を構築した。亜鉛置換型プルシアンブルー型錯体ナノ粒子薄膜のエレクトロクロミック特性について、粒径制御、洗浄工程の追加による耐久性向上を実現した。

新規な物理的プロセスを利用して従来法では得られないナノ粒子・ナノコンポジット・ナノワイヤーなどの新規ナノ構造体を調製するためのプロセス技術を開発している。具体的には、マイクロプラズマプロセス法、液相レーザーアブレーション法、蒸着法利用配列ナノ粒子テンプレート法などいずれも一種のプラズマ状態を利用した物理的な手法を主に取り上げてきた。特に、投入するエネルギーを従来の手法と比較して小さくすることにより、液体中での高温無機プロセスの実現を目指した検討に重点を置いてきた。また、このような技術を駆使したアプローチにより調製した新規ナノ構造体の電導特性・ぬれ性・センサ特性・電界放射特性・などの機能の測定・評価技術の開発やその性能向上を目指した研究に取り組んだ。レーザーを使ったサブマイクロメートル球状粒子の作製法を確立し、これまで光吸収のない物質で作製不可能だったアルミナのような物質の球状粒子作製法の可能性を実証した。また、酸化チタン球状粒子の光散乱体としての応用例を提示した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、セシウム、除染、エレクトロ

クロミズム、プルシアンブルー、ナノコンポジット、マイクロプラズマ、レーザーアブレーション、アルミナ、酸化チタン、

〔テーマ題目3〕多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

〔研究代表者〕村上 純一（主幹研究員）

〔研究担当者〕村上 純一、佐々木 毅、古屋 武、越崎 直人、陶 究、竹林 良浩、依田 智、川口 建二、清水 禎樹、Pyatenko Alexander（常勤職員10名）

〔研究内容〕

ナノ粒子・ナノ材料を幅広い産業分野へ応用していくためのオンデマンド・連続製造プロセス、および関連する技術の研究開発を目的としている。必要なときに、必要なだけ、必要なナノ粒子・ナノ材料を作る技術は、デバイス化、製品開発速度の向上、ナノリスクの低減の点から重要である。ナノ粒子、ナノ構造、ナノ材料の連続製造には、溶媒、流体をベースとしたプロセスを構築し、流体の特性、物質の溶解度や相状態の把握、化学反応の精密制御を行うことが不可欠となる。これらの物性・反応を緻密に制御するパラメータとして、“圧力”を導入し、さらにマイクロ流路などのプロセス技術を組み合わせることによって、様々な新規ナノ粒子・ナノ材料に対応した新規プロセスを構築することが可能となる。我々は各種ナノ粒子、ナノ材料の連続製造プロセスの開発に取り組むとともに、高圧下での諸物性測定・化学反応など基盤技術の開発を行っている。

発泡させた試料の発泡セル内に、シリカ成分が凝集した構造を作成する条件について検討し、特定のポリマー種とアルコキシド種の組み合わせで形成されること、構造形成が加水分解の影響を受けることを見いだした。これらの知見から、発泡セル内にシリカ含有単一粒子が生成した構造を持つ発泡体の作成法を確立した。

ポリマーの押出成型機をベースとした断熱材連続製造プロセスについて、発泡倍率の増大と、熱伝導率の最適化を目的とした製造条件の最適化を行った。発泡倍率の大幅な増大、発泡セルのセル径の抑制と破泡の抑制について効果が見られたが、試料の成型等に難があり、熱伝導率としては昨年度と同程度（0.028-30W/mK）に止まっている。また成型した試料について、長期安定性試験（加速試験）を行い、室温下10年相当で、熱伝導率、寸法に大きな変化がないことを確認した。

不均質核生成/成長を回避するためのマイクロデバイスを開発した。マイクロミキサ内壁面での不均質核発生や混合前の原料溶液の加熱の回避を可能とする中心衝突型マイクロミキサ（改良型）の構造を決定した。また、反応管内壁面での粒子付着や結晶成長の回避を可能とす

るデバイスの構造を決定し試作した。さらに、従来のデバイスを用いたナノ粒子合成実験と並行して、適宜CFD解析を積極的に行い、デバイス各部のサイズ、細孔の径と間隔、レイアウト、流量などのパラメータの最適化を実施し、最終的なデバイス構造を決定した。

装置の流路内に電気伝導度測定用のマイクロ電極を複数個設置することで個々の滞在時間での残存金属塩濃度をIn-situで分析・定量し、高効率な速度論データの蓄積を行うためのデバイスを開発した。また、電気伝導度測定システムも開発した。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕ナノ粒子、オンデマンド、マイクロ流路、発泡体、押出成形、熱伝導、マイクロミキサ、電気伝導

〔テーマ題目4〕ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

〔研究代表者〕池上 敬一（副研究部門長）

〔研究担当者〕時崎 高志、石田 敬雄、重藤 知夫、永宗 靖、清水 哲夫、王 学論、内藤 泰久、小倉 睦郎、黒田 雅治、向田 雅一（常勤職員10名）

〔研究内容〕

光や電子の閉じ込め構造の最適設計や精密作製技術をとおして、光エレクトロニクスに関連した高効率発光素子（革新的光デバイス）と不可視映像の可視化技術（インビジブルビジョン）を中心に技術開発を行う。さらに精密ナノ評価技術を開発してデバイス開発を促進する。本年度の成果は以下の通りである。

革新的光デバイスについては、発光ダイオード（LED）の微小リッジ構造におけるエバネッセント光結合現象を探求し、発光領域のサイズ制御により発光の指向性が制御できることを明らかにした。また、AlGaInP系微小リッジLEDを作製するためのプロセスを開発した。一方、インビジブルビジョンでは、昨年度開発した赤外線暗視カラー撮像技術においてフィルター等を改良して高度化・高耐久化することにより、NTSCビデオ信号として屋外動画撮影することに成功した。ナノ評価技術については、走査型電子顕微鏡に組み込める独自ナノマニピュレータに新機能を付加してナノ材料の物性計測を行い、そのさらなる有効性を示した。また、吸引型プラズマ装置に質量分析装置を取り付けて加工生成物を同定できることを示した。一方、近接場光学顕微鏡では、白色レーザー光を用いて可視から近赤外光領域の吸収分光評価が可能な顕微鏡システムを開発した。

ナノスケール構造体特有のアクティブな量子効果などの物性を利用した新規デバイスの創出やその要素・評価技術の研究を行う。具体的には超分子、酸化物粒子&ワイヤー、金属ナノギャップなどのアクティブな性質を利用したメモリー、光センサー、発光素子、アクチュエー

ターなどのデバイスの開発と新型 AFM などのデバイス評価技術の確立を目指している。本年度は独自のルテニウム錯体超分子膜を用いた色素増感型太陽電池を試作し、錯体の多層化と C60内包による2つの方法での光電流の増加を確認した。またその基板として、エレクトロスプレー法でのナノ粒子の会合によるマイクロ粒子の形成に成功した。ナノギャップ電極においては電圧をかけながら蒸着するだけの極めて簡便な手法で分子サイズのナノギャップ電極の面積作製に成功した。デバイス評価技術としての新型 AFM においては、プローブカンチレバーの振幅をサブナノメートルに安定して動作させる技術を確認した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光、可視化、LED、赤外線、暗視、電子顕微鏡、近接場、色素増感太陽電池、ナノギャップ 化合物半導体

【テーマ題目5】 ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【研究代表者】 池上 敬一（副研究部門長）

【研究担当者】 片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤（常勤職員4名）

【研究内容】

カーボンナノチューブ（CNT）を代表とするナノ炭素材料特有の新たな機能を見出し、革新的デバイスへ応用するために、分散・分離・成膜技術開発、さらにその基礎となる物性研究を行っている。今年度は、CNT の電子デバイスへの応用に不可欠な金属型と半導体型を分離する技術開発を重点的に行った。CNT の金属型と半導体型の分離において、分散液組成を最適化することで、直径1.4nm の単層 CNT を半導体純度95%、金属純度90%での分離を実現し、さらに太い単層 CNT（直径1.7nm）の金属型・半導体型分離条件も見出した。孤立分散液の回収技術開発では、強力な超音波処理により50%の回収率を達成した。カラムの大型化や高流速化などによって1g/day の分離を実現する目処を得た。また、金属・半導体分離に適用可能な5種類の界面活性剤を新たに見出した。

単一構造の金属型 CNT を得ることを目的に実験を行った。CNT をカラムに吸着させたのち段階溶出方法と、大量の CNT 分散液を直列に連結したカラムに投入することによる分離を行ったが、顕著な分離を認めることが出来なかった。一方で、デオキシコール酸で分散した CNT を用いて、ゲルに対する吸着と脱着により、CNT とその他不純物（アモルファスカarbonなど）を分離できることを見出した。興味深いことに、分離した金属型 CNT を出発材料にして、このデオキシコール酸を用いた系で分離を行うと、金属型 CNT とその他不純物の分離に加えて、分離前後で金属型 CNT のカイラリティ分布が変化することを明らかにした。本手法を最適化する

ことで、単一構造の金属型 CNT の取得に繋がる可能性がある。また、金属型・半導体型分離が可能な新たなゲルと界面活性剤の組合せも見出した。

ゲルを用いた金属型・半導体型 CNT の分離原理解明に関する研究も行った。これまでに行ってきた金属型・半導体型 CNT の分離に使用出来る界面活性剤のスクリーニングを行った結果の解析から、コール酸やデオキシコール酸の様な平面状分子で CNT に面で強固に結合し、非常に高い分散能を持つ界面活性剤と異なり、ドデシル硫酸ナトリウムを筆頭とする分離に使用可能な直鎖アルキルの疎水基をもつイオン性界面活性剤は、CNT に対する親和性があまり高くなく、そのあまり高くない分散能が金属型と半導体型の CNT の違いを見分けることを可能としているというモデルを導いた。

生体安全性に及ぼす CNT の長さの効果を調べるために、前年度に開発した手法を用いて長尺と短尺の CNT を調製し、実験用試料として提供した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノチューブ、分離技術、分散技術、超音波、界面活性剤、ゲル

【テーマ題目6】 材料・デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【研究代表者】 浅井 美博（副研究部門長）

【研究担当者】 浅井 美博、長嶋 雲兵、大谷 実、石橋 章司、篠田 渉、宮本 良之、米谷 慎、今村 裕志、西尾 憲吾、橋本 保、伏木 誠、宮崎 剛英、織田 望、三宅 隆、小川 浩、折田 秀夫、崔 隆基、手塚 明則、森下 徹也、西村 憲治、石田 豊和、内丸 忠文、古明地 勇人、都築 誠二、三浦 俊明、三上 益弘、土田 英二、Fedorov Dmitri、中村 恒夫、福田 順一、森田 裕史、川畑 史郎、下位 幸弘、関 和彦、針谷 喜久雄、中西 毅（常勤職員36名）

【研究内容】

燃料電池の実用化及びリチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属、半導体、及び酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行った。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析した。本年度は特に、Pt 電極/水界界面上に硫酸イオンが存在する希硫酸水溶液のシミュレーションを行った。電圧による硫酸イオンの吸着構造が異なることが明らかになるなど、酸素極の構造や電気化学反応の第一原理シミュレーションが可能になった。

古典分子動力学シミュレーションによるアモルファスの構造モデリングスキームを確立した。第一原理材料シ

ミュレータ QMAS のスピン軌道相互作用／ノンコリニア磁性計算機能とワニエ軌道関連計算機能を結合した。ナノサイズのトランジスタの金属電極／チャンネル界面でのショットキー障壁高さの変調、有機強誘電体 TTF-QBrCl₃の自発分極、などを第一原理計算で調べた。層欠陥を含む炭素系材料の伝導特性を決定し、新規デバイスを提案した。ナノ接合の第一原理電気伝導計算方法と理論構築によりブロック分子整流素子の発現機構を明らかにした。

FEMTECK コードにて1200原子の第一原理 MD 計算を可能とし、LiBH₄固体中の高い Li イオン拡散の起源を明らかにした。FMO コードにてMP2レベルと相対論効果を取り入れた高精度化と、10万コアを利用した超並列計算を可能にした。鉄系超伝導材料のフェルミ準位近傍の電子構造がドーピングにより複雑に変化することを突き止め、動的平均場近似理論の開発により電子の強い相関の存在が示された。光化学反応計算コードの開発により、有機材料における光起電効果、酸化グラフェンのレーザー還元効果を提案した。

励起状態並びに光物性に関するシミュレーション及び理論解析技術を向上させ、有機薄膜太陽電池における光量と光電変換効率との間の理論的な関係を導き、この関係を用いて特性解析を行った。高分子混合系におけるプロセスに主眼を置いたシミュレーション手法として、本年度はナノ粒子を高分子に分散させる際に重要となる混練プロセスを模したずりを印加できる機能を確立した。検討結果として、ナノ粒子の数を増加させると内部構造がストライプ状からネットワーク状へ変化することが示された。

生体・分子集合体機能の解析と予測のために必要な分子シミュレーション要素技術の開発と、化学反応機構、分子認識機構の解析、分子自己組織化構造解析・安定性評価などを行った。イオン液体の電解質への応用を目指し、イオン伝導（輸送）特性と分子構造との関係を分子動力学シミュレーションにより系統的に調べ、分子形状、分子間相互作用、剛直性の変化による分子輸送特性への影響を明らかにした。計算された輸送特性は実験と定性的によく一致し、シミュレーションによる輸送特性の予測が可能となった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 燃料電池、リチウムイオン電池、水素貯蔵、分子動力学、第一原理計算、超並列計算、超伝導、有機薄膜太陽電池、混練、化学反応機構、分子認識、自己組織化、イオン伝導

【テーマ題目7】 幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発

【研究代表者】 井上 貴仁（ソフトデバイスグループ）

【研究担当者】 井上 貴仁、植村 壽公、鶴沢 浩隆、

大矢根 綾子（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

再生医療などをターゲットとし、オンチップ細胞操作・分離技術、幹細胞への量子ドットの高効率導入技術、アパタイトナノコンポジット層の精密構造制御技術を利用した遺伝子やサイトカインの担持・徐放化技術など、幹細胞等を利用した再生医療に資する基盤技術・標準化技術の開発を目的としている。要素技術としては、マイクロ流路のチップ上で電場による細胞操作やチップ作製などの基本技術、リン酸カルシウム過飽和溶液場を利用したナノコンポジット製造技術、三次元細胞培養技術である。これら要素技術を基にした特許出願などを行っているが、実用化にいたるためには、安全性評価技術や臨床研究が必要であり、民間企業、大学医学部等と共同で研究を進めている。

チップスケールでの細胞の操作・選別に関しては、マイクロ流路技術と誘電泳動力を利用し、流路内に設置した4重極電極の4つの電極電圧を独立に変化させ、電界の極小点の位置を正確に操作することによって、細胞1個1個の操作と流動方向を精密に制御可能なシステムを開発した。

ナノコンポジットとしては、DNA-アパタイトナノコンポジット層に抗体を複合担持させ、細胞特異的な遺伝子導入技術について検討した。その結果、上記コンポジット層を利用すれば、抗原-抗体反応の特異性によって、標的細胞に対し効果的に遺伝子導入を行えることを明らかにした。

ティラピアウロコラーゲンをを用いた細胞培養器材の製作方法を確立した。細胞培養器材を用いて、種々の樹立細胞株で、ブタコラーゲンなどに比較して、高い増殖能を有することを明らかにした。これらウロコラーゲンは、培養器材だけでなく、骨分化誘導性のバイオマテリアル（骨補填剤や再生医療用の足場材料）としても期待される。量子ドットのヒト間葉系幹細胞への90%以上の導入効率を達成する方法の確立、ならびに導入細胞の実験動物への移植によるナノリスク評価を行った。

【分野名】 ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 再生医療、バイオマテリアル、ナノコンポジット、アパタイト、細胞接着因子、ウロコラーゲン、マイクロ流路、界面動電現象、三次元細胞培養

【テーマ題目8】 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法の開発

【研究代表者】 佐々木 毅（主幹研究員）

【研究担当者】 佐々木 毅、片浦 弘道、阿部 修治、阿多 誠文、植村 壽公、藤田 克英、越崎 直人、長沢 順一、針谷 喜久雄、田中 丈士、藤井 俊治郎、平野 篤

(常勤職員12名、他4名)

【研究内容】

先端技術産業の基盤となるナノ材料の環境影響を早期に評価し管理指針を示すことで、ナノ材料の社会受容と安全な応用開発を促進することを目指し、ナノ材料リスク情報の収集と分析を行うとともに、予備的リスク評価に必要な試料調製、特性評価、有害性評価の手法を開拓することを目的としている。リスク管理の方法論の構築に向けた文献調査を継続して行い、繊維病原性仮説のもととなったアスベスト等の物理化学的性質や毒性学的研究に関する過去の文献を再調査するとともに、ナノ材料の体内動態に関して総合的な理解を深めるための基本的な知見の収集と分析を行った。

近年長い単層カーボンナノチューブ (SWCNT) の毒性に注目が集まっていることから、SWCNT に関して安全科学研究部門との連携研究を進めている。本年度は、一般的な SWCNT よりも長尺 (10 μ m 程度) の eDIPS SWCNT を、低毒性の DNA を分散剤として切断せずに分散した長尺 SWCNT 分散液と、超音波で500nm 以下に切断した短尺 SWCNT 分散液を、動物実験用に提供した。しかし、いかに切断せずに分散しても、合成当初から含まれる1~3 μ m の短い SWCNT が大多数であり、10 μ m 以上の真に長い SWCNT の本数は全体の10%以下であることが、詳細な顕微鏡観察で明らかになった。そこで、SWCNT 分散液を短いものと長いものに分離する、新たなカラム分離技術の開発を行った。その結果、10 μ m 以上の長さを持つ SWCNT の本数が65%、1~3 μ m 程度の SWCNT の本数が10%以下の長尺 SWCNT 分散液を得ることに成功した。

工業用ナノ材料の有害性を調べる気管内注入試験に使用する分散液の調製法に関する研究を推進しており、今年度については、市販されている1次粒子径がおおよそ20nm の酸化チタンナノ粒子を中心に、その分散溶液の調製手順ならびに安定性について検討を進めた。分散剤としてリン酸二ナトリウム (DSP) 1~2mg/mL の溶液を用いた分散液の安定性が優れていることが分かった。また、遠心分離によって1 μ m 以上の凝集粒子を取り除いた酸化チタン分散溶液 (TiO₂濃度6mg/mL、DSP 濃度2mg/mL) の安定性は非常によく、分散液中の凝集粒子の直径は120nm 前後であり、多少凝集沈殿が形成されたとしても10分間程度超音波浴にて再分散すれば、容易に120nm 前後の凝集粒子へ再分散が可能であった。さらに調製後2か月程度たっても安定に再分散が可能であることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リスク評価、アスベスト、カーボンナノチューブ、酸化チタン、ナノ粒子

⑦【ダイヤモンド研究ラボ】

(Diamond Research Laboratory)

(存続期間：2010.4.1~)

研究ラボ長：鹿田 真一

副研究ラボ長：茶谷原 昭義

所在地：関西センター、つくば中央第2

人員：9名 (9名)

経費：205,367千円 (112,070千円)

概要：

ダイヤモンドは、熱伝導率、絶縁破壊電界、透光率、弾性定数・硬度、電気化学電位窓、化学的安定性などで物質中、最高の値を有し、電子線放出、キャリア移動度、X線透過率や耐スパッタ性でも極めて優れた性能を有する“超物質”である。これらの材料特性を組み合わせる事により、省エネパワーデバイス、電子源、光学・電子線・X線等ビーム取り出し窓、原子力用放射線センサ、ヒートスプレッド、炭素ファイバ等新素材加工工具、電気化学電極、高性能 SAW 発振器、バイオ・化学センサなど、将来に向けた各種応用展開が期待されている。これら応用の中でも特に省エネパワーデバイスは、SiC 等の他材料を圧倒的に凌駕する半導体として、高耐圧、低損失、高速動作の性能が予想されており、究極の冷却フリー・高出力の新概念のデバイスとして「Cool Earth エネルギー革新技術計画」などの経済産業省のロードマップにおいて、次世代材料・デバイスとして期待されている。加えて、ダイヤモンドは言うまでもなく炭素のみからなり、国内でも未来まで無限に調達可能であり資源面の心配がないこと、ナノサイズでも安全であることなど、まさしく21世紀以降の日本の戦略的物質である。

産総研では、経済産業省のフロンティアカーボンプロジェクトに取り組む中で、ナノカーボン及びダイヤモンドを材料の一つの柱として研究を進め、さらに平成15年度から7年間、ダイヤモンド研究センターを設置し、ダイヤモンドの合成から応用に至る総合的な研究を推進した。この結果、合成、加工、ドーピング、表面修飾、コンタクト電極等の材料基盤技術を進化させ、世界最大サイズの単結晶及びその量産技術、電子源デバイスの実用化などの世界に誇れる実用技術の開発に成功し、また世界で初めて量子素子分野で同位体ホモ接合でのキャリア閉込めを発見するなどの学術的成果も産んできた。

平成22年度より新たに発足した本研究ラボでは、上記の経緯も踏まえつつ、ダイヤモンドウエハ及びパワーデバイスの研究開発に重点的に取り組むこととし、以下のミッションを設定した。

1) ダイヤモンドウエハ及びデバイス研究開発を推

進し、冷却フリー・次世代省エネパワーデバイスを開発し、省エネルギーを進めることによって、日本及び世界の CO₂削減に貢献する。

- 2) ダイヤモンドウエハ及びデバイスの大市場規模産業の構築に貢献する。
- 3) 資源、安全性で優れる炭素材料の利用・普及により、日本の資源・産業関連戦略に貢献する。
- 4) ダイヤモンドの新たな機能を明らかにし向上させ、新産業創出に貢献する。

上記ミッションを達成するため、具体的には以下の研究テーマを実施する。

① ウエハ開発：気相合成による単結晶ダイヤモンドの大型化・高品質化を推進するために必要な成長条件探索および結晶加工技術を開発している。特に早急な大口径化が期待できる「接合ウエハ」の製造技術開発に注力し、半導体ウエハとしての実用性を実証する。

② デバイス：ダイヤモンドの特徴である高耐圧・高温動作を活かし、冷却フリー・高耐圧・高出力を実用構造である縦型ショットキーダイオードで実証する。また高速動作の可能性について評価する。

その他：パワーデバイスの高性能化、量子デバイスへの展開などを目指し、ダイヤモンドのさらに極限材料である同位体など、材料基盤技術を開発する。また企業によるダイヤモンドの広い応用展開の積極的サポートを行う。

上記研究テーマと中期計画、研究分野戦略との関係は、下記のとおりである。

1) ウエハ開発

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進4. グリーン・イノベーションの核となる材料・システムの創成(2)ナノカーボン材料の量産化技術と応用②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

及び再掲として、

III. 他国の追随を許さない革新的技術開発の推進

2. イノベーションの核となる材料・システムの開発

(2) ナノカーボン材料の量産化技術と応用②単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

2) デバイス

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム②電力変換エレクトロニクス技術の開発

発 表：誌上発表12件、口頭発表45件、その他6件

【テーマ題目1】ウエハ開発

【研究代表者】茶谷原 昭義

【研究担当者】 杵野 由明、坪内 信輝、山田 英明
(常勤職員4名)

【研究内容】

物質中最高性能を多数有し、多くの応用が期待されるダイヤモンドの材料研究として、単結晶成長技術及び結晶欠陥評価等技術推進により低欠陥2インチ接合ウエハを開発し、パワーデバイスウエハ等への応用を目指すことを本テーマの3年間の目標として、H23年度は、下記を目標として研究を実施した。

CVD 単結晶ダイヤモンドの成長・加工条件の精査および種結晶片のオフ方向と接合境界との角度制御などの接合技術を用い、1.5インチサイズの接合ウエハを試作する。

これに対して、主な研究成果は下記の通り。

- ・ダイヤモンド接合ウエハの接合境界上に発生する異常粒子数の抑制した上で、接合を繰り返して大面積化し、40mm 角に到達し目標を達成した。種結晶片の境界方向とオフ境界を適度にずらすことによって、異常粒子数を抑制し、さらに成長に使うプラズマを均一化することによって40mm 角範囲の単結晶合成が可能となった。
- ・欠陥評価技術としてこれまでの偏光像・X線トポ像評価に加えて、プラズマエッチングによるエッチピット評価を利用できる目処が立った。継続してエッチング条件を最適化する予定である。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド半導体、結晶成長、ダイヤモンドウエハ

【テーマ題目2】デバイス開発

【研究代表者】 鹿田 真一

【研究担当者】 梅澤 仁、永瀬 成範、加藤 有香子、渡邊 幸志、(常勤職員5名)

【研究内容】

究極性能が期待できるダイヤモンドを用いたパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術、デバイス要素技術等を研究し、低欠陥高品質エピタキシャル膜とデバイスの開発を行い、実証デバイスとして低損失かつ冷却フリー250℃動作パワーダイオードを実現することを本テーマの3年間の目標としている。本年度は、下記を目標として研究を実施した。

縦型構造で耐圧2kV のパワーダイオードを設計し試作する。p-/p+構造を可能とするドーピング濃度制御技術を確認する。またエピ欠陥評価技術として、ラマン散乱、CLなどの手法による欠陥評価技術とX線トポグラフィ法によって得られた欠陥種との相関を得る。

これに対して、主な研究成果は下記の通り。

震災によるエピ成長装置の破損で、縦型構造ダイヤモンドパワーダイオードの設計・試作が半年間停止を余儀なくされたが、その後猛烈的な挽回で、目標の2kV にあ

と一歩の耐圧1.75kVまで達成した。p-/p+構造を可能とするドーピング濃度制御については、不純物制御の向上で従来の1/4に制御可能にすることができた。補修期間に、結晶欠陥解析等を前倒しで進め、ラマン散乱、CL、X線トポグラフィ法を用いて、45°複合貫通転位の同定に成功するなど、目標以上の成果を挙げた。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 ダイヤモンド、半導体、デバイス、パワーデバイス、結晶欠陥

5) 計測・計量標準分野
(Metrology and Measurement Science)

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

研究統括：三木 幸信

副研究統括：三木 幸信

概 要：

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

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

計測・計量標準分野研究企画室
(Research Planning Office of Metrology and
Measurement Science)

所在地：つくば中央第2

人 員：4名 (3名)

概 要：

当室は、産総研組織規程第6条の規定に基づき、計測・計量標準分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には、第3期中期目標の達成に向けて、産総研のミッションの遂行のための戦略を策定し、他独法、産業界、大学等への働きかけと連携の強化、ならびに分野内外の融合研究などの種々の取り組みを促進するため、平成23年度は主に下記4つの計画の下、業務を行った。

1. 外部との連携の強化
2. 研究ユニットとの対話を通じた成果の発掘
3. 分野運営に係る各種業務の遂行
4. 東日本大震災の復興支援に係る調整
 1. については、他独法、産業界、大学等への働きかけにより組織的な対話の機会を設け、連携の強化やプロジェクトの共同提案などの発展を支援した。また、計測業界関連の展示会への分野からの出展を企画し、関連業界への成果発信の機会の拡大を支援した。
 2. については、研究ユニットとの対話を通じ、情報交換の環境の整備を推進し、シーズを発掘し、外部連携や分野融合などへの発展を促進した。さらに、研究ユニットからの要望等への対応を通じてユニットの円滑な運営を支援した。

3. については、中期研究目標策定、予算策定、原課対応、委員会等の事務局、等の取りまとめなど、分野運営に係る各種業務を円滑に行った。

4. については、福島県の工業製品の放射線計測支援要員の派遣の調整や放射線計測に係る要望や問い合わせ等への対応の調整業務を行った。

機構図 (2012/3/31現在)

[計測・計量標準分野研究企画室]
研究企画室長 野中 秀彦 他

②【生産計測技術研究センター】
(Measurement Solution Research Center)
(存続期間：2007. 8. 1～2015. 3. 31)

研究センター長：坂本 満
副研究センター長：菅原 孝一

所在地：九州センター
人 員：30名 (30名)
経 費：423, 315千円 (253, 871千円)

概 要：

計測技術は、製品開発、生産、市場化、使用、リユース/リサイクル及び廃棄の各局面で利用され、それぞれの評価の基盤となっている。中でも生産局面における計測は、わが国ものづくり産業の競争力の維持・強化に重要な役割を果たしており、その高機能化・高効率化・迅速化などが常に求められている。当研究センターは、産業や社会の広い意味での「生産現場」で発生する多様な計測課題に対して、産総研内外の様々な技術を高度化・統合し、その成果を計測ソリューションとしてオンタイムで提供することにより、我が国の基幹産業を支える高度な製造産業の競争力の維持・強化と、産業や社会の安全・安心の実現に貢献することを目指している。

これを実現するために、当研究センターでは、生産現場の計測課題を熟知した企業の専門家（マイスターと呼び、マイスターを活用するシステムをマイスター制度と呼ぶ）と連携した課題解決の取り組み（タスクフォース）を推進するとともに、業界や社会に共通的な課題に対してはコンソーシアム型の取り組みを行う。また、これらの課題解決事例を蓄積し、適時情報発信していく。

本研究センターで実施する研究開発は、第2種の基礎研究を中核として第1種の基礎研究を含みつつ製品化研究へ展開される本格研究であり、具体的な課題解決に向けて以下の3項目を主題として取り組む。

- ① 生産現場計測技術の開発

高品質のものづくりと生産の高効率化に直結する製品検査技術およびプロセス管理技術では、非接触、非破壊、高スループット、可視化などの共通的な諸要件に加え、各製造現場に対応した計測技術の開発が求められている。そこで、これらの現場ニーズに柔軟に対応できる光学的手法を主体に用いて、半導体微小欠陥検査技術など、新規なインライン計測技術の開発に取り組み、検査装置化を進める。

また、とくに半導体デバイスメーカーの生産ラインでは生産効率や品質を低下させる共通課題として、プラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電の発生がある。これらを解決するために、生産ラインの課題を再現できるプラズマエッチング装置をオープンインベーションスペースに設置し、実環境下での計測技術の開発と同時にデバイスメーカー、装置メーカー、素材・周辺機器メーカー等と共同でプラズマ耐性材料や電源技術等の開発に取り組む。このような活動を通して生産ラインの課題を解決する有効なソリューションの実用化研究を進める。

② 測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

内燃機関等の燃焼圧計測や上述のプラズマ異常放電の検知など、過酷環境下での圧力振動計測技術を開発するために、耐熱性圧電体薄膜を用いた新しい広帯域圧力・振動センサに関する研究を行う。このために、実際にセンサを試作し、実証（模擬）試験等により問題を明らかにし、その解決に取り組む。さらに、センサの性能を向上させるために、高性能な圧電特性を示す複合窒化物・酸化物の材料探索や、薄膜のナノレベルでの構造制御技術などにも取り組む。

また、応力発光技術を基盤とした先進計測システムを開発するため、アドバンスト・センシングを中心に、現象の基礎研究からその応用のまで一連の研究を行う。「応力発光技術」とは、圧縮、引張り等の機械的外力により発光する応力発光体を中心とする一連の技術であり、現象の機構解明、材料開発から製造技術、デバイス化技術、システム化技術、そして各種現場計測を始め、環境・エネルギーなどへの利用技術へと大きな拡がりをもっている。応力発光体の大きな特長は、微粒子一つ一つがセンサとして機能することにより、マイクロからマクロまで、空間的なダイナミックレンジにほぼ制約を受けない点にあり、この特性を活かした各種応力計測システムや異常検出システムの研究開発に力を入れる。

③ 微量・迅速・精密化学計測技術の開発

マイクロ空間化学技術等を用いた微量・迅速・精密化学計測技術を開発し、バイオ・化学・素材関連産業分野におけるソリューションの提供を目指す。具体的には、以下の研究を実施する。

- 1) ナノ粒子高速開発システムの構築：ソリューション提供のためのナノ粒子高速開発システムの構築を目的とし、用途に応じた分析・計測・解析技術等の検討・開発を行う。
- 2) 食品加工業の生産現場でのオンサイト計測技術開発：マイクロ流体チップなどを用いて食品成分・遺伝子・各種薬品、あるいは細胞診断を行うデバイスの開発を行う。また、計測に加え、被測定物を測定可能な状態にするための前処理デバイス、ならびに両者を組み合わせたオンサイト計測デバイスを開発し、プロセス制御への応用を図る。当センターの平成23年度の研究開発計画は、以下の通りである。

①-1) 超 LSI 製造プロセスにおける化学的機械的研磨処理直後に生じるシリコン・ウェハ表層のマイクロクラックの検出について、産総研で試作した原理機をベースとして、クリーンルーム対応オフライン検査装置を企業と共同で開発し、生産現場へ導入、その有用性を検証する。

①-2) 半導体製造工程で用いられるプラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発を行う。具体的には、音響センサの配置を工夫するとともに、レーザ光学系、画像処理ソフトを試作して、生産ラインと同等の条件で異常放電及びパーティクル発生の検出が可能なことを検証する。また、異常放電やプラズマ揺らぎによる突発的なパーティクル発生を再現させ、その発生機構を探る。

②-1) 圧電体薄膜を用いた耐熱圧力振動計測技術の向上を目指す。具体的には、製造現場などへの適用に向けて、圧力センサや振動センサの筐体構造の最適化および検出感度などの基本性能の評価を行う。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体薄膜の材料探索を行う。

②-2) 明環境で計測可能な高効率応力発光体の開発と発光機構解明を進め、異常検出システムと応力記録システムの性能向上と最適化を図り、理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行う。また、耐久性を有する応力発光塗膜センサ構成を元に、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積を進め、発光データから応力診断できるようデータベース化を図る。

③ 食品加工業の生産現場でのオンサイト計測技術開発に関しては、オンチップで測定対象物質を分離・抽出する検体の前処理技術の開発と、細胞診断に向けた成熟度により分離する細胞分離技術の開発を行う。ナノ材料計測技術開発に関しては、研究開発および製造プロセスにおけるオンライン分析・解析技術を開発すると共に、その実用化研究に着手する。

外部資金：

独立行政法人科学技術振興機構

戦略的創造研究推進事業 「マイクロ空間場によるナノ粒子の超精密合成」

戦略的創造研究推進事業 「応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出」

研究成果最適展開支援事業 「マイクロ流体による物質の多層化と細胞への送達による評価」

研究成果最適展開支援事業 「牛精子の雌雄選別用フローサイトメーターのノズルレス化」

研究成果最適展開支援事業 「エコー動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システム」

研究成果最適展開支援事業 「ソリューションプラズマ法を用いる新規且つ低コストな貴金属ナノインク製造技術の開発」

財団法人九州産業技術センター

平成23年度地域イノベーション創出研究開発事業

「食の安全に貢献する高感度・迅速細菌検査システムの開発」

「新規なナノインク用貴金属ナノ粒子製造方法の開発」

財団法人九州先端科学技術研究所

「プラズマエッチング実機評価による導電性プラズマ耐性材料開発」

財団法人福岡県産業・科学技術振興財団

「量子ドットによる高輝度 LED 用ナノ蛍光体の開発」

文部科学省（科学研究費補助金）

「ユビキタス性を持つ革新的な応力発行人ノ光源の開発」

「帯電二次元分布可視化計測システムの開発」

「コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製」

「量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明」

「マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術」

「独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定」

「新規な菌類検査方法の基礎研究」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構（助成金）

「製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型 静電気計測技術の開発」

発 表：誌上発表56件、口頭発表140件、その他30件

光計測ソリューションチーム

(Optical Measurement Solution Team)

研究チーム長：野中 一洋

(九州センター)

概 要：

本研究チームでは、マイスター制度に基づく企業との連携研究として、半導体、およびプリント基板の各製造現場から抽出した課題を中心に業務に取り組んでいる。光を用いた種々の計測技術を駆使し、従来困難であった製品の各種欠陥・異常等の検出のため、新規計測法の確立とその検査装置のプロトタイプングを行う。また、製品製造プロセスにおける異常発生防止・予知に関する計測課題に取り組むと共に、他のチームと協力してマイスター課題の拡大を図る。さらに、製造現場で広く実施されている目視検査については、プリント基板の金めっきを対象に光学的手法による客観的な検査法の開発を進め、検査法の標準化に取り組む。

九州地域の企業群への貢献としては、半導体外観検査技術を中心に、公設研と連携して研究会を企画・運営し、成果の普及、現場ニーズ対応などに取り組むと共に共同開発プロジェクト化を推進する。

研究テーマ：テーマ題目1

プラズマ計測チーム

(Plasma Diagnostics Team)

研究チーム長：上杉 文彦

(九州センター)

概 要：

プラズマプロセスは LSI、FPD の製造等に多用されている。中でも車載マイコンは不良個数ゼロが要求されるなど最近の LSI 生産では品質の高さが求められている。しかし生産ラインでは、特にプラズマエッチング装置で発生するパーティクルや異常放電が量産安定性を阻害し、製造品質を低下させている。当チームでは、量産対応のプラズマエッチング装置をオープンインベションスペースに設置し、生産ラインと同じエッチング条件を実現させた環境下で、このような課題を再現させ、現象の基礎的な理解を進めている。さらに、得られた知見に基づくソリューションの提供を目指すために、材料メーカーとの高プラズマ耐性材料開発、装置部品メーカーとのセンサー内蔵ウエハステージの共同研究、計測機器メーカーとのプラズマ計測機器の開発を進めている。

研究テーマ：テーマ題目2

応力発光技術チーム

(Advanced Integrated Sensing Team)

研究チーム長：徐 超男

(九州センター)

概 要：

圧光計測・診断の基盤技術として、応力発光体の高効率化、プロセッシング、塗料化、薄膜化、ハイブリッド化、デバイス化などの基盤的研究の推進と共に、応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化を行い、応力発光技術の普及、利用拡大を図る。具体的に以下の技術を行う。

高効率化を目指した短波長応力発光体の開発については、発光波長は青色、さらに紫外領域まで発光する応力発光体を開発し、発光効率の向上を実現する。また、短波長応力発光体の光エネルギーを化学的に利用するシステムの構築を検討し、応力履歴の記録システムを創出するとともに、光触媒とのハイブリッド化などによる利用拡大を図る。

圧光計測のデバイス化を目指して、オールセラミックス応力発光薄膜の合成技術、数十 nm の応力発光微粒子の製造技術、応力発光体超微粒子の表面処理技術、有機・無機ハイブリッド化技術、コーティング技術を検討し、新規な圧光デバイスを開発する。

応力発光の計測技術については、2次元画像解析、リモート光検出技術、応力発光の定量法を開発し、応力発光計測システム技術の構築を行う。さらに実環境フィールドへの展開の中で、応力モニタリング安全管理ネットワークシステム、および製品設計を支援するための設計支援モデリングシステムの実現を目指す。

応力発光体の規格化や、標準化、発光特性のデータベース化については、応力発光体の発光挙動並びに発光機構の解明と平行して、種々の応力印加形式に対する発光強度の関係をデータベース化すると共に、単一応力発光粒子への極めて微小な負荷応力と発光強度との関係を定量的に把握することができる微小応力計測法の開発を行う。これらの結果を元にして、応力発光材料の規格化と応力発光計測の標準化を進め、新規な自立応答型応力計測技術を確立する。

研究テーマ：テーマ題目 3

プロセス計測チーム

(Process Measurement Team)

研究チーム長：秋山 守人

(九州センター)

概要：

複合窒化物圧電体薄膜を検知材料に使用した、高温用アコースティックエミッション (AE) センサおよび燃焼圧センサの試作を行い、それぞれのセンサの基本性能を明らかにし、実証 (模擬) 試験などを通して、実用化に向けた材料選択、構造設計および課題抽出を行う。また、電子顕微鏡や走査型プローブ顕微鏡などを用いた断面や分極分布状態観察などを行い、複合窒化物薄膜の高圧電化メカニズムの解明を行う。更に、二元同時スパッタリング法や化学溶液法によって、高い圧電性を示す複合窒化物・酸化物などの材料探索、

ナノレベルでの構造制御技術の研究なども同時に行っていく。

研究テーマ：テーマ題目 4

マイクロ空間化学ソリューションチーム

(Micro-Space Chemistry Solutions Team)

研究チーム長：前田 英明

(九州センター)

概要：

本チームでは、マイクロ流体の持つ高い流体操作性を基盤として、化学産業のみならず、環境、医療、製薬、バイオ関連、食品産業、化成工業等への応用展開に関する検討を行う。具体的には、流体操作性による最少試料化 (微量)、集積化などによるその場計測や化学反応自体の加速による効率的な計測 (迅速)、短い実効拡散距離などの効果を利用した分析 (精密)・計測などを行う。

研究テーマ：テーマ題目 5

計測基盤技術チーム

(Basic Measurement Solution Technology Team)

研究チーム長：菖蒲 一久

(九州センター)

概要：

本研究チームでは、主に化学・材料系産業における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、化学熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築を行い、それによって化学熱力学に関する国内の知的基盤を整備することを目標としている。特に本研究では、複数の産業支援型の共同研究開発に、本解析技術を利用することで、このような知的基盤の利用技術の開発と、その体系化を行うことも主目標の一つとしている。

平成23年度は熱力学解析ソフト (CaTCalc) の水溶液系への対応を完了し、標準的な HKF モデルによる希薄水溶液系データベース、および、UNIQUAC モデルによる高濃度水溶液系のデータベースをサポートするためのソフト開発を行った。また、水溶液系の状態図、および、ポテンシャル図作成機能を開発した。

研究テーマ：テーマ題目 6

表面構造計測チーム

(In-situ Sensing and On-site Monitoring Team)

研究チーム長：松田 直樹

(九州センター)

概要：

食品製造、醸造関連企業等との共同研究の可能性を検討し、我々が有しているその場計測方法、Si/SiC 材、表面修飾等の技術を利用し課題解決に当たる。従来から行っているスラブ光導波路分光法、蛍光性ナノ

粒子等の光利用その場計測技術に関して原理から理解し世界に先駆けた研究を行うと共に、表面、界面、ナノ物性を積極的に利用した計測技術の確立に努め、これらのシーズを利用した新規なセンサ開発を行う。また、2段反応焼結法を用いた多孔質3次元微細セル構造 Si/SiC 材を用いた環境計測技術、ソリューションプラズマを利用した新規なナノ微粒子作製に関する研究も引き続き行い、各種検査装置構築を目指す。

平成23年度は企業の抱えるニーズ調査を行うと共に、①低電圧パルス放電を用いた新規な細菌類検査の前処理方法、②コア・シェル構造を持つ蛍光性ナノ粒子 (CdSe/ZnS) を用いた蛍光免疫学的検査キットの開発等を行う。

研究テーマ：テーマ題目 7

[テーマ題目 1] 光学的手法を主体とした製品検査・プロセス管理に関する計測技術の開発

[研究代表者] 野中 一洋 (研究チーム長)

[研究担当者] 野中 一洋、古賀 淑哲、菊永 和也、坂井 一文、蒲原 敏浩、平川 智恵子、遠坂 啓太、大久保 玲子
 (常勤職員3名、他5名)

[研究内容]

半導体製造ラインなどの各種生産製造現場においては、製品の様々な欠陥、異物類の検出、更にはそれらの低減・防止のための技術開発が常に必要とされる。本重点研究課題では、生産現場に常駐するマイスターと緊密に連携し、必要な計測技術などの研究開発、及び、その適用技術の開発に取り組む。具体的には、特に半導体製造現場に共通な、非接触、非破壊、および高スループットの検査ニーズに対応するために、光計測技術を中心に研究開発に取り組んでいる。これらの生産現場への早期の適用を目指して、技術の確立とインラインプロトタイプ検査装置の開発を進めている。また、検査技術としては、まだ人間の感性による部分が多く残されており、製品品質の向上と省力化等のためにその自動化が望まれている。この客観的評価基準が不整備は、取引企業間での製品品質に関するトラブル発生の原因にもなっている。そこで、光学的手法によりこれらの官能検査の自動化を進めるとともに、検査方法の標準化・規格化に取り組む。

平成23年度の進捗状況：

① マイスター制度対応課題

マイスター企業2社から提案された課題について、装置実用化、検査法の標準化・規格化に取り組んだ。

半導体生産計測課題の内、CMP ウェハ検査装置については、LSI 量産メーカーと連携して生産現場での基本的評価パラメータとの整合性の評価など、開発装置 (オフライン) の現場適用性の検証を行った。量産ラインへの本格導入に向けた基礎データを取得し、その可能性を明らかにした。さらに、関連の技術課題を持

つ企業への技術移転を実施した。

プリント基板生産計測課題の内、金めっき光沢ムラ検査については、昨年度開発した金メッキ光沢ムラ小型検査試作機の画像認識技術を改良し、汎用性と判別能力を向上させた。実際の製品サンプルを用いた光沢ムラ検査を企業と連携して実施し、その有用性を明らかにした。なお、本年度からは本検査法を中心に、外観検査法の標準化を目指して産総研標準基盤研究としての取り組みを開始した。また、プリント基板めっき浴薬液中の1価銅濃度の計測課題に取り組み、分析法を開発すると共に、学会、業界等を通じた水平展開に着手した。

さらに、マイスター関連の新規課題としては、静電気の帯電メカニズムの解明に取り組み、接触帯電機構を評価するため静電気力顕微鏡を用いたシステムを開発した。また、水の紫外励起発光現象について詳細な検討を行い、水の光学的特性を評価する新たな計測手法を開発した。

② 地域連携課題

色情報を用いて高さ情報を得る2D-3D 外観検査法として、分光位相差検出法を中心に、研究会会員企業などから要望される各種生産現場課題への適用可能性について検討した。半導体および太陽光セルに関しては、共同研究等を通じてその具体的な課題解決に取り組んだ。

[分野名] 標準・計測分野

[キーワード] マイスター、計測技術、生産現場、微小欠陥、外観検査、標準化・規格化、めっき、静電気、可視化

[テーマ題目 2] プラズマプロセスに関連する計測技術の研究開発

[研究代表者] 上杉 文彦 (プラズマ計測チーム)

[研究担当者] 上杉 文彦、福田 修、笠嶋 悠司、鍋岡 奈津子 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

LSI の生産では品質の高さが求められるが、中でも車載用 LSI は不良個数ゼロという高品質が求められる。不良発生の大きな要因は、装置内壁部材の化学的腐食や内壁に付着した反応生成物の剥離によるパーティクル発生、および内壁の帯電に起因する異常放電であり、プラズマエッチング工程において多く発生する。これらの課題を解決するために、オープンインベーションスペースに設置した量産用プラズマエッチング装置を用いて、装置内壁部材の開発を材料メーカーとの共同で、異常放電検出機能を有するウェハステージの開発を装置部品メーカーと共同で、材料と部品の両面から取り組んだ。

装置内壁用部材の開発では、材料メーカーと共同で導電性高プラズマ耐性材料の開発を行った。材料として標準的に使用されている酸化アルミニウム (Al_2O_3) よりも

プラズマ損耗量の小さな酸化イットリウム (Y_2O_3) に添加剤を入れて焼結させた材料で、 Y_2O_3 と同等のプラズマ耐性を持ち、抵抗率が通常の $10^{14} \Omega \text{cm}$ に比べて $10^7 \Omega \text{cm}$ ほどの小さな材料開発に成功した。

プラズマエッチング用の異常放電検出機能を有するウエハステージの開発では、装置部品メーカーと共同で進めた。高温環境でも使用できるアルミナトライド (AlN) からなる音響センサーをウエハステージに内蔵し、エッチングチャンバーの大気側からでは検出できないウエハやその近傍での異常放電を検出できることを明らかにした。この研究開発の中で、LSI 生産ラインのエッチング装置で使用できるウエハステージを製品化するには、音響センサーのステージへの実装技術、センサーからの信号をチャンバから大気側に取り出す配線技術がキーテクノロジーになることを明確にした。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 オープンイノベーションスペース、プラズマ、パーティクル、異常放電、導電性セラミックス、音響センサー

【テーマ題目3】 応力発光技術を基盤とした先進計測システムの開発

【研究代表者】 徐 超男 (研究チーム長)

【研究担当者】 徐 超男、上野 直広、山田 浩志、寺崎 正、佐野 しのぶ、野上 由美、津山 美紀、菊次 郁夫、有本 里美 (常勤職員4名、他8名)

【研究内容】

本重点課題は、ニーズの詳細な調査とシーズのマッチング精査を基に課題設定を行い、個別課題から抽出された共通的な課題として、外部の評価によって多数の提案から厳正に選抜された課題を中核課題とし、センシング技術の高度化からシステム化技術の高度化に至る新しい計測技術開発を、材料技術と情報技術の緊密な連携の下に遂行するものである。材料技術では、応力発光現象の機構解明など、基礎・基盤的な技術開発を行い、応力発光センサー素子の特性向上とデバイス化を経て、リアルタイム応力異常検出システムや応力履歴記録システムなどの各種応力センシングデバイスを構築する。各種応力センシングデバイスの機能の最適化を行い、デバイスベースでの評価によって応力発光センシングのデータベースへ向けたデータ蓄積を行う。情報技術では、構造体のセンシングシステム構築に向けたセンシングデバイス・ノードの開発、適用構造体の挙動解析、適応型信号処理の高機能化等によって基盤技術を構築し、センシングノードの高機能化と多目的化、センサネットワークの駆動ソフトウェア開発を行い、構成したシステムのパフォーマンス評価とデータ蓄積を行う。

平成23年度の進捗状況

今年度は、某メーカーの生産設備において、破壊事故

の多発する機械において、その原因については応力集中の部位を特定することができた。これにより危険予知が可能であることを実証できた。

【キーワード】 応力発光、可視化、センシング、材料技術、デバイス化、システム化、生産設備、水素

【テーマ題目4】 圧電体薄膜を用いた過酷環境下での圧力振動計測技術の開発

【研究代表者】 秋山 守人 (プロセス計測チーム)

【研究担当者】 秋山 守人、岸 和司、長瀬 智美、田原 竜夫、上原 雅人、山田 浩志、上野 多津子、筒井 美寿江、松田 修 (常勤職員6名、他3名)

【研究内容】

本研究では、窒化アルミニウムや酸化亜鉛などの圧電体薄膜をセンサ検知材料に用い、通常では測定困難な高温高压下などの過酷環境下における、圧力・振動計測技術の研究開発を行っている。製造現場での使用環境に近い状況での、圧力センサや振動センサの構造の最適化および検出感度・安定性などの基本性能の評価を行っている。また、多元同時スパッタリング法や化学溶液法 (ゾルゲル法) を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体の材料探索も行っている。本年度は、検知材料に ScAlN 薄膜を用いセンサ素子を積層させることによって、小型化した燃焼圧センサの出力を3倍向上させることができ、センサの剛性を高めることによって、市販のセンサでは検出できなかった、排気・吸気時のわずかな圧力変化を計測することにはじめて成功した。また、独自に開発した振動センサをウエハステージ内に設置することによって、ウエハとステージ間で発生しているだろうと推測されているマイクロプラズマの発生によると思われる振動を計測することに成功した。さらに、複合化合物圧電体薄膜の研究では、ScAlN が高い電気機械特性を示すことを明らかにした。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 圧電体薄膜、圧力センサ、振動センサ、高温高压

【テーマ題目5】 微量・迅速・精密化学計測技術の開発

【研究代表者】 前田 英明 (マイクロ空間化学ソリューションチーム長)

【研究担当者】 前田 英明、中村 浩之、宮崎 真佐也、山下 健一、山口 浩、浅海 裕也、永田マリアポーシャ、石地 友香、天本 真里子 (常勤職員5名、他5名)

【研究内容】

南九州一帯は我が国の食肉用肥育牛の一大生産拠点である。しかし、先年の口蹄疫問題で顕在化したように、その生産・肥育プロセスには工学的視点から解決すべき

問題も多い。そこで、本チームでは肥育用子牛生産プロセスにおける効率化を図るため、1) 雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発、2) 受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスの開発を行った。1) の雌雄産み分け用の精子分別デバイスの開発に関しては、従来のフローサイトメトリー法に代替する種々の判別原理を検討し、全く新規な判別・識別手法の開発に着手した。2) の受精卵・卵子の活性度を判別するための分別デバイスに関しては、前年度開発した密度差分離デバイスを改良し、細胞向けの分離技術として応用し、8割程度の分別に成功した。

また、ナノ材料分野の研究開発プロセスを迅速化・効率化するためのソリューションとして、当チームが保有していたナノ粒子のコンビナトリアル合成技術を用いて、LED 用蛍光ナノ粒子生産に適用した。その結果、8割以上の量子収率を有するナノ粒子合成に成功すると共に、その反応系および反応条件、ならびに分散条件の探索と最適化に対して極めて迅速に、かつ効率的に実施できることを実証した。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 マイクロ空間化学、微小流体デバイス、細胞分離、ナノ粒子

【テーマ題目6】

【研究代表者】 菖蒲 一久 (計測基盤技術チーム長)

【研究担当者】 菖蒲 一久、野間 弘昭、亀川 克美、西久保 桂子、恒松 絹江、前田 英司、長谷部 光弘、恒松 修二、深町 悟、岡本 悦子 (常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

本研究では、主に化学・材料系の産業界における生産プロセスや材料の設計、研究開発の効率化に貢献することを目的として、熱力学平衡計算ソフト開発やデータベース構築などの、化学熱力学解析・モデリング技術に関する国内知的基盤の整備を行っている。このような解析・モデリング技術は、実は非常に有効ではあるが、なかなか使い方が理解しにくく、あまり利用されないという問題がある。そこで、本研究課題では、産業界からのニーズ課題や当チームの技術シーズに基づく複数の産業支援型共同研究と、この化学熱力学解析技術の開発研究を一体的に行うことで、特に利用技術、利用法の開発・知識基盤化をも目標として研究を進めている。日本の化学系・材料系の技術的競争力は極めて高いが、それを維持・強化するためには、このような基盤的技術の開発は必須である。

現在までに、信頼性や安定性の高い化学熱力学解析ソフトを開発公開するとともに、関連データベースの開発も行ってきた。当該ソフトは既に国内大学・企業等への導入実績がある。また、本課題中の各産業支援課題も優れた独自シーズ技術に基づくもので、いずれも実用化の

検討段階にある。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 化学熱力学、ソフトウェア、データベース、解析、モデリング、状態図、知的基盤

【テーマ題目7】

【研究代表者】 松田 直樹 (表面構造計測チーム長)

【研究担当者】 松田 直樹、谷 英治、大庭 英樹、中島 達郎、岡部 浩隆、中村 志織 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

本年度得られた主な成果は以下のとおりである。①「低電圧パルス放電を用いた細菌類検査の前処理方法」では、3V、10mC、2Hz 程度の低電圧パルスを数百回印加することで、大腸菌から活性を保ったままβ-グルクロニダーゼを抽出し酵素基質発色法を迅速化することに成功した。②コア・シェル構造を持つ蛍光性ナノ粒子 (CdSe/ZnS) を TiO₂ で被覆し親水化処理することに成功した。さらにその上に抗体分子を修飾することで有害菌類識別能を持たせ、高感度・高選択的・迅速・低コストな蛍光免疫学的検査キットの開発に成功した。③スラブ光導波路分光法を用いて電気化学的方法と紫外可視吸収スペクトル変化のその場観察から ITO 電極表面に吸着したチトクローム *c* の直接電子移動反応を詳細に検討した結果、チトクローム *c* は還元電位が大きくシフトし -0.45V vs Ag/AgCl 程度まで電位を掃引しないと還元されないことが分かった。

【分野名】 標準・計測分野

【キーワード】 低電圧パルス、酵素基質発色法、大腸菌、蛍光性ナノ粒子、蛍光免疫学的検査キット、スラブ光導波路分光法

③【計測標準研究部門】

(Metrology Institute of Japan)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：三木 幸信

副研究部門長：大嶋 新一、新井 優、高辻 利之、瀬田 勝男、藤本 俊幸

上席研究員：馬場 哲也、榎原 研正、山田 善郎

主幹研究員：白田 孝

所在地：つくば中央第3、第2、第5、つくば北、関西センター

人員：244名 (244名)

経費：2,082,737千円 (1,658,215千円)

概要：

計量標準及び法定計量

第三期の目標：

計量の標準

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備するとともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

- (1) 新たな国家計量標準の整備
- (2) 国家計量標準の高度化
- (3) 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進
- (4) 国際計量標準への貢献
- (5) 計量の教習と人材の育成

○研究業務の方向付け

- (A) 標準整備計画にもとづき、信頼される計量標準を早期に供給開始する。
- (B) 計量標準及び法定計量の確実かつ継続的な供給体制を構築し的確に運用する。
- (C) 計量標準・法定計量の国際相互承認を進める。
- (D) 計量標準と計測分析技術において世界トップクラスの研究成果を挙げる。

内部資金：

- 「超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発」
- 「東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業」
- 「産業応用における CT（コンピュータ・トモグラフィ）装置評価法の標準化に関する研究」
- 「標準リークの比較校正方法の標準化」
- 「気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化」
- 「実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定」
- 「高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化」
- 「重錘形圧力天びんを用いた圧力校正技術の標準化」
- 「有機化合物のスペクトルデータベース（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB）」
- 「分散型熱物性データベース（研究情報の公開データベース化事業（RIO-DB）」

外部資金：

- （独）新エネルギー・産業技術総合開発機構 「レーザーフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案」
- 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究（B） 「ナノ粒子の比熱容量測定による低次元デバイ理論の実験的検証」
- 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究（B） 「微量必須元素の網羅的解析のための細胞内多元素同時計測法の開発」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（A） 「ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱学温度測定技術の開発」
- 文部科学省 科学研究費補助金 若手研究（A） 「光コムを用いた広帯域光学特性計測技術の開発」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B） 「強力水中超音波音場計測技術開発に関する研究」
- 独立行政法人日本学術振興会 「振動子による二種混合気体の粘性計測」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（C） 「新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（C） 「分子特異的要素を指標としたタンパク質・核酸の高感度分析法の開発」
- 独立行政法人日本学術振興会 「ポルフィリン類化合物の X線増感作用に関する基礎的研究」
- 独立行政法人日本学術振興会 「超伝導、常伝導ハイブリッド構造を持つ単電子トランジスタによる電流標準の研究」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（C） 「ICP プラズマ分析における分析感度の化学形態依存性機構の解明と環境分析への適用」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（C） 「高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明」
- 文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究（B）

「MEMS 技術を用いた粘性センサ (η -MEMS) の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発」

文部科学省 科学研究費補助金 若手研究 (B) 「究極の交流電圧発生を目指したジョセフソン電圧標準の研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (B) 「光コムを用いたカスケード型コヒーレントリンクによるサブ波長精度の絶対距離計の研究」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構
「ASEAN 諸国における角度標準技術の高度化と国際比較の確立に関する研究」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「高安定原子時計のための冷却原子とイオンの相互作用の研究」

独立行政法人日本学術振興会 「イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索」

独立行政法人日本学術振興会 「堆積物中ペリレンの新規指標物質としての確立と検証」

社団法人日本試薬協会 「試薬の FT-IR を用いた赤外吸収スペクトルの測定に関する研究」

一般財団法人 医薬品医療機器レギュラトリーサイエンス財団 「医薬品関連標準物質における純度試験の妥当性確認」

独立行政法人科学技術振興機構 「国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築」

学校法人慶應義塾大学
先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

独立行政法人日本学術振興会 「高安定光共振器による光周波数コム of 絶対線幅狭窄」

独立行政法人日本学術振興会 「環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化」

独立行政法人日本学術振興会 「双方向波長多重信号による長距離光ファイバの位相安定化技術の研究」

公益財団法人郡山テクノポリス推進機構 「標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 (日米先端技術標準化研究協力)

文部科学省受託研究費 (その他) 平成23年度原子力基礎基盤研究委託事業 「白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究」

(独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 「エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発」

独立行政法人日本学術振興会 「音波と電磁波を用いた気体の複数物性同時計測装置の開発」

財団法人中部科学技術センター 「陽電子消滅を用いたひずみ測定による熱処理後の検査を短時間に非破壊で行う技術の開発」

文部科学省 科学研究費補助金 基盤研究 (C) 「放射線源を利用した高性能微弱光源による発光溶液の新領域応用に関する研究」

経済産業省 平成23年度工業標準化推進事業委託費 (戦略的国際標準化推進事業 (国際標準共同研究開発事業: ナノ材料規格等に関する標準化))

経済産業省 平成23年度次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発 (ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発) 事業

経済産業省 平成23年度原子力試験研究委託費 「原子燃料融点の高精度測定に関する研究」

独立行政法人科学技術振興機構 「研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラムフォージビリティスタディステージ探索タイプ」 「熱画像装置を用いた放射率補正型デバイス発熱モニタの開発」

農林水産省 平成23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業 「輸出農産物・食品中残留農薬検査の分析精度確保のための認証標準物質開発」

独立行政法人日本学術振興会 「極微弱 LED の全光子束測定技術の開発」

財団法人千葉県産業振興センター 「ソフトイオン化質量分析のためのマスマススペクトルデータ解析ソフトウェアの開発」

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 (日米先端技術標準化研究協力)

経済産業省 平成23年度基準認証研究開発委託費 「リアルタイム・キャリブレーション技術の研究開発」

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 戦略的国際標準化推進事業 「革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発 (ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発)」

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業 (日米先端技術標準化研究協力)

環境省 「気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発」

国立大学法人東京大学 「光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発」

独立行政法人日本学術振興会 「フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発」

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 「ミリ波・サブミリ波領域の S パラメータ測定の国際標準化に向けた評価技術研究開発」

独立行政法人日本学術振興会 「光励起型原子泉方式実用セシウム原子時計の開発」

国立大学法人大阪大学工学研究科 「先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発」

一般財団法人日本品質保証機構 「擬似電源回路網の校正に関する試行的研究」

「材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立」

大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所 「量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」」

国立大学法人東京大学 (工学系・情報理工学系等) 「低温光共振器を用いた超高安定光源の開発」

発表：誌上发表358件、口頭発表528件、その他234件

時間周波数科

(Metrology Institute of Japan, Time and Frequency Division)

研究科長：洪 鋒雷

(つくば中央第3)

概要：

時間周波数標準及び光周波数波長標準は、基本単位の中でも最も高精度な計量標準であり、他の組立量の決定にも必要とされる計量標準体系の基盤を形成する物理標準である。当該標準の研究・開発及びその産業界への供給・普及を持続・発展させることは、我が国の産業技術や科学技術を高度化する上で極めて重要である。時間周波数科ではこのような目標を達成するために、標準器や関連技術の研究開発、それらに立脚した信頼性並びに利便性の高い標準供給を行っている。研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3

長さ計測科

(Metrology Institute of Japan, Lengths and Dimensions Division)

研究科長：高辻 利之

(つくば中央第3)

概要：

長さ・幾何学量の標準供給は、産業・科学技術の要であり、その安定的供給には大きな期待が寄せられている。この分野では、高精度な上位の標準から、現場で用いられる下位の標準まで、幅広い標準が求められる。これらに応えるためには、信頼性の高い長さ測定技術の開発が不可欠である。当科では、産業界から求められ、また国際比較などが求められている長さや幾何学量に関して標準の確立とそれらの供給体制の整備を行った。民間との連携によって、階層構造に基づく我が国のトレーサビリティ体系を構築している。研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5

力学計測科

(Metrology Institute of Japan, Mechanical Metrology Division)

研究科長：大岩 彰

(つくば中央第3)

概 要：

当力学計測科の活動は、質量、力、トルク、重力加速度、圧力、真空の各量にわたる。各量において、標準から現場計測までのトレーサビリティの道筋を確保し、また取引証明に使われる質量計量器の信頼性の確保に関する業務を果たすことが主たるミッションである。質量においては、標準分銅から質量計へ、力・トルクにおいては、力・トルク標準機/力・トルク計から各種試験機へ、圧力/真空においては圧力/真空標準器から圧力計/真空計へと現場計測器に繋がるトレーサビリティを実現している。既に、質量（分銅の校正）、質量計、力（力計の校正）、圧力（圧力標準器の校正）、圧力計、トルクメータ・トルクレンチ、真空計、標準リーク、分圧計については JCSS 校正事業者や産業界への流れが整備され、供給が実施されている。更に高度化と効率化を進め、遠隔校正などの新手法の普及に努めた。また、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能試験に関する品質管理体制を整備運用し、新規の大容量ロードセルを含む OIML-MAA に則った試験サービスを確実に実施した。これらの供給・試験業務に加え、技術開発については、キログラムの新定義のための安定な質量 artifact の開発、高安定な力計の研究開発、気体高圧力標準の開発を進めている。アボガドロ国際プロジェクトの推進に協力し、次世代質量標準として期待されているシリコン球体の高精度質量校正に貢献するとともに、次期アボガドロ国際プロジェクトや欧州計量研究プログラム（EMRP）の検討に着手した。外部協力としては、JCSS 認定制度に対して、標準供給及び認定（登録）審査への技術アドバイザー派遣、JCSS 技術分科会の下で質量、力、圧力（圧力・真空各 WG）、トルクの各量毎の分科会の運営などの協力を行った。また、JIS を始め ISO、OIML 等の技術規格文書の作成への積極的な協力を行った。国際協力では計量標準相互承認 BIPM-MRA への協力では、基幹比較への積極的な参加貢献、ピアレビューへの専門家の派遣などに努め、また、国際法定計量機構の相互承認 OIML-MAA への協力では、専門家の派遣、研修生の受け入れなどを行った。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目8

音響振動科

(Metrology Institute of Japan, Acoustics and Vibration Metrology Division)

研究科長：菊池 恒男

(つくば中央第3)

概 要：

音響、超音波、振動、強度の標準は、環境、医療、機械診断、材料評価など広い分野にわたってニーズがあり、近年、その重要性も高まっている。音響標準、

振動加速度標準、及び硬さ標準については、国際比較結果などにより、世界的なレベルに到達していることが既に示されているが、さらに標準供給体制の充実を図るため、供給範囲、供給品目の拡大、不確かさの低減の他、新規の計量標準技術開発等をめざす。超音波標準も昨今の医用超音波技術の進歩に対応するため、校正範囲拡大に必要な研究開発を継続するとともに、国際比較に実施に向けた準備を行う。材料強度の標準、固体材料の特性評価を、従来のバルク材料から薄膜などの微小なレベルで行うための研究開発を継続する。また、産業技術の高度化に応じて、先進的な計測標準開発を推進する。

研究テーマ：テーマ題目9、テーマ題目10

温度湿度科

(Metrology Institute of Japan, Temperature and Humidity Division)

研究科長：新井 優

(つくば中央第3)

概 要：

温度・湿度の計測とその標準は、科学技術や産業において、あらゆる場面で必要とされており、当科では、これらに必要な標準供給体制の整備を進めている。国際的同等性を確保しつつ標準供給の種類、範囲を拡大するために、設備や体制を整え、標準の維持・供給に必要な研究開発及び関連の計測技術の研究を行った。白金抵抗温度計用のインジウム点、スズ点、亜鉛点およびアルミニウム点の実現温度の不確かさを低減した最高測定能力について ASNITE による認定を受けた。また国際的な整合性を確認するための国際基幹比較に参加している。放射温度では長期安定性に優れた高温定点セルを開発し国家標準器に導入した。

研究テーマ：テーマ題目11、テーマ題目12、テーマ題目13、テーマ題目14、テーマ題目15

流量計測科

(Metrology Institute of Japan, Fluid Flow Division)

研究科長：寺尾 吉哉

(つくば中央第3)

概 要：

流量計を用いた石油や天然ガス等の取引は、経済産業活動の中でも最も大きな取引であり、また、水道メータ、ガソリン計量器等の流量計は国民生活に最も密接している計量器の一つである。さらに、最新の半導体製造技術、公害計測技術、医療技術等の先端技術分野や環境・医療技術分野においてもより困難な状況下での高精度の流量計測技術が求められている。当科では、これらの広範な分野に必要な流量の標準を開発し、その供給体制の整備を進める。既に JCSS が整備されている気体小流量、気体中流量、液体大流量、液体

中流量、液体小流量、石油大流量、石油中流量、気体中流速、微風速、および依頼試験による標準供給を行っている体積に加え、新たに石油小流量の依頼試験を開始した。また、気体流速に関しては、気体大流量の標準整備を進めている。

さらに、計量法に基づき法定計量業務を適切に遂行すると共に、国際計量システムの構築に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目18

材料物性科

(Metrology Institute of Japan, Material Properties Division)

研究科長：榎原 研正

(つくば中央第3)

概要：

信頼性の高い材料物性データの提供を目的として、エネルギー、環境、石油化学等の分野で求められる密度、粘度、屈折率等の計測・校正技術と標準、及びエネルギー、エレクトロニクス、素材産業等の分野で求められる固体熱物性の計測・校正技術と標準・標準物質の開発・供給を行う。開発された熱物性計測技術と標準物質を礎として得られる信頼性の高い熱物性データを分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して広く供給する。また、国際単位系改定に向けて、基礎物理定数に関わる高精度データの取得と国際度量衡委員会を中心とする国際協力活動を推進する。

研究テーマ：テーマ題目19、テーマ題目20

電磁気計測科

(Metrology Institute of Japan, Electricity and Magnetism Division)

研究科長：瀬田 勝男

(つくば中央第3)

概要：

我が国の電気電子情報産業を含む広い産業界に電気標準（直流・低周波）を供給するために、標準の維持、供給、研究開発を行っている。特に、直流電圧標準、直流抵抗標準、キャパシタンス標準、インダクタンス標準、交流抵抗標準、誘導分圧器標準、変流器標準、高調波電圧電流標準、交直（AC/DC）変換標準、交流シャント標準等の研究開発と供給を行っている。

研究テーマ：テーマ題目21、テーマ題目22

電磁波計測科

(Metrology Institute of Japan, Electromagnetic Waves Division)

研究科長：島田 洋蔵

(つくば中央第3)

概要：

高周波・電磁界標準の電波領域の電磁波を対象とし、高周波電力、減衰量、インピーダンス、雑音、各種アンテナ、電界・磁界等の標準に関し、精密計測と校正技術の研究・開発を進め、標準供給システムの構築と供給体制の維持、校正業務により標準供給を行った。研究・開発の進展は、回路標準としては標準供給周波数範囲の拡大に努め、電力標準では110 GHz までの周波数帯の標準開発を行った。また、高周波インピーダンス標準に関し同軸 N 型50 Ωおよび同軸 N 型75 Ωの低周波独自標準の開発を進めた。電波に関連する空間量の標準としては、開発を周波数帯とアンテナの種類により分担して進め、ミリ波帯ホーンアンテナ利得標準の開発を行った。さらにダブルリジッドホーンアンテナ標準の供給を開始した。50 Hz 及び60 Hz における9 μT の磁界強度に関する新規標準を開発し、依頼試験による供給を開始した。また、これらの標準供給にともなう技術開発を基に、オープンラボ、高周波クラブ・電磁界クラブを通じて産業界への技術支援を実施した。

研究テーマ：テーマ題目23、テーマ題目24

光放射計測科

(Metrology Institute of Japan, Photometry and Radiometry Division)

研究科長：座間 達也

(つくば中央第3)

概要：

光関連産業の発展に欠かせない技術基盤であるレーザー標準及び測光・放射標準の研究・開発を通じて、光のパワー・明るさ、光の測定に用いられる検出器感度等、基本量の精密評価技術や絶対量の校正技術を確立すると共に、当該技術の拡張・高度化を進める。また、トレーサビリティ整備・推進に寄与する。今年度は、レーザーパワー標準の拡充（Blu-ray, DVD, CD 波長帯内任意波長におけるレーザーパワー校正）、を行いこれらの供給を開始した。併せて、高強度LED 全光束標準、分光全放射束標準、分光拡散反射率標準、光ファイバパワー・光減衰量標準、高出力レーザーパワー標準、量子効率標準の確立・範囲拡大に関する開発を進めた。国際比較については、全光束（CCPR-K4）、光度（APMP, CCPR-K3.a リンク）、光ファイバ減衰量（APMP.PR-S4）、可視域レーザーパワー（APMP.PR-S5）に関して幹事研究所として実施を主導した。LED 光源等の試験方法・試験所認定等に関わる国内・国際活動に協力した。

研究テーマ：テーマ題目25、テーマ題目26

量子放射科

(Metrology Institute of Japan, Quantum Radiation

Division)

研究科長：齋藤 則生

(つくば中央第2)

概要：

放射線、放射能および中性子標準に関連し、震災で被害を受けた標準の復旧に努め、MRA 対応の国際基幹比較、標準の立ち上げおよび高度化等の研究開発を行った。震災復興支援に関して、福島県において工業製品の放射線汚染検査を実施するとともに、9件のセミナー・講演会に講師を派遣し、7件の講習会などを行った。放射線標準研究室では、マンモグラフィ X線標準に関して範囲拡大した。医療用リニアックの標準開発のためにカロリメータによる熱量測定の実験を行った。放射能中性子標準研究室では、放射性ガス標準及び I-125密封小線源の線量標準の立ち上げに向け装置評価を終えた。中性子標準に関しては、フルエンス標準の一部、線量標準、放出率標準を供給再開し、残る量目についても再開に向けて準備を進めた。さらに重水減速 Cf-252中性子フルエンス標準の開発も継続した。

研究テーマ：テーマ題目27、テーマ題目28

無機分析科

(Metrology Institute of Japan, Inorganic Analytical Chemistry Division)

研究科長：日置 昭治

(つくば中央第3)

概要：

標準物質は研究開発・生活の安全安心および産業発展を支える知的基盤として、その加速的整備が国策のもとに推進されている。当科では JCSS の標準物質となる新規無機標準物質、RoHS 指令規制対応標準物質など工業材料標準物質、微量元素・ひ素化合物・メチル水銀分析用の環境・食品関連組成標準物質を開発して、化学分析あるいは化学計量を支える標準を供給するとともに、併せて、関連する CCQM、APMP 国際比較に参加している。また、電量滴定法等の基本分析手法の高度化、同位体希釈質量分析法などの高感度元素分析法の高精度化を行い標準物質の値付け、環境・生体計測の高度化等に使用するとともに、我が国の分析技術向上の支援、産業の高度化及び科学技術のテクノインフラに寄与している。

研究テーマ：テーマ題目29、テーマ題目30、テーマ題目31

有機分析科

(Metrology Institute of Japan, Organic Analytical Chemistry Division)

研究科長：高津 章子

(つくば中央第3)

概要：

種々の物質の濃度計測の信頼性確保のために、標準ガス、有機標準物質（標準液、組成標準物質）、バイオ関連標準物質を、環境、食品、臨床検査分野をはじめとする社会ニーズに即して供給して行くことを目標として、新規標準物質の開発と、基盤となる分析技術の開発・整備に取り組んだ。標準物質の国際整合化の観点から、国際比較等に積極的に参加し、ISO ガイド34に基づく品質システムの整備を行った。これらの活動を通して、計量標準の国際相互承認において、標準物質値付け能力（CMC）を国際相互承認（MRA）の付属文書（Appendix C）へ登録し、国際的にも高いレベルでの当該分野の標準物質の整備を目指した。すでに供給を行っている標準物質については、安定性のモニタリングを行うなどして、適切に維持した。

研究テーマ：テーマ題目32、テーマ題目33、テーマ題目34

ナノ材料計測科

(Metrology Institute of Japan, Nanomaterials Characterization Division)

研究科長：藤本 俊幸

(つくば中央第5)

概要：

薄膜・超格子、ナノ空孔、微粒子等の先端材料系における国際単位系へのトレーサビリティを確保した質の高い標準を開発・維持・供給する。このため、高度な計測・評価技術の開発にも注力するとともに、国際的な度量衡関連組織における標準へのトレーサビリティ活動、ISO/JIS 等の標準化活動に積極的に対応する。既存標準の震災による影響を評価し、標準供給を再開させるとともに、X線反射率法による精密評価技術、透過電子顕微鏡による3次元計測の自動化、光電子分光および X線吸収分光の基礎技術、MALDI-TOFMS の定量法、流動場分離法を用いた微粒子分級技術、2次イオン質量分析技術等において基礎データを蓄積した。

研究テーマ：テーマ題目35、テーマ題目36、テーマ題目37、テーマ題目38

計量標準システム科

(Metrology Institute of Japan, Measurement standards system division)

研究科長：加藤 健次

(つくば中央第3)

概要：

計量標準システム科では、計測分野におけるトレーサビリティの供給および供給方法の高度化を科全体の目標として、化学分野においては、最上位の標準物質

開発・供給・校正サービスを行うとともに計量トレーサビリティ体系の高度化・合理化のための研究を行う。また、ソフトウェアを含む計量情報システムの適合性評価のための研究、計測・計量における情報提供等を行う。

より具体的には、主に有機分析化学に関する研究とその成果をベースに、有機標準基盤研究室では、ニーズに対応した質の高い、環境、食品、臨床化学に関連する有機標準物質の供給、化学計量システム研究室では、定量 NMR（核磁気共鳴）法などを中心とした環境及び食品分野の多数の化学物質に対する校正サービスを行っている。また、計量標準基盤研究室は、高分子グループと計量情報システム研究グループからなり、高分子グループでは、高分子分析用の標準物質の開発供給を主体に研究開発を行っており、RoHS 規制に対応する添加剤分析用標準物質と MALDI-TOFMS や固体 NMR による新規定量法の開発を行っている。一方、ソフトウェア認証グループでは、計量器ソフトウェアの評価技術、及び技能試験を利用したソフトウェアの適合性評価基準作成の研究を行っている。さらにスペクトルデータベースの運營業務も行っており、化学物質のデータベース、ソフトウェア認証等の広い意味でのトレーサビリティの供給活動においても、国立計量研究所として貢献できるよう努める。また、グローバル MRA に基づく国際的な同等性の確認に必要な国際比較等の活動にも積極的に参加し、標準物質に関連する校正測定能力の国際度量衡局のデータベース（KCDB、appendix-c）への登録を行っている。

研究テーマ：テーマ題目39、テーマ題目40、テーマ題目41、テーマ題目42

法定計量技術科

(Metrology Institute of Japan, Legal Metrology Division)

研究科長：山口 詩希鬼

(つくば中央第3)

概要：

- 1) 経済産業大臣から委任される計量法に基づく型式承認の審査及び試験並びに基準器検査（力学計測科、流量計測科及び計量標準技術科で実施されるものを除く）を適切に実施する。
- 2) 特定計量器の型式承認では、要素型式承認の導入や試験所認定制度の活用による外部試験制度の導入を踏まえた調査研究を行い、制度の合理化を図る。
- 3) 計量法に規定する特定計量器の検定・検査に係る技術基準の JIS 引用を行うため、特定計量器 JIS 原案の作成を行う。
- 4) 検定・検査業務を機能的に運用するためのガイドライン（技術的補完文書）の策定を行う。
- 5) 我が国の法定計量システム整備計画案を策定し、

経済産業省に対して企画・立案の支援を行う。

- 6) 型式承認実施機関として、ISO/IEC 17025及びガイド65に適合した品質システムにより認証・試験業務を実施し、透明性を保ずる。
- 7) 国際法定計量機関（OIML）が推奨する、試験・検定に使用する標準設備に対するトレーサビリティを確立するための制度について調査研究を行う。
- 8) OIML 適合証明書発行、二国間相互承認及び OIML MAA を推進し、国内計量器産業の国際活動に貢献する。
- 9) OIML の TC 活動に積極的に参加し、国際勧告の策定に貢献する。
- 10) アジア太平洋法定計量フォーラム（APLMF）に対する支援を行う。
- 11) 法定計量クラブを活用した技術情報の提供、情報交換及びニーズ調査を行い、円滑な法定計量業務の実施に寄与する。

計量標準技術科

(Metrology Institute of Japan, Dissemination Technology Division Dissemination Technology Division)

研究科長：根本 一

(関西センター)

概要：

当科の主要業務は、経済産業大臣から委任された計量法に基づく法定計量業務の適切な遂行である。法定計量業務は、国内の様々な分野における商取引及び客観的かつ適正な計量証明行為に不可欠な業務であり、具体的には、型式承認、型式承認試験、基準器検査、検定、比較検査である。

これらの業務の他、リングゲージ、プラグゲージ、球、ガラス製体積計、ガラス製温度計、密度浮ひょうの標準供給及び校正技術の開発と改善、校正における不確かさの低減を目標とし、それらの標準供給体制の維持を行い、信頼性のある校正結果を提供することにより、産業界のトレーサビリティ体系の構築に寄与する。並びに、国際比較、OIML 等の国際活動に貢献する。

研究テーマ：テーマ題目43、テーマ題目44、テーマ題目45

[テーマ題目1] 時間・周波数標準の高度化に関する研究

[研究代表者] 池上 健

(時間周波数科 時間標準研究室長)

[研究担当者] 萩本 憲、柳町 真也、高見澤 昭文、田邊 健彦（常勤職員4名）

[研究内容]

原子泉方式一次周波数標準器においては、2011年3月

に発生した大震災により標準器が停止した。直ちに復旧作業を開始したが、マイクロ波共振器の特性や光学系が大幅に変化し、国際原子時 (TAI) の校正は再開出来なかった。不確かさ低減のために開発中の2号機においては、原子数の増加や温度の低減のための改善を行った。また、低温サファイア発振器の維持を行い、前年度に引き続き、1 GHz の低雑音な基準信号を光コムや光格子時計用超高安定レーザの周波数安定度評価用に供給した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 時間周波数、原子時計、セシウム一次周波数標準器、原子泉、低温サファイアマイクロ波発振器、位相雑音

〔テーマ題目2〕 光周波数 (波長) 標準の開発と光周波数計測技術の研究

〔研究代表者〕 洪 鋒雷 (時間周波数科 波長標準研究室長 (兼務))

〔研究担当者〕 稲場 肇、保坂 一元、平野 育、安田 正美、赤松 大輔、大苗 敦、川崎 和彦、鈴木 淳太 (常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

次世代の周波数標準を目指した光周波数標準については、2011年3月に発生した大震災がもたらした困難を克服し、 ^{171}Yb フェルミ同位体を用いた光格子時計の不確かさの低減に向けて、光格子用レーザの絶対周波数測定を実施し、魔法波長の確認を行った。また、昨年報告した1064 nm \rightarrow 578 nm への線幅転送を利用した系で、578 nm 用の光共振器を用いた場合と同様に時計遷移レーザの周波数安定化に成功した。Sr 光格子時計の開発においては、まず ^{88}Sr を1次元光格子へ導入することに成功した。また、 ^{87}Sr を冷却するために必要なレーザ光源開発を行い、それを用いて ^{87}Sr の第二次冷却に成功した。続いて、 ^{87}Sr 原子集団を光格子へ導入することにも成功した。光周波数コムに関しては、1) jcss 校正サービス、2) 光格子時計時計遷移レーザへの線幅転送、3) 高速制御型光周波数コム装置による超高安定な光コムの実現、などの成果が得られた。長さの特定標準器である「光周波数コム装置」については、jcss 校正3件および依頼試験3件を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 光格子時計、光周波数コム、光周波数測定、ヨウ素安定化 He-Ne レーザ、ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザ、光通信帯

〔テーマ題目3〕 時系・時刻比較の高度化に関する研究

〔研究代表者〕 雨宮 正樹 (時間周波数科 周波数システム研究室長)

〔研究担当者〕 渡部 謙一、鈴山 智也、藤井 靖久、奥田 敦子、宮本 祐介

(常勤職員3名、他3名)

〔研究内容〕

UTC (NMIJ) は時間周波数国家標準であり、標準供給の基準であるため、安定運用が第一の課題である。2011年3月の大震災では、この UTC (NMIJ) の源振である水素メーザ4台とセシウム原子時計がダウンした。このため外部真空ポンプによる立ち上げ法を選択、再立ち上げに成功した (水素メーザ1台は最終的に安定な発振が得られなかった)。2011年夏場の節電時は特殊空調の省エネ運転等により時系が不安定となるため、GPS 衛星を介した他 NMI の標準との遠隔比較を毎日行い、周波数調整を高頻度を実施した。これらにより平成23年度の UTC (NMIJ) の変動は UTC に対して ± 18 ns 以内を実現した。この安定な標準を用い、いち早い持込み校正サービスの再開と遠隔校正サービスの継続ができた。特に遠隔校正については一部データの欠測は生じたが、年間約170枚の校正証明書を発行し利用者に提供できた。比較技術としては、光格子時計の周波数比較に貢献する技術開発のために、必要な外部予算を獲得して検討を進めた。また世界の原子時計の高精度比較手段である衛星双方向システムの国際会議のつくば開催も実現させ、時間周波数比較技術進展に向けた国際貢献も行った。また原子時計間の比較精度を向上させる DMTD 装置の試作機を完成させ、評価実施した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 時間周波数標準、時系、標準供給、GPS、衛星双方向時間周波数比較、遠隔校正

〔テーマ題目4〕 光波干渉による長さ標準の開発に関する研究

〔研究代表者〕 尾藤 洋一

(長さ計測科 長さ標準研究室長)

〔研究担当者〕 平井 亜紀子、寺田 聡一、鍛島 麻理子、堀 泰明、美濃島 薫、吉森 秀明、向井 誠二 (常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

短尺ブロックゲージ、長尺ブロックゲージ、標準尺、光波距離計などに関して、標準供給と高度化を実施した。JCSS 制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣、技術的根拠のための依頼校正 (参照値の付与) を行った。ブロックゲージに関しては、途上国からの依頼を受け国際比較の幹事国を務めるとともに、新規素材の評価を推進した。固体屈折率については供給範囲拡大のための技術開発を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 ブロックゲージ、段差高さ、標準尺、距離計、干渉測長器、固体屈折率、長さ標準

【テーマ題目5】幾何学量の高精度化に関する研究

【研究代表者】 権太 聡

(長さ計測科 幾何標準研究室長)

【研究担当者】 大澤 尊光、日比野 謙一、渡部 司、
土井 琢磨、藤本 弘之、直井 一也、
三隅 伊知子、佐藤 理、佐藤 浩志、
菅原 健太郎、近藤 余範、尾藤 洋一、
福島 博之、堀口 美央、増田 眞文、
木下 和人、呂 明子

(常勤職員13名、他5名)

【研究内容】

線幅（フォトマスク）の品質マニュアルを作成した。ステップゲージ、ボールバー、ボールプレート、ホールプレートの校正対象のサイズを拡大した。JCSS 校正「ロータリエンコーダ」を1件行った。依頼試験校正について、「CMMによる幾何形状測定」16件、「ステップゲージ」1件、「ボールプレート・ホールプレート」：1件、「ロータリエンコーダ」：3件、「多面鏡」：2件、「一次元グレーティング」：1件、「平面度」：10件の計34件を実施した。これまで標準供給を宣言した22項目に対して円滑に標準供給できるように設備及び測定環境を整備した。JCSS 認定制度への協力として、認定・更新審査における技術アドバイザーの派遣を行った。また、工業標準化への協力として、ISO化、JIS化、JIS改正作業における国際エキスパート、国内委員会幹事補佐・委員等の派遣を行った。真円度については途上国より依頼を受け、アジア地域の国際比較の共同幹事国を務め、国際比較を開始した。線幅については、パターン線幅の新規立ち上げに向けた技術開発を進めた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 幾何寸法・幾何形状、微小寸法・微細形状、角度標準、表面性状

【テーマ題目6】質量力関連標準の開発と供給

【研究代表者】 上田 和永

(力学計測科 質量力標準研究室長)

【研究担当者】 孫 建新、植木 正明、大串 浩司、
水島 茂喜、林 敏行、前島 弘、
西野 敦洋（常勤職員8名）

【研究内容】

質量標準に関しては、東日本大震災で被災した質量比較器など校正用機器の修理・更新や参照分銅の点検を行って、早期に特定標準器に基づいた校正業務を再開できた。力標準に関しては、被災した20 MN 力標準機を分解整備し修理するなどすべての力標準機を点検・修理して、今年度内に標準供給を再開できた。当所で開発した力計校正の不確かさ評価方法を反映させた ISO 規格の改正版が発行され、これを受けて対応する JIS 規格の改正を開始した。トルク標準に関しては、先ず 1 kN・m トルク標準機を修理し年度内に校正サービスを再開する

と共に、20 kN・m トルク標準機の分解整備に着手し次年度前半には修理を完了させられる見通しを得た。中大容量のトルク標準機の修理と並行して、開発中の小容量 10 N・m トルク標準機の改良および小容量トルクメータの性能評価を進めた。重力加速度標準に関しては、絶対重力計の補修を完了させて国土地理院などとの定期的な共同観測に参加し、重力加速度計測の国際整合性確保に協力した。このほか JCSS トレーサビリティ制度に関しては、質量・力・トルクの各技術分科会に参加し技術基準の作成や改定並びに技術的諸問題の解決に協力すると共に、校正事業者の登録審査や定期検査で技術アドバイザーを務めるなど JCSS 認定機関に協力した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 質量、力、トルク、重力加速度

【テーマ題目7】圧力真空標準の開発と供給

【研究代表者】 小島 時彦

(力学計測科 圧力真空標準研究室長)

【研究担当者】 杉沼 茂実、新井 健太、小島 桃子、
吉田 肇、梶川 宏明（常勤職員6名）

【研究内容】

圧力標準、真空標準（全圧／分圧）及びリーク標準によって、JCSS 認定事業者の特定二次標準器の校正と依頼試験による校正を進めると共に、各標準の整備と校正手法の高度化を進めた。国際比較に関しては、幹事所として実施した高真空標準の国際比較（APMP.M.P-K3）の最終報告書を作成した。また、幹事所として、液体高圧力標準の国際比較（APMP.M.P-K13）の持ち回り測定を進めた。さらに、真空標準の国際比較（CCM.P-K14）及び気体圧力標準の国際比較（APMP.M.P-K9）のデータ取りまとめ、液体高圧力標準の国際比較（CCM.P-K13）及びリーク標準の国際比較（CCM.P-K12）の Draft B レポートの作成に協力した。新たな研究開発に関しては、気体低圧力標準・気体高圧力標準・液体高圧力標準の開発、中真空発生方法・分圧発生方法・リーク発生方法の開発を進めた。真空計の比較校正方法の依頼試験（特殊）による供給を開始した。真空標準（全圧／分圧）及びリーク標準において、ASNITE-NMI 認定審査及び Peer Review 審査を受け、校正範囲拡大と校正測定能力向上が認められた。校正事業者登録制度（JCSS）に関する協力として、圧力の技術分科会における検討事項の提案、技術的要求事項適用指針改訂へ協力、校正事業者の登録審査や定期検査における技術アドバイザーとしての審査への協力、圧力・真空の技能試験への参照値の提供に係わる協力を行った。技術基準の作成に関しては、「JIS B 7610 重錘形圧力天びん」「JIS Z 0029 真空計の校正値の不確かさ評価」、「JIS Z 2330 非破壊試験－漏れ試験方法の種類と選択」、「JIS Z 2332 圧力変化漏れ試験方法」の原案作成に協力した。また、隔膜真空計と熱陰極電離真空計の国内外規格の作成

に協力した。尚、本年度は東北地方太平洋沖地震による被害の復旧にも取り組んだ。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 圧力標準、真空標準、重錘形圧力天びん、高精度圧力計、真空計、リーク標準、分圧標準

〔テーマ題目8〕 質量計の試験検査

〔研究代表者〕 小谷野 泰宏

(工学計測科 質量計試験技術室長)

〔研究担当者〕 福田 健一、大谷 怜、高橋 豊

(常勤職員4名)

〔研究内容〕

質量計に関する法定計量業務(特定計量器の基準適合性評価:型式承認試験及び基準器検査)を計量法の技術基準に基づき実施した。また、OIML条約に基づく国際勧告(OIML-MAA)に従い、非自動はかり及び質量計用ロードセルの性能評価試験を円滑に実施し、テストレポートの発行をすると共に試験・検査の信頼性の確保するためASNITE試験定期検査を受け、認定された。

これらの業務において整備した品質管理を基に、非自動はかりの型式承認を行う上で、性能評価試験を円滑かつ効率的に行うためのモジュール試験(非自動はかりの指示計及びロードセル)を実施した。また、試験に使用する設備の整備及びOIML勧告に従った試験において、品質システムISO/IEC17025に基づき機器管理を実施した。

OIML等に関する国際法定計量調査研究委員会の会議、技術委員会へ積極的に参加・協力し、常に国際基準・規格に対応するように技術能力の確保に努めた。また、OIML TC6の国際会議にも参加・協力した。その他、JISの原案作成委員会にも協力し、産業界との連携を図った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 法定計量、型式承認、非自動はかり、OIML、基準器検査、天びん、分銅、NMIJクラブ、法定計量クラブ

〔テーマ題目9〕 音響・超音波標準の維持、供給及び開発

〔研究代表者〕 菊池 恒男(音響振動科長 音響超音波標準研究室長(兼務))

〔研究担当者〕 堀内 竜三、高橋 弘宜、米嶌 和香子、山田 桂輔、松田 洋一、吉岡 正裕、内田 武吉(常勤職員7名、他1名)

〔研究内容〕

平成23年度は、3月11日に発生した東日本大震災による産総研全体の研究インフラへ被害に対する復旧活動に多くのリソースを割いたため、当初の研究計画を大きく変更することとなった。装置の損傷や節電対策に起因し

て標準開発に支障が生じたため、一部の標準供給開始予定を1年以上遅らせた。このような状況下で、依頼試験、法定計量業務等の再開を最優先とすべく努力し、震災数ヶ月後には、一部を除いて概ね業務を再開した。

音響標準関連では、震災により大無響室の扉の開閉が不能となり、更に大無響室本体に傾斜が生じたため、無響室を使用する校正業務ならびに研究開発を長期間停止せざるを得なかった。23年10月に修復を終え、修復後の無響室特性の確認作業を実施したのち、23年12月には無響室を使用する校正業務を震災前と同等の水準で再開するに至った。なお、騒音基準器検査、jcss校正、その他無響室を使用しない依頼試験に関しては震災の影響を受けなかったため、従前どおり校正業務を実施した。音響測定器のjcss等校正サービスについて、品質システムの継続的運用の下、jcss11件、騒音基準器検査15件、依頼試験1件を実施した。JCSS登録申請事業者に対し、6件の登録審査(うち3件は審査継続中)を行った。国際的にはI形標準マイクロホンの音圧感度幹比較CCAUV.A-K5に参加し、校正に必要なハード・ソフトの拡充を行い、仲介器校正の準備を進めた。音響標準の校正周波数範囲拡大に関しては、本年度より超低周波領域(20 Hz以下)における校正サービスを開始するとともに、空中超音波領域(20 kHz以上)における校正サービスを維持した。また騒音源の定量的評価に不可欠な音響パワーレベル標準を確立するため、基準音源の校正装置のプロトタイプを設計・製作した。

超音波関連では、超音波パワーの一次校正装置(天秤法)が震災により床に落下し、24年3月までの約1年間にわたって使用不能となった。そのため、超音波パワーの依頼試験を休止するとともに、本システムの利用が不可欠な「カロリメトリ法による高出力超音波パワー標準」の開発も、23年度中は休止した。そのため、高出力超音波パワー標準の供給開始は当初予定より1年以上遅れることとなった。また23年度中にNMIJにおける測定を予定していた超音波パワーの国際幹比較CCAUV.U-K3も延期され、実施時期は未定となっている。更に、夏季に節電対策のため校正業務を停止した影響を受けて、ハイドロホン感度校正のスケジュールにも変更が発生し、低周波領域のハイドロホン感度校正の依頼試験開始も1年以上遅れることとなった。依頼試験業務については、震災の影響を受けた超音波パワーを除き、光干渉法によるハイドロホン感度校正の一次校正、同比較校正、超音波音場パラメータの各標準は依頼試験を継続した。ハイドロホン感度校正は23年度に28件、超音波音場パラメータについては1件の依頼試験を実施した。医用超音波診断装置の高周波化のニーズに対応するため、ハイドロホン感度校正の周波数上限を40 MHzに拡張するための研究開発を継続した。23年度には、ハイドロホン感度校正を試行し、手法の妥当性を実証した。医用超音波やソノケミストリで要求される低周波数領域のハイドロホ

ン感度校正についても、相互校正法を用いた100 kHz～1 MHz 帯の校正装置を構築した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 音圧レベル、標準マイクロホン、空中超音波、超低周波音、音響パワーレベル、超音波パワー、天秤法、カロリメトリ法、超音波振動子、超音波音圧、ハイドロホン、超音波音場パラメータ、水熱合成法、キャピテーション、HITU

【テーマ題目10】 振動衝撃加速度・硬さ標準の維持、供給及び開発

【研究代表者】 大田 明博

(音響振動科 強度振動標準研究室長)

【研究担当者】 野里 英明、清野 豊、高木 智史、服部 浩一郎、石神 民雄、山口 幸夫
(常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

振動測定は航空宇宙、自動車、建設、プラント、地震等、広範囲で行われ、その測定に用いられる振動加速度計は安価で大量の加速度計測を行うのに必要不可欠である。振動加速度計の校正サービス(JCSS 制度;加速度振幅 0.03 m/s²～200 m/s²、振動数範囲 0.1 Hz～10 kHz、及び、依頼試験;ピーク加速度 200 m/s²～5000 m/s²)は、レーザ干渉計と加振器で構成された校正装置によって行われ、品質システムに則り維持・管理されている。平成23年度の活動としては、震災復旧のための実験装置及び設備の性能検証を行い、校正サービスを再開した。品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss校正5件、依頼試験3件を実施した。幹事所としての国際比較(APMP.AUV.V-K1.1 振動数範囲: 40 Hz～5 kHz、継続中)、低周波振動加速度の国際比較(APMP.AUV.V-S1 振動数範囲: 0.5 Hz～20 Hz)、JCSS 制度における技能試験(振動数範囲: 0.1 Hz～10 kHz、継続中)を実施した。また、衝撃加速度標準に関して、電荷感度供給を目指し、電荷増幅器の特性評価技術の開発を行った。

硬さ試験は機械部品等の強度特性を簡便に評価できる工業試験法であり、鉄鋼・自動車・航空を始め、幅広い産業分野で利用されている。平成23年度の活動としては、硬さの国家標準として供給しているロックウェル硬さとビッカース硬さに関して、震災復旧のための各装置の性能検証を行い、必要とされる校正サービスを再開すると共に、品質システムに即した維持・管理を実施し、jcss校正2件を実施した。また、硬さ校正事業者の認定にかかわる技術アドバイザー業務を行った。国際比較CCM.H-K3に幹事所として参加すると共に、韓国標準科学研究院(KRISS)との2国間国際比較 APMP.M.H-S4に参加した。

シャルピー衝撃試験は破壊強度(特に遷移温度)を測

定する材料試験法として、産業界で広く用いられているものである。金属材料のシャルピー衝撃試験の標準は当研究室で維持されており、依頼試験を通じて産業界に供給されている。平成23年度は、震災普及のための各装置の性能検証を行い、必要とされる校正サービスを再開した。さらに、標準値維持のための比較測定を行い標準機3台の整合性確認を行い、JIS B7740基準試験機の依頼試験を1件実施した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 振動加速度、衝撃加速度、地震計、振動試験、レーザ干渉計、金属材料、材料試験、ロックウェル硬さ、ビッカース硬さ、極微小硬さ、ナノインデンテーション、衝撃値、シャルピー衝撃試験、吸収エネルギー、遷移温度、脆性、材料試験

【テーマ題目11】 抵抗温度計標準の維持供給及び高度化効率化

【研究代表者】 丹波 純

(温度湿度科 高温標準研究室長)

【研究担当者】 山澤 一彰、Januarius V. Widiatmo、佐藤 公一、原田 克彦、安曾 清
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

供給中の抵抗温度計の温度範囲-40～420℃については特定副標準器等の、660℃アルミニウム点においては特定二次標準器の校正を行った。インジウム点、スズ点、亜鉛点およびアルミニウム点の実現温度の不確かさをおよそ半減させて平成22年度に受審したCIPM-MRAピアレビューおよびASNITEによる認定審査(更新)を完了させ、認定を受けた。-40℃～420℃までの国際基幹比較(CCT-K9)に参加し、仲介器物の測定を行い、幹事機関(米国NIST)へ輸送した。豪州との銀凝固点の2国間国際基幹比較に着手した。銀凝固点(962℃)における定点炉の電気絶縁性の影響の評価と、高温用白金抵抗温度計内部の絶縁性との2件について、第9回国際温度シンポジウムにて発表した。中堅職員2名をそれぞれ米国および仏国に中長期の派遣を行い、熱力学測定に関連する在外研究を実施した。JCSS認定制度を支援するため、技術アドバイザーの派遣を行った。計量技術の普及、向上のため計量教習に講師派遣を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 標準、温度、抵抗温度計、温度定点、校正技術

【テーマ題目12】 熱電対標準の技術開発

【研究代表者】 丹波 純

(温度湿度科 高温標準研究室長)

【研究担当者】 井土 正也、小倉 秀樹、増山 茂治、黄 毅(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

熱電対校正用温度定点の銀点 (962 °C)、銅点 (1085 °C)、パラジウム点 (1554 °C) において特定二次標準器等の校正を行い、コバルト-炭素 (Co-C) 共晶点 (1324 °C) において依頼試験による校正を行った。Co-C 共晶点の国際比較 (APMP.T-S7) の測定データの解析を行った。パラジウム-炭素共晶点実現装置の不確かさ評価を進めるとともに、不均質評価装置を用いて、白金パラジウム (Pt/Pd) 熱電対および R 熱電対のドリフトや不均質などの特性を評価した。Co-C 共晶点付近における Pt/Pd 熱電対および R 熱電対の国内事業者間の持ち回り試験の結果を解析した。JCSS 認定制度を支援するため、技術アドバイザーの派遣を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 標準、温度、熱電対、共晶点、校正技術

〔テーマ題目13〕 低温度標準の研究開発と維持・供給

〔研究代表者〕 田村 収

(温度湿度科 低温標準研究室長)

〔研究担当者〕 中野 享、島崎 毅、中川 久司、鷹巣 幸子 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

14 K~30 °Cでカプセル型白金抵抗温度計の標準供給とアルゴン三重点 (84 K) で特定二次標準器 (ロングステム型白金抵抗温度計) の校正を行った。0.65 K~24 K のロジウム鉄抵抗温度計標準供給の校正対象を白金コバルト抵抗温度計へ拡大するため同温度計の特性試験を継続した。液体ヘリウム不要の校正装置の常用動作温度を0.65 K以下まで低減させた。3 K~24 Kでヘリウム3定積気体温度計の等温線測定により、熱力学温度と1990年国際温度目盛の差の測定と共に、ヘリウム3のビリアル係数を測定し最新の第一原理計算結果と比較した。ネオンの三重点 (24 K) の同位体依存性測定の国際比較及び CCT-K1.1 (0.65 K~24 K) と APMP.T-K3.2 (84 K) の基幹比較を継続した。0.9 mK~1 Kの低温度目盛 (PLTS-2000) 実現のため、希釈冷凍機と定義計器のヘリウム3融解圧温度計を開発し、4.5 mKまで稼働試験を行った。更に低温を生成する核断熱消磁冷凍機の主要部分を製作した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 1990年国際温度目盛、PLTS-2000、熱力学温度、白金抵抗温度計、気体温度計、温度定点、蒸気圧温度計

〔テーマ題目14〕 放射温度標準の研究開発と供給

〔研究代表者〕 石井 順太郎

(温度湿度科 放射温度標準研究室長)

〔研究担当者〕 山田 善郎、笹嶋 尚彦、清水 祐公子、福崎 知子、山口 祐、金子 由香、王 云芬、皆広 潔美、阿羅 千里

(常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

高温域においては、特定副標準器の定点黒体 (銅、銀、亜鉛) の校正をはじめ、海外標準研究所 (タイ) の標準器 (シリコン放射温度計、定点黒体炉) の依頼試験校正等を実施した。放射温度計の非線形応答性評価技術を高度化し、国際温度目盛に基づく国家標準を2800 °C付近まで拡大した。金属-炭素系高温定点については、Re-C、Pt-C、Cu 点セルの依頼試験校正を実施するとともに、長期安定性に優れた高温定点セルを開発し国家標準器に導入した。さらに、WC-C 包晶点の性能向上及び標準器としての不確かさ評価を実施し、標準供給技術を確立した。中温域 (160 °C~420 °C) においては、波長依存性の低い比較黒体炉の開発および性能評価を行った。常温域においては、体温域黒体炉の依頼試験校正を行うとともに、赤外放射温度計の校正を目的として、シリコンオイルを熱媒とする温槽式の大口徑黒体炉の開発を行った。これらと併せ、JCSS 制度の運営に関し、非接触温度計分野の技術アドバイザー等による支援を行った。国際的には国際度量衡委員会のものワーキンググループ活動として高温域温度目盛の実現方法に関するガイド (Mise en Pratique for the definition of the Kelvin in high temperature) の作成委員として文書作成に参画するとともに、放射温度分野の CMC レビュープロトコルの改訂及び、アジア太平洋地域の標準研究所のピアレビュー、CMC レビュー作業等に貢献した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 放射温度標準、JCSS、依頼試験、放射温度計、黒体炉、金属-炭素共晶、高温定点

〔テーマ題目15〕 気体中水分の計測・制御技術に関する研究開発

〔研究代表者〕 阿部 恒

(温度湿度科 湿度標準研究室長)

〔研究担当者〕 北野 寛、越智 信昭、天野 みなみ、高橋 千晴、丹羽 民夫、堂山 友己子 (常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

半導体製造をはじめとする先端技術分野で必要とされる、気体中微量水分の標準発生技術の開発を進めている。窒素ガスに対する微量水分標準は既に確立しているが、これをさらに他のガス種へも展開するため、拡散管方式水分発生槽と磁気吊下天秤を組み合わせた低濃度水分発生装置の開発に着手し、2010年度は基本設計を完了させて装置の試作を開始した。微量水分領域で行われた世界初の国際比較 (EURAMET1002) に参加した。簡易型拡散管方式微量水分発生装置を整備し、それを用いて市販の微量水分計の性能試験を行った。微量水分計メーカーの開発支援を行った。

湿度標準供給については範囲拡大と効率化の研究を進めている。露点-70℃から-10℃の低湿度領域では標準湿度発生装置の改良と校正手順の見直しを実施し、効率化を進めた。露点-10℃から95℃の高湿度領域では安定な標準供給を実施した。校正業務は19件。

【分野名】標準・計測

【キーワード】湿度、微量水分、拡散管、高湿度、低湿度、露点

【テーマ題目16】**気体流量・気体流速標準の研究開発・維持・供給**

【研究代表者】石橋 雅裕

(流量計測科 気体流量標準研究室長)

【研究担当者】栗原 昇、森岡 敏博、船木 達也、櫻井 真佐江(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

震災によりほとんどの標準供給が不可能となったが、順次復旧させ、引き続き復旧中である気体中流量標準以外は、従来通りに標準供給ができるようになった。平成22年度に引き続き特定標準器による校正、依頼試験、技能試験用参照値の供給を行い、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。気体流量に関し、水素、都市ガスの流量標準を設定し、供給するための準備を開始した。気体流速に関し、大流速標準を設定するための風洞の流速分布測定を測定するための準備を開始した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】気体流量・気体流速標準

【テーマ題目17】**液体流量体積標準の研究開発・維持・供給**

【研究代表者】寺尾 吉哉

(流量計測科 液体流量標準研究室長)

【研究担当者】嶋田 隆司、土井原 良次、古市 紀之、Cheong KarHooi、長島 豊、武田 一英、渡部 理夫、沼口 昌美、矢島 美代子、菱沼 裕子(常勤職員5名、他6名)

【研究内容】

震災の影響により、一時的な標準供給の停止を余儀なくされたが順次復旧し、水流量については、平成22年度と同じく0.005~3000 m³/hの範囲で特定標準器による校正、0.002~12000 m³/hの範囲で依頼試験を行った。石油流量標準については、0.1~300 m³/h並びに2.8×10⁻³~11×10⁻³ kg/sの範囲に対して灯油及び軽油を使用した特定標準器による校正並びに依頼試験を行い、0.01~0.1 m³/h並びに2.8×10⁻⁴~2.8×10⁻³ kg/sの範囲に対して軽油を使用した依頼試験を行った。さらに、体積標準を維持した。また、技術アドバイザーとして製品評価技術基盤機構が行う校正事業者の認定審査に参加した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】液体流量標準、石油流量標準、体積標準

【テーマ題目18】**特定計量器の適合性評価に関する研究開発・試験検査**

【研究代表者】森中 泰章

(流量計測科 流量計試験技術室長)

【研究担当者】伊藤 武、安藤 弘二、藤本 安亮、菅谷 美行、堤 寛子、飯島 紀子(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

平成22年度に引き続いて型式承認試験(37型式)及び基準器検査(330件)を実施し、これらの試験のための設備維持を行った。自動車等給油メーターのOIML適合証明書を発行した。さらに、水道メーターのOIML勧告(OIML R49)の国際会議に参加し、国際勧告への日本意見の反映に努めた。また、法定計量の流量関係のJISを新規で4本制定した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】特定計量器の適合性評価、OIML、JIS

【テーマ題目19】**固体熱物性標準の整備**

【研究代表者】山田 修史

(材料物性科 熱物性標準研究室長)

【研究担当者】渡辺 博道、阿子島 めぐみ、八木 貴志、阿部 陽香、山下 雄一郎(常勤職員6名)

【研究内容】

固体材料を対象とした熱物性(熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量および薄膜熱物性など)に関して供給中の計量標準に関して震災の影響からの速やかな復旧により遅延のない供給業務を遂行するとともに、NMIJの品質システムに基づいた校正業務および標準物質生産に係る品質マニュアルの整備、内部監査対応等による品質の維持管理を行った。また、各標準供給項目に関しての継続的な研究開発による校正技術の高度化、不確かさの検証と低減化を進めた。熱物性計測規格・標準化に関して薄膜熱物性を対象とした2規格(JIS R1689 フェインセラミックス薄膜の熱拡散率の測定方法-パルス光加熱サーモリフレクタンス法およびJIS R1690 フェインセラミックス薄膜と金属薄膜との界面熱抵抗の測定方法)の制定事業において原案作成者として参画した。また、国際比較関連として2011年8月にThessaloniki(Greece)で開催された測温諮問委員会熱物性作業部会(CCT-WG9)においてレーザフラッシュ法による熱拡散率の国際比較の進捗状況の報告を行った。2011年12月に神戸において、APMP TCT Workshop(熱物性分野)を主催した。同TCT meetingではレーザフラッシュ法による熱拡散率 Supplementary Comparisonの実施計画を提案した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 固体熱物性標準、標準物質、熱膨張率、熱拡散率、熱伝導率、比熱容量、薄膜熱物性

〔テーマ題目20〕 密度・屈折率・粘度標準の開発と供給に関する研究

〔研究代表者〕 藤田 佳孝

(材料物性科 流体標準研究室長)

〔研究担当者〕 菜嶋 健司、早稲田 篤、倉本 直樹、竹中 正美、粥川 洋平、山本 泰之、狩野 祐也(常勤職員8名)

〔研究内容〕

密度・屈折率標準については、震災により被害を受けた固体密度と密度標準液の校正設備を移転のうえ、早期復旧が要請されていた固体密度の校正装置について、新たな恒温槽と荷重交換保持フレームを導入した液中ひょう量装置を修理・復旧し、年度内での校正業務を再開させた。国際度量衡委員会に関連する活動としては、質量関連量諮問委員会密度およびアボガドロ作業部会にそれぞれ出席し、実施中および今後の CIPM 基幹比較についての協議、およびキログラム再定義のための新たな国際研究協力についての協議を行った。次世代計量標準の開発としては、現在人工物で定義される唯一の SI 基本単位であるキログラムの基礎物理定数を用いた再定義のために、これまで実施してきたシリコン²⁸同位体濃縮結晶によるアボガドロ定数の測定精度を更に向上させることを目的として、PTB (ドイツ物理工学研究所)、INRIM (イタリア計量研究所)、NMI (オーストラリア連邦計量研究所)、国際度量衡局 (BIPM) との研究協力協定による新たなアボガドロ国際プロジェクトを開始した。シリコン²⁸同位体濃縮結晶球体の特殊なエッチングによる表面金属汚染層の除去を行い、新たなエタロンの導入や回折効果のシミュレーションによる検討などによる球体体積測定用光波干渉計の改良を施した。球体結晶密度の精度を目標とする0.02 ppm の標準不確かさで決定するためには、さらに、干渉縞解析、球体温度測定及び球体表面分析などの高精度化が必要であることを明らかにした。

粘度標準についても、震災により損傷した校正設備を移転のうえ修理・復旧整備を行い、校正サービスを再開し、以降はそれまでの供給停止分への緊急の校正実施に対応し、平成23年度末までに計18件の校正を実施した。昨年度から依頼試験を開始した非ニュートン流体のための粘度校正装置について、不確かさを低減するための改良・修正項目の洗い出しを行った。MEMS 技術を応用した粘度センサの開発を進め、製作したプロトタイプのパフォーマンス評価などを行った。新たに考案した内筒懸架機構を組み込んだ回転粘度計の恒温槽を整備し、システム全体の性能評価を実施し、高精度化に必要な温度制御性

能の確保を確認するとともに新懸架方式の有効性を確認した。現在の粘度の国際的基準となっている水の粘度の絶対値を見直し次世代の粘度標準を確立することを目標として、落球法による液体粘度の絶対測定を継続し、CCD カメラと追尾システムによる落下速度の絶対測定システムにおいて必要となる自動落球機構を有する試料槽を格納する精密恒温槽全体の改良を進めた。国際度量衡委員会に関連する活動として、質量関連量諮問委員会粘度作業部会に出席し、粘度の絶対測定に関する進捗報告および NMIJ を幹事機関とする次期 CIPM 基幹比較実施に関する協議を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 密度、密度標準、シリコン結晶、密度標準液、PVT 性質、屈折率、キログラム、再定義、アボガドロ定数、格子定数、モル質量、粘度、粘度標準、粘度標準液、細管粘度計、回転粘度計、非ニュートン流体、落球法、粘度の絶対測定

〔テーマ題目21〕 応用電気標準の開発、供給と研究

〔研究代表者〕 瀬田 勝男(電磁気計測科 電気標準第1研究室長(兼務))

〔研究担当者〕 岩佐 章夫、藤木 弘之、山田 達司、坂本 憲彦、昆 盛太郎、天谷 康孝、浜辺 薫、林 誠二郎(常勤職員6名、他2名)

〔研究内容〕

(1) 誘導分圧器標準、交流電流比標準、高調波電圧電流標準、交流シャント標準

誘導分圧器標準について3件の特定二次標準器等の校正、交流電流比標準について1件の特定二次標準器の校正、4件の依頼試験を行った。交流シャント標準について1件の依頼試験を行った。また、次年度以降 10 kHz までの拡大に向けて、研究開発を進めた。高調波電圧電流標準については、100次高調波への拡張に向けて、デジタルマルチメータのフィルタ特性について評価を行った。

(2) AC/DC 標準、交流電圧標準

AC/DC 標準について、3件の特定副標準器の校正と1件の依頼試験、1件の所内校正を行った。電力量標準で用いられる交直電圧比較装置の電圧範囲の供給範囲の拡張を行った。交流電圧標準については、今年度4 Hz まで供給範囲を拡大した。また次年度以降の電圧範囲拡大に向けて研究開発を進めた。

(3) 中容量キャパシタンス標準、インダクタンス標準、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準

中容量キャパシタンス標準及びインダクタンス標準について、1件の依頼試験を行った。また、次年度以降の供給開始に向け、蓄電池・電力貯蔵キャパシタ標準の研究開発を進めた。蓄電デバイス内部のインピー

ダンスの周波数依存性の測定が可能な装置を設計、試作した。この装置を用いて、リチウムイオン電池や電気二重層キャパシタのインピーダンス特性評価と不確かさ評価に着手した。

(4) 直流電圧計用標準

プログラマブルジョセフソン電圧標準による、デジタルマルチメータの直流電圧レンジの校正範囲拡大について検討し、その内容等を国際会議で発表した。震災で故障した当該校正装置を修理し、校正可能なまでに復旧した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 実用電気標準、直流電圧、誘導分圧器、変流器、交流電圧、中容量、インダクタンス

〔テーマ題目22〕 量子電気標準の開発、供給と研究

〔研究代表者〕 金子 晋久（電磁気計測科 電気標準第2研究室長）

〔研究担当者〕 金子 晋久、福山 康弘、浦野 千春、堂前 篤志、丸山 道隆、大江 武彦、中村 秀司、飯田 保、松廣 健二郎、渡辺 幸次、嶋本 親資、堀江 智弘、（常勤職員7名、他5名）

〔研究内容〕

(1) 直流抵抗標準

直流抵抗標準について18件（jcss10、依頼3、所内3、科内2）の特定二次標準器等の校正を行った。また、25 Ω（中間抵抗値）供給範囲の拡大を行った。標準供給用のシステムの自動化等近代化を行った。次世代2次標準器として利用できる超安定小型100 Ω標準抵抗器の開発を終了し、共同研究先より販売が開始されている。10 Ωなど他の抵抗値についても同様な抵抗器の開発し、評価中である。NMIJ製の量子ホール効果抵抗標準素子を昨年のタイの標準研究所 NIMT に続き今年度はフィンランド（MIKES）、オーストラリア（NMIA）に供与した。次世代量子ホール効果抵抗標準として、量子ホール抵抗アレイドデバイスを作製し、従来素子との整合性を10 ppb 以下で確認している。1次標準としての利用のための確認作業を行っている。次世代の量子抵抗標準の材料として注目されているグラフェンの基礎研究をナノエレクトロニクス研究部門と共同で行っている。剥離グラフェンの端に見られる、特異な修飾構造を発見した。低温での物性についても研究中である。また、名古屋大学と共同で、次世代抵抗器に用いるための材料の基礎物性研究・開発も行っている。

(2) 直流電圧標準

直流電圧標準について、6件の特定二次標準器等の校正を行った。システムの近代化に向け必要機材を整備し更新中である。次世代の高安定なツェナー標準電

圧発生器の開発を企業と共同で行っており、測定系の改良とツェナー素子の経年特性の評価を継続中である。

(3) 交流抵抗標準、キャパシタンス標準

キャパシタンス標準について4件の特定二次標準器の校正、交流抵抗標準について2件の特定二次標準器等の校正および2件の依頼試験を行った。次世代交流抵抗標準として交流量子ホール効果抵抗標準の研究開発を行っており、試作したデバイスを用い PTB（ドイツ標準研究所）と共同研究を行っている。そのデータを基に改良型のデバイスの設計を開始した。同時に測定に利用するブリッジ等の設計開発をおこなった。

(4) 交流ジョセフソン電圧標準

次世代交流ジョセフソン電圧標準として、プログラマブル駆動ジョセフソン電圧標準、パルス駆動ジョセフソン電圧標準について研究開発を進めている。前者は、主に低周波領域の交流電圧標準として電気標準第1研究室と共同研究を行っている。後者については、商用周波数からキロヘルツレベルにわたる周波数の各種信号発生に成功しており、これには擬似ノイズの発生も含まれる。これを用い、ジョンソンノイズの定量化、つまり、ボルツマン定数の測定・熱力学温度の測定の研究を温度湿度科と共同で行っている。これらの研究において、そのジョセフソン素子はナノエレクトロニクス部門との共同開発である。

(5) 電流標準

直流量子電流の標準を開発している。NEC/理研グループと共同し、電子ポンプ素子として超伝導/絶縁体/常伝導/絶縁体/超伝導の接合素子（SINIS型素子）等を作製している。この素子の特徴は安定な高速動作が可能な点である。測定システムも希釈冷凍機を利用し開発中である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 量子電気標準、直流抵抗、交流抵抗、直流電圧、交流電圧、電流標準、キャパシタンス、量子ホール効果、ジョセフソン効果、単電子トンネリング効果

〔テーマ題目23〕 高周波計測標準に関する研究

〔研究代表者〕 島田 洋蔵

（電磁波計測科 高周波標準研究室長）

〔研究担当者〕 島岡 一博、Widarta P Anton、

岸川 諒子、飯田 仁志、堀部 雅弘、

木下 基、信太 正明、遠藤 道幸、

長津 樹理、岡本 佳子、

（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

電力標準に関し、50 GHz～75 GHz 及び75 GHz～110 GHz 帯一次標準器（WR10及びWR15型導波管）の開発を推進し、基本構成を決定しプロトタイプを製作した。高周波インピーダンス標準の同軸 N 型50 Ωおよび

同軸 N 型 75 Ω の低周波独自標準の開発を進め、平成 24 年度に標準供給を開始するための校正システムが整備できた。同軸減衰量標準では 110 dB まで供給範囲の拡大が急務となり、40 GHz～50 GHz への拡張と併せてその開発を推進し、平成 24 年度に 110 dB まで拡張した標準供給開始の準備を行った。雑音標準では、新たに開発した評価手法に基づき標準雑音源の独自化技術の開発を推進し、液体窒素温度における線路損失の評価をクライオスタットを用いて実現した。テラヘルツ標準では時間領域分光測定方式の直線性評価に関する新しい直線性評価技術を確立した。オープンラボにおいて実験室公開を実施し、高周波電気量の基本量である電力標準および減衰量標準の校正設備を公開した。高周波クラブを 2 回開催し、高周波標準、JCSS 制度、高周波計測とその不確かさ評価に関する講演と、計測機器メーカーの見学会を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】高周波、マイクロ波、ミリ波、電波、信号伝送線路、電力計、減衰器、雑音源

【テーマ題目 24】電磁界・アンテナ計測標準に関する研究

【研究代表者】黒川 悟

(電磁波計測科 電磁界標準研究室長)

【研究担当者】廣瀬 雅信、森岡 健浩、石居 正典、
飴谷 充隆、関川 晴子、伊藤 希重
(常勤職員 5 名、他 2 名)

【研究内容】

ダイポールアンテナについて 30 MHz～2 GHz の周波数範囲におけるアンテナ係数の校正サービスを行った。ループアンテナについて 20 Hz～30 MHz の周波数範囲における磁界アンテナ係数の校正サービスを行った。磁界強度標準についてドイツ標準研究所である PTB との国際整合性確立のための在外研究を実施した。EMI 規制測定用の 1 GHz～6 GHz の広帯域ホーンアンテナであるダブルリジッドアンテナの校正サービスを行った。50 GHz～75 GHz のミリ波帯標準ホーンアンテナに関するアンテナ利得校正サービスを開始した。18 GHz～26.5 GHz、26.5 GHz～40 GHz の 2 バンドの任意周波数ホーンアンテナ利得及びパターン標準の開発を推進し、パターン計測のための測定系の構築が完了した。30 MHz～1 GHz の EMI 測定用広帯域アンテナのアンテナ係数校正サービスを行った。電界標準については、国際比較に参加し、測定を完了した。1 GHz 以下の電磁界強度標準 (ホーン、GTEM セル) は震災と移転作業により供給開始が遅延したが、校正システムの再構築を最優先に進め、平成 24 年度に標準供給が可能となるよう準備を行った。新しいアンテナ計測技術として光電界センサを用いた測定システムの研究開発を推進した。さらに、EMI 測定用電波暗室の妥当性評価手法の開発を行

い、17 公設研究機関との比較試験を実施するとともに、東北復興支援のために東北 4 公設研究機関との暗室性能評価に関する共同研究を開始した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】マイクロ波、ミリ波、アンテナ、アンテナ係数、アンテナ利得、電界、磁界

【テーマ題目 25】レーザ標準の開発と供給

【研究代表者】市野 善朗

(光放射計測科 レーザ標準研究室長)

【研究担当者】福田 大治、雨宮 邦招、沼田 孝之、
田辺 稔 (常勤職員 5 名、他 2 名)

【研究内容】

レーザパワー (空間ビーム) については jcss 校正を 4 件、依頼試験校正を 2 件、光ファイバパワーについては依頼試験校正を 2 件、光減衰量については依頼試験校正を 1 件、それぞれ実施した。レーザパワー (空間ビーム) に関して、Blu-ray (405 nm 帯)、DVD (660 nm 帯) 及び CD (780 nm 帯) における波長可変レーザ装置を開発し、新たにこれら 3 波長帯内の任意波長に対する標準供給 (依頼試験) を開始した。近々実施予定の高出力レーザパワー国際比較 (1.06 / 10.6 μm、100 W～1 kW、Euromet.PR-S2 part2) 参加に向けた体制整備ならびに計測技術開発を行った。NiP 光吸収体の低反射率の入射波長一様性に関するシミュレーション計算を行い、広波長帯域で反射率 0.1 % 未満となる構造の存在を明らかにした。光減衰量標準供給の広波長帯域化に向けて、高出力高安定波長可変レーザを開発し、光パワーメータの応答非直線性の波長依存性測定を行った。量子効率標準確立に向けた 1550 nm における単一光子検出器の量子効率校正技術開発を行った。波長 1550 nm 高パワー域の光ファイバ減衰量 (APMP.PR-S4)、可視域レーザパワー (APMP.PR-S5) 両国際比較については幹事研究所として実施を主導し、前者は DraftB の作成・回覧および最終報告書出版、後者は Pre DraftA Process1 をそれぞれ完了した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】レーザパワー、光ファイバ

【テーマ題目 26】光放射標準の開発と供給

【研究代表者】座間 達也

(光放射計測科 光放射標準研究室長)

【研究担当者】市野 善朗、薮 洋司、神門 賢二、
木下 健一、丹羽 一樹、沼田 孝之
(常勤職員 7 名、他 1 名)

【研究内容】

光度、照度の特定副標準器校正各 4 件の計 8 件、全光束、分布温度の特定副標準器校正各 3 件の計 6 件、分光応答度 jcss 校正 2 件、依頼試験 9 件、分光放射照度 jcss 校正 3 件、依頼試験 1 件、分光拡散反射率依頼試験 4 件、照度計型式

承認試験4件を実施した。高強度全光束の校正不確かさ評価を進め、供給用標準 LED の不確かさ評価を完了させた。分光全放射束標準確立用の配光測定装置・球形光束計の整備を進め、当該標準供給に最適な電球候補を決定した。分光拡散反射率の紫外域拡張の標準確立に向けた装置整備を完了させ、不確かさ要因の洗い出しを進めた。光度・照度応答度標準具現用受光器の各種特性評価を実施した。国際比較に関しては、全光束（CCPR-K4）の幹事研究所としての連絡調整、光度（APMP、CCPR-K3. a リンク）の幹事研究所としてのプロトコル案作成と参加機関との調整等を実施し当該国際比較を主導すると共に、極低温放射計（CCPR-S3）の測定結果をまとめ幹事研究所に提出した。関係諸機関の求めに応じ、LED・照明用光源の JNLA 試験所認定制度立ち上げに協力、当該技能試験プロバイダとして、実施計画・プロトコル作成、技能試験用巡回器校正、結果の評価等を実施した。併せて LED 電球・照明等の試験方法や当該試験に基づく技能試験の国際的調和を目指して国際エネルギー機関（IEA）が開始した IEA 4E SSL Annex に参加し、標準研究所間ラウンドロビン試験での巡回器校正、測定結果の幹事研究所への提出等を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】測光・放射測定

【テーマ題目27】医療・産業・先端研究等における放射線標準の開発・供給・維持

【研究代表者】齋藤 則生

（量子放射科 放射線標準研究室長）

【研究担当者】黒澤 忠弘、森下 雄一郎、加藤 昌弘、田中 隆宏、清水 森人、高田 信久、能田 理恵子、永沼 あき、

（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

各校正施設の復旧を迅速に行い年度中にすべての標準供給項目について供給を再開した。マンモグラフィ X 線標準に関して、Mo/Rh 線質の標準供給および X 線照射試験を開始した。軟 X 線標準に関する APMP 内の国際比較が終了し、各国のデータを精査した。医療用リニアックの標準開発のために、EGS5コードを用いて、高エネルギー X 線の特性を計算するとともに、カロリメータによる熱量測定の実験を行った。また、高エネルギー電子線の測定のためにカロリメータの製作を行った。Ir-192小線源治療標準について、測定に必要な照射装置の設計開発、また副標準器を導入した場合の不確かさ評価を行った。X 線自由電子レーザーのパルスエネルギーの測定に世界で初めて成功した。放射線線量計の校正に関して、jess15件（ γ 線12件、中硬 X 線1件、軟 X 線1件）、依頼試験26件（ γ 線16件、水吸収線量8件、中硬 X 線1件、軟 X 線1件）を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】線量標準、軟 X 線、中硬 X 線、 γ 線、 β 線、水吸収線量、放射光

【テーマ題目28】放射能特定標準器群の維持・向上、および中性子標準の開発・供給

【研究代表者】柚木 彰（量子放射科 放射能中性子標準研究室長）

【研究担当者】原野 英樹、佐藤 泰、松本 哲郎、海野 泰裕、増田 明彦、瓜谷 章、河田 燕、山田 崇裕
（常勤職員6名、他3名）

【研究内容】

放射能標準に関して、校正施設を復旧しすべての標準供給を再開した。放射性ガス標準（190-1）の立ち上げ、及び I-125密封小線源の線量標準（188）立ち上げに向けた装置評価を終えた。国際比較では、Tc-99m 放射能校正及びコメ試料中の Cs-137放射能測定に関する国際比較に参加した。校正サービスについては、計量法に基づく特定二次標準器の校正2件、及び依頼試験2件を実施した。

中性子標準に関して、各校正施設・機器の復旧を行い、連続中性子フルエンス標準、中性子線量標準、中性子放出率標準については供給を再開し、熱中性子、速中性子フルエンス標準については、供給再開の準備を進めた。2012年度実施予定の連続スペクトル中性子（201）に関する APMP 国際比較と速中性子（197-200）に関する CCRI 基幹比較の準備を進めた。重水減速 Cf-252中性子フルエンス標準（201）の開発も継続した。JAEA-TIARA 施設を用いた高エネルギー中性子標準開発では、熱領域までの全エネルギー領域のスペクトラルフルエンスを実験的に得ることができた。校正サービスについては、依頼試験5件を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射能、特定二次標準器、速中性子フルエンス、中性子フルエンス標準、国際比較

【テーマ題目29】無機標準物質に関する研究

【研究代表者】三浦 勉

（無機分析科 無機標準研究室長）

【研究担当者】野々瀬 菜穂子、鈴木 俊宏、大畑 昌輝、チョン 千香子、朝海 敏昭、山内 喜通、城所 敏浩
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

平成23年度には、Na、K、Mg、Mn、As、Sb 標準液の6種類の金属標準液を新規認証標準物質として開発した。Au、Si、Ge、W の各標準液の開発のために原料物質の純度決定および各標準液の調製法および濃度測定法の開発を継続した。また、欧州 RoHS 指令の規制に対

応した鉛フリーはんだ標準物質2種類のディスクについて蛍光X線分析法等による均質性評価を行い、認証標準物質としての開発を進めた。海水栄養塩標準物質の均質性・安定性評価を行うとともに、定量法の検討を進めた。CCQM 国際比較に参加し、鉛フリーはんだの基幹比較の幹事ラボを務め最終的にまとめた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 無機標準物質

〔テーマ題目30〕 pH および電気伝導度の標準確立

〔研究代表者〕 三浦 勉

(無機分析科 無機標準研究室長)

〔研究担当者〕 鈴木 俊宏、朝海 敏昭、

Maksimov Igor、大沼 佐智子

(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

Harned セル法による pH 測定システムの改良を引き続き進めた。このシステムを用いて6種類の pH 緩衝液に対するの保存安定性の測定を継続するとともに、認証標準物質として供給した。電気伝導度セルの設計試作を行い、温度制御ほかの基礎検討を続けた。pH 関連の CCQM 国際比較 (フタル酸塩緩衝液) に参加したほか、APMP 国際比較 (りん酸塩緩衝液; APMP.QM-K9および APMP.QM-P16) の幹事ラボを務め最終的にまとめた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 pH 標準

〔テーマ題目31〕 環境分析用組成標準物質および微量分析技術に関する研究

〔研究代表者〕 日置 昭治

(無機分析科 環境標準研究室長)

〔研究担当者〕 黒岩 貴芳、稲垣 和三、成川 知弘、朱 彦北、宮下 振一、成島 いずみ、小口 昌枝、

Groombridge Alexander Simon

(常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

平成23年度は、大豆粉末標準物質 (微量元素分析用) および玄米粉末標準物質 (カドミウム分析用) の開発を終了した。これらの標準物質は、一次標準測定法である同位体希釈 ICP 質量分析法を中心として高分解能 ICP 質量分析、ICP 発光分光分析法、電気加熱原子吸光分析法などの複数の分析法によって値付けを実施して、トレーサビリティと国際整合性が確保された標準物質として供給している。その他、開発済みの標準物質の安定性の評価を継続した。また、分析手法の高度化として、高精度、高感度な新規分析手法の開発を行っており、化学形態別分析手法の開発、極微量量での高感度分析手法や高精度分析のためのマトリックス除去法の実現を行って

おり、今後の標準物質開発に応用していく。一方、国際的な標準化の活動の一環として CCQM 国際比較に継続的に参加しており、メカジキ中のアルセノベタイン分析のパイロット研究 (CCQM-P96) およびスズキ魚肉粉末中のアルセノベタインと校正用アルセノベタイン標準液の測定のパイロット研究 (CCQM-P96.1) の後継である、まぐろ魚肉粉末中のアルセノベタインと校正用アルセノベタイン標準液の測定の基幹比較 (CCQM-K97/P133) の幹事ラボを引き続き務めた。さらには、現場分析者の技能向上支援、トレーサビリティや不確かさの普及を目的とした技能向上支援プログラムを進展させ、次期開発候補試料として調製した玄米粉末標準物質を用いて全国技能試験と技能講習会を実施した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 環境分析用組成標準物質

〔テーマ題目32〕 標準ガスの開発・供給の研究

〔研究代表者〕 加藤 健次

(有機分析科 ガス標準研究室長)

〔研究担当者〕 下坂 琢哉、松本 信洋、渡邊 卓朗、

青木 伸行、安藤 美和子

(常勤職員6名)

〔研究内容〕

新規標準物質として温暖化ガス標準ガス、ホルムアルデヒド標準ガスの開発の準備を行なった。三ふっ化窒素の開発については、シリンダキャビネット、除害設備などの準備を行った。ホルムアルデヒドについては、磁気浮遊式つり下げ天秤を用いた高精度の動的発生法による標準ガス発生法の検討、分析機器の整備を行った。新規開発の標準物質に対しては、ISO/IEC 17025及び ISO ガイド 34に基づく品質システム整備等を進め、ピアレビューへの対応を行った。2件の国際比較 (CCQM-K82及び CCQM-K84) への対応の準備として、質量比混合法による標準ガスの調製を行った。また、環境大気分析用の高精度標準ガスの調製などを目的として、小型容器を用いた質量混合法による高精度の標準ガスの調製法について研究を開始した。今後開発予定の研究開発では、ゼロガス中の微量成分の分析法、DME 中の硫黄分析法等について検討を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 標準ガス、質量比混合法、温室効果ガス、高純度ガス、国際比較

〔テーマ題目33〕 安全・安心に寄与する有機標準物質の開発と供給

〔研究代表者〕 沼田 雅彦

(有機分析科 有機組成標準研究室長)

〔研究担当者〕 鎗田 孝、羽成 修康、伊藤 信靖、大

竹 貴光、岩澤 良子、青柳 嘉枝、松

尾 真由美、黒田 陽子

(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

残留農薬分析用リンゴ粉末標準物質およびポリクロロビフェニル混合標準液を認証した。その際、同位体希釈質量分析法を適用したほか、前者に対しては適切な抽出および精製法を開発することで精確な値付けを実現した。また、茶葉中の塩素系農薬2種類の分析に関する CCQM の国際比較に参加し、他国の計量標準機関と同等で正確な分析値を報告することができた。一方、来年度以降に認証予定の残留農薬分析用大豆標準物質やふっ素系有機化合物分析用組成型標準物質などについて、値付けのための精確な分析法の開発を行った。さらに、関連する品質システムを整備し、既存の標準物質の安定性試験を実施するとともに、標準物質値付け能力 (CMC) の登録に向けた作業を行った。

【分野名】 標準・計測**【キーワード】** 組成型標準物質、有機標準液、高純度有機標準物質、環境標準物質、食品標準物質、国際比較**【テーマ題目34】 バイオメディカル計測標準の先導開発****【研究代表者】** 高津 章子 (有機分析科 バイオメディカル標準研究室長)**【研究担当者】** 加藤 愛、絹見 朋也、藤井 紳一郎、川口 研、柴山 祥枝、山崎 太一、高橋 淳子、川原崎 守、恵山 栄、吉岡 真理子、後藤 麻里 (常勤職員9名、他3名)**【研究内容】**

臨床検査医学分野やバイオアナリシス分野において、測定結果の互換性や国際整合性の向上が求められている。そのために計量学的トレーサビリティの構築を目指し、上位の標準物質開発を目標に、必要になる生体成分を高精度かつ高感度に測定する分析手法の開発を進めた。臨床検査における中性脂肪測定の標準となるトリオレインについては、構成脂肪酸を精密に定性・定量するなどして純物質標準物質を新規に開発した。アミノ酸のうちの3種類 (グリシン、アスパラギン酸、グルタミン酸) について、純度決定法となる滴定法、窒素定量法および不純物の測定法を確立し、純物質標準物質を開発した。また、東日本大震災による影響で、コルチゾール分析用ヒト血清標準物質が供給停止となったため、新規ロットを調製し、値付けを実施して認証し、供給再開できるようにした。品質文書の整備を行うとともに、国際相互承認へ向けての準備やこれまでに開発した標準物質の安定性評価を継続して行った。

【分野名】 標準・計測**【キーワード】** 標準物質、臨床検査医学、バイオアナリシス、トレーサビリティ**【テーマ題目35】 薄膜・表面評価技術の高度化と標準開発****【研究代表者】** 藤本 俊幸 (ナノ材料計測科 表面・ナノ分析研究室長)**【研究担当者】** 藤本 俊幸、黒河 明、寺内 信哉、張 ルウルウ、林田 美咲、東 康史、松林 信行、城 昌利、福本 夏生、今村 元泰、内田 みどり、伊藤 美香 (常勤職員10名、他2名)**【研究内容】**

薄膜・超格子標準物質の開発および膜厚計測の校正サービスの立ち上げを目指して、X線反射率法による精密膜厚評価技術についての基礎的研究を継続して行うと併に、これまでに供給している標準物質の維持のために安定性評価を継続的に行った。極薄シリコン酸化膜標準物質の開発のため、品質向上を目指して酸化膜の密度構造評価手法の研究を進めた。また標準物質の安定な保存方法の開発のため、保存容器からのふっ素イオン溶出対策の検討を継続して行った。微粒子分散薄膜標準物質の開発に向けて、透過電子顕微鏡装置による三次元可視化技術である電子線トモグラフィーの高度化のため高精度位置マーカーの形成方法の開発等を行い、さらに高い分解能の三次元像の取得に成功した。EPMA 用標準物質のうち鉄クロム合金と鉄ニッケル合金について有効期限延長を踏まえ安定性評価を継続的に行った。国際度量衡局 (BIPM) で開催された表面分析作業部会 (SAWG) で表面分析の国際比較を進展させるための共同支援活動を行った。

【テーマ題目36】 材料分析標準の研究、開発、維持**【研究代表者】** 藤本 俊幸 (ナノ材料計測科 ナノ構造化材料分析研究室)**【研究担当者】** 川原 順一、富樫 寿、平田 浩一、伊藤 賢志、高塚 登志子、山脇 正人 (常勤職員7名、他1名)**【研究内容】**

二次イオン質量分析法 (SIMS) およびラザフォード後方散乱分析におけるひ素元素量校正用の認証標準物質「低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: $6 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^2$)」(CRM5604-a) の供給を開始するとともに、「陽電子寿命による超微細空孔測定用認証標準物質」(CRM5601-a) の期限延長を行った。供給している標準物質の安定性試験を行い、品質に問題がないことを確認した。陽電子寿命計測に関する非破壊検査方法の高度化を行うとともに、マトリックス支援レーザ脱離イオン化質量分析法、クラスターイオン励起二次イオン質量分析法により有機分子の測定、及び、放射化分析法により無機薄膜の測定を行い、これらの分析法の感度や再現性に関するデータを取得した。微粒子連続精密分級装置の改良パーツを作製し、液相中で分級されたシリカ系

微粒子をそのまま評価する技術を開発した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 材料分析、イオン注入標準物質、微細空孔標準物質、質量分析、ナノ・サブミクロン粒子

〔テーマ題目37〕 不確かさ評価及び同等性確認における統計的問題の研究と技術支援

〔研究代表者〕 榎原 研正

(ナノ材料計測科 粒子計測研究室長)

〔研究担当者〕 田中 秀幸、城野 克広、城 真範

(常勤職員4名)

〔研究内容〕

不確かさ評価に関わる統計的手法の開発・応用を行うとともに、産総研内外での不確かさ評価の技術支援・普及啓蒙活動を行うことを目標としている。今年度は、既知のかたよりを補正しない場合の不確かさ評価において、ベイズ統計学の見地からの評価方法を検討し、古典的方法による結論と比較した。また不確かさの範囲で一致しない測定結果の比較データがあるときに、妥当な参照値を決定するアルゴリズムを開発した。さらに、中上級者対象を対象とした2日間にわたる不確かさ講習会の開催、校正・計測に関わる不確かさ評価の技術相談、不確かさクラブにおける講習会の開催や事例研究会の主宰などの普及活動を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 不確かさ評価、同等性評価、測定のかたより、管理限界、分布の伝播

〔テーマ題目38〕 粒径標準の開発と供給

〔研究代表者〕 榎原 研正

(ナノ材料計測科 粒子計測研究室長)

〔研究担当者〕 坂口 孝幸、櫻井 博、高畑 圭二、飯田 健次郎、水野 耕平、高橋かより、加藤 晴久(常勤職員8名)

〔研究内容〕

粒径及び気中と液中各々における粒子数濃度の標準について、依頼試験業務に対応するとともに標準の高度化を行うことを目標としている。今年度は、30 nm・300 nm 粒径域における準単分散粒子粒径測定のアンプ国際比較において、電気移動分析法および動的光散乱法の適用方法の測定プロトコル作成を主導するとともに、比較用のデータ採取実験を行った。粒径/粒子質量標準の校正作業を行う計数ミリカン法の高効率のため、試料空気制御等を自動で行う装置を試作した。また、液中粒子数濃度標準の範囲下限を600 nm まで拡張することを目標に、全数計数型フローサイトメータの背景ノイズによる偽計数を600 nm 粒径域で無視し得るように光学系の調整を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 粒径標準、電気移動度分析、粒径分布パラメータ、液中粒子数濃度標準、気中粒子数濃度標準、ポリスチレンラテックス粒子

〔テーマ題目39〕 有機化学標準の開発と供給

〔研究代表者〕 加藤 健次(計量標準システム科 有機標準基盤研究室長)

〔研究担当者〕 沼田 雅彦、石川啓一郎、清水 由隆、羽成 修康、北牧 祐子、山崎 太一、吉村 恵美子、谷口 幸子、藤木 直美(常勤職員7名、他3名)

〔研究内容〕

高純度有機物質(トルエン第2ロット)及びステロイド類(テストステロン)、バイオ燃料(バイオエタノール組成標準物質)の3種の認証標準物質の開発を行い、これらの認証標準物質に対して、ISO/IEC 17025及びISOガイド34に基づく品質システム整備等を進め、生産手順、分析手順等に関する文書の作成・登録を行った。また、高純度有機物質3種(ベンゼン、*m*-キシレン、ビスフェノールA)の認証標準物質の有効期限の延長を行った。また、その他の既存の認証標準物質(フタル酸エステル類、アルキルフェノール類、農薬標準液、PCB標準液、硫黄標準液)については安定性試験等安定供給に必要な作業を行った。特に、震災により冷蔵設備が停止したことから、冷蔵の認証標準物質25種(JCSS標準ガスおよび標準液の基準物質を含む)について緊急の安定性試験を行い、それらに変質していないことを確認した。さらに、平成24年度開発予定の高純度エタノールの候補標準物質について均質性、安定性に加えて、外部機関による炭素安定同位体の分析などを行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 高純度物質、有機標準液、バイオ燃料

〔テーマ題目40〕 化学計量トレーサビリティ体系の高度化に関する研究

〔研究代表者〕 井原 俊英(計量標準システム科 化学計量システム研究室長)

〔研究担当者〕 齋藤 剛、加藤 尚志、山中 典子、鈴木 彰子、村上 雅代、大手 洋子、大塚 聡子、鮑 新努(常勤職員3名、他6名)

〔研究内容〕

国家計量標準機関の供給する標準物質(以下、国家標準物質)が整備されていない化学物質については、計量トレーサビリティの確保された標準物質の市場への供給がなされておらず、これまでは正確な計量が困難な状況にあった。そこで、標準物質の値付けに用いる校正技術を高度化することにより、国家標準物質の整備されていない化学物質であっても計量トレーサビリティを確保で

きる迅速かつ簡便な計測手法を開発した。農薬標準物質を中心に実用化研究を行っており、平成23年度より開始した産総研依頼試験による高純度有機標準物質の純度校正では、約120種の化学物質の校正サービスを提供中である。また、純度校正の中核技術として用いている定量NMR（核磁気共鳴）法に関しては、食品添加物公定書における標準品の定量技術として採用された。

【分野名】標準・計測

【キーワード】標準物質、計量トレーサビリティ

【テーマ題目41】ナノ・高分子標準物質の開発供給

【研究代表者】衣笠 晋一（計量標準システム科 計量標準基盤研究室長）

【研究担当者】松山 重倫、山路 俊樹、折原 由佳利（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

ナノ・高分子関連標準物質の研究開発については、RoHS 指令や REACH 規制対応のためのポリプロピレン（フタル酸エステル分析用）1種を開発した。既供給の NMIJ CRM 8110-a 臭素系難燃剤含有ポリスチレン（高濃度）の安定性評価を継続した。また、平成25年度開発予定のポリ塩化ビニル（フタル酸エステル分析用）の候補標準物質の仕様を設計し実際に製造を行った。

高分子分析あるいは分子特性解析技術においては、臭素系難燃剤分析の GC/MS における夾雑物の影響を評価する研究、短鎖塩素化パラフィンの分析法の研究、および定量 MALDI-TOFMS の基礎研究をポリエチレングリコール混合試料について行った。また、定量固体 NMR 用標準物質開発に向けた調査とサイズ排除クロマトグラフィー／多角度光散乱検出法の ISO・DIS 化などの標準化活動を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】高分子標準、RoHS 指令、添加剤分析用標準、MALDI-TOFMS

【テーマ題目42】計量情報システムの適合性評価技術の研究

【研究代表者】松岡 聡（計量標準システム科 計量標準基盤研究室）

【研究担当者】水口 大知、渡邊 宏（常勤職員3名）

【研究内容】

計量器ソフトウェアの評価技術に関しては、主に研究論文と解説記事の執筆を行った。前者は計量器ソフトウェア認証において利用されるチェックサムや CRC 等の技術の基礎理論である符号理論に関するものであり、後者は海外・国内における最近の計量器ソフトウェア認証に関する動きに関するサーベイである。なお、今年度は予算の関係上、計量器ソフトウェアクラブを開催できなかった。

技能試験を利用したソフトウェアの適合性評価基準作

成の研究では、ソフトウェア開発現場の技術者を参加者とするソフトウェア検証技術の技能試験として「モデル検査技術演習（PT001）」を企画、開催して、参加者が提出する検証結果の報告の評価方法および評価基準について検討した。同技能試験は産総研が実施した技能試験提供に関するフィージビリティスタディ「認証推進支援のための試験能力・試験法評価」の中のプログラムの一つとして開催した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】計量器ソフトウェア、ソフトウェア認証、ソフトウェア適合性評価、技能試験

【テーマ題目43】特定計量器の基準適合性評価に関する業務

【研究代表者】三倉 伸介（計量標準技術科 型式承認技術室長）

【研究担当者】池上 裕雄、分領 信一、西川 一夫（常勤職員4名）

【研究内容】

型式承認業務は、当科が担当するアネロイド型血圧計（電気式・機械式）、体温計（抵抗・ガラス製）、環境計量器に当たる振動レベル計、濃度計（大気）、濃度計（pH）及び非自動はかり（大型はかり）等の特定計量器のうち、61型式について国内法に規定する技術基準への適合性を評価し、型式の承認をするとともに、承認型式軽微変更届出207件の審査業務を実施した。これらは、計量標準総合センターの認証システム（ISO/IEC ガイド65）に則って、当科が実施する特定計量器の型式の承認に関わる認証マニュアルに従って業務を実施しているものである。また、非自動はかり（大型はかり）については、承認システムの整備を行った。

その他、OIML（国際法定計量機関）の活動による、国際文書、勧告の発行に関する国内の各分野の作業委員会において、室に関係するテーマ等について委員会メンバーとなり、その役割も担っている。

また、特定計量器に対する電磁環境試験に関する JIS 開発調査研究事業を主導し、原案作成委員会において、原案を取りまとめた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】特定計量器の基準適合性評価、OIML、医療用計量器、環境計量器、電磁環境試験

【テーマ題目44】法定計量業務及び計量標準供給業務

【研究代表者】根本 一（計量標準技術科 校正試験技術室長）

【研究担当者】堀田 正美、田中 彰二、田中 洋、上田 雅司、西川 賢二、戸田 邦彦、浜川 剛（常勤職員8名）

〔研究内容〕

当科が担当する基準器検査（特級基準分銅、基準はかり、長さ計、ガラス製温度計、圧力計、浮ひょう、ガラス製体積計）2751件及び計量器の型式承認試験（体温計（抵抗・ガラス製）、アネロイド型血圧計（電気式・機械式））35件、比較検査（酒精度浮ひょう）13件、及び依頼試験（ガラス製体積計、標準球）5件を品質マニュアル（技術マニュアル）の適正な運用を図りつつ実施した。また、JCSS 長さ計分科会、体積計分科会、密度計分科会及び JIS 規格（ピペット、液体及び固体の密度及び比重の測定方法）の作成・改訂にむけての分科会等に参画した。その他、JIS 開発調査研究事業「質量計の性能評価技術の開発」のうち、自重計性能調査研究を主導し、調査研究及び報告書を取りまとめた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 法定計量、計量標準供給

〔テーマ題目45〕 長さゲージへの標準供給に関する研究

〔研究代表者〕 堀田 正美

〔研究担当者〕 浜川 剛（常勤職員2名）

〔研究内容〕

リングゲージ、プラグゲージ及び球校正について産業界が要求する0.1 μm 以下の不確かさ実現のために不確かさ向上作業を進めた。三次元測定機の標準球への標準供給を開始した。依頼試験実績は6件（標準球1件）であった。標準球の国際比較の翌年度実施に向けて検討を開始した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 長さゲージ

④【計測フロンティア研究部門】

(Research Institute of Instrumentation Frontier)

(存続期間：2004. 4. 1～)

研究部門長：大久保 雅隆

副研究部門長：山内 幸彦、鈴木 良一

主幹研究員：齋藤 直昭

所在地：つくば中央第2

人員：53名（53名）

経費：542,051千円（315,426千円）

概要：

計測技術のフロンティアを開拓し、計測技術を分析技術まで仕上げて、普及させる。それらの先端計測分析技術をライフイノベーション、グリーンイノベーション、安全安心社会の構築のために活用する。上記ミッションを果たすために、計測技術に関する3つのフロンティア開拓を行い、それらを5つの戦略課題で活用した。

3つのフロンティア開拓

1. ハード（機器）
2. ソフト（手法、ソフトウェア）
3. 知識（データ）

5つの戦略課題、

1. ライフイノベーションのための計測分析技術開発
2. グリーンイノベーションのための計測分析技術開発
3. 安全安心のための計測分析技術開発
4. 先端計測分析機器の公開
5. 工業標準（ISO-IEC-JIS）、データベース

平成17年度に新たに1グループを設立後、4月に2グループを1グループに統合し、6月から1グループを新センター設立のために送り出した。平成23年度は、新たに1グループを設立し、現在は9つのグループ（以下 RG と略記）体制で研究を推進している。戦略課題と担当研究グループは下記の通りである。

【重点課題1】 ライフイノベーションのための計測分析技術開発（有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発）：超分光システム開発 RG、光・量子イメージング技術 RG、活性種計測技術 RG、ナノ標識計測技術 RG、イオン化量子 RG

タンパク質の凝集が関係する特定疾患がある。その凝集の初期状態観察や凝集メカニズムを解明するために、計測分析技術開発を実施した。具体的には、凝集するタンパク質の構造解析や定量的評価を目指した、円二色性分光計測技術開発と、凝集体やタンパク質複合体の分析を目指した、超伝導分子検出器を搭載した質量分析技術の開発である。円二色性分光では、生体分子が強い円二色性を示すと期待される、真空紫外域にて、放射光を使わないで円偏光を発生する小型装置の開発を行った。質量分析では、従来のトンネル接合イオン検出器より、100倍程度高速のナノ秒の時間分解能を有する超伝導ストリップイオン検出器開発において、イオン衝突により生じる常伝導領域（ホットスポット）のサイズを実験的に確かめ、イオンの価数によりホットスポットのサイズが異なることを利用して、イオンの価数識別が可能なことを実証した。イオン価数識別能力は、質量/電荷数比が同じになる多価の多量体の分析を可能にすると期待される。

X線やテラヘルツ波を利用した生体イメージングは、癌や成人病などの疾患初期診断として期待される。小型リニアックとレーザーコンプトン散乱を組み合わせた X 線開発と、超短パルス電子ビームを用いたテラヘルツ波光源の開発を実施した。レーザーコンプトン散乱 X 線源では、位相コントラストを使って、マウスの骨粗鬆症検出や、微小欠陥造影に成功した。テラヘルツ波では、X線では観察することができない植物

中の水分分布のイメージングが可能であることを実証した。

生体中ナノ物質のリスク評価に関して、光学顕微鏡で観察して特定した任意の位置を、透過型電子顕微鏡(TEM)で観察するための試料作製法を確立した。また、生体内の動態解析をNMRで行うために、極安定ラジカルによるフッ素標識化合物の合成を進めた。

【重点課題2】グリーンイノベーションのための計測分析技術開発 (多階層制御材料の多角的動的計測・解析技術に関する研究) : 活性種計測技術 RG、ナノ移動解析 RG、光・量子イメージング技術 RG、極微小欠陥評価 RG、不均質性解析 RG、イオン化量子 RG

省エネルギーや創エネルギーに資する電子デバイス等の機能デバイスでは、微量元素が機能発現に重要な役割を果たしている。微量元素を制御することによって様々な機能を発現させることができる。しかしながら、微量元素の中でも、特に、軽元素(究極の軽元素として、格子位置から原子が抜けた空孔を含む)は電子等のプローブ粒子との相互作用が弱く、高分解能電子顕微鏡等をもってしても材料開発に必要な情報を得ることができない場合が多い。具体的事例としては、海水淡水化分離膜、バイオプラスチック、モーター用磁性体、電池材料、ワイドギャップ半導体が挙げられる。これらの機能デバイス開発のために、陽電子計測、過渡吸収、X線回折構造解析、固体NMR、軽元素X線吸収分光等の分光分析と、それらの測定結果の相関解析を行うことにより、グリーンテクノロジー分野において、原子サイズからナノメートルレベルの計測分析技術を開発する。

欠陥解析では、従来測定環境は真空中のみであったが、大気圧下での測定を可能にするために、陽電子を大気圧下に引き出す技術の開発を進めた。軽元素の分析では、今までに測定されて例がない、ワイドギャップ半導体中軽元素ドーパントの測定を可能にするために、超伝導X線検出器を搭載したX線吸収分光装置の開発を進めた。太陽電池や光電変換デバイスの評価のために、電流発生効率を誤差5%以内の精度で定量的評価が可能なシステムを構築した。高熱伝導材料のための有機無機超ハイブリッド材料評価では、ナノ空隙、有機無機界面の状態や配向を明らかにし、易成形性と優れた熱伝導率という相反する機能実現に貢献した。リチウムイオン伝導体については、X線回折で直接測定できない軽元素であるホウ素の位置を、量子化学計算にて補うことにより、構造決定した。バイオプラスチックとしてポリ乳酸ナノコンポジットの溶解延伸、劣化特性について、赤外分光やNMRによる測定から、多摂動相関解析を行い、高分子構造の変化と特性との関係を明らかにした。

【重点課題3】安全安心のための計測分析技術開発(インフラ診断技術の開発) : 構造体 RG、極微小欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG

各種のセキュリティー検査技術は、安全安心社会の実現に必要不可欠である。構造物の安全性確保のために、超音波伝搬を利用した欠陥位置同定や、高エネルギーX線源を用いた非破壊検査技術を開発する。

パルスレーザーにて構造物の表面を走査し、その伝搬映像から、欠陥で反射する超音波が波紋状に広がっていく様子が確認できる。走査の時間軸を逆にして得られる映像に対して、特徴点を追跡するような動画像処理を行い、欠陥からの反射による波紋を検出することで、構造体の欠陥の位置を推定する方法を開発した。

非破壊検査用の超小型X線源の開発を行い、針葉樹型カーボンナノ構造体を用いたバッテリー駆動X線源で、被測定物を回転させながらX線パルスを出して多数のX線透過像を撮り、3次元X線表示できるシステムを試作した。また、福島原発事故によって飛散した放射性物質からの放射線量を半年以上連続して測定でき、随時記録をパソコン等で表示できる携帯型放射線線量計の開発に成功した。

【重点課題4】先端計測分析機器の公開(材料評価のための先端計測及び分析機器開発) : 活性種計測技術 RG、超分光システム開発 RG、極微小欠陥評価 RG、光・量子イメージング技術 RG、ナノ移動解析研究グループ

当部門が有する先端計測分析機器をニーズをもつユーザーに公開した。産業技術総合研究所内60件、所外76件の研究開発支援を実施した。所内の分野別割合は、標準計測分野44%、環境エネルギー分野28%、情報エレクトロニクス分野13%、ナノテク分野8%、ライフ分野7%であった。所外の割合は、企業50%、大学46%、研究開発独立行政法人4%であった。今後、従来水平であった陽電子ビームを垂直に入射させて、試料の自由度を増した陽電子欠陥計測装置と、軽元素のX線吸収分光測定を可能にした、超伝導蛍光収量X線吸収分光装置を、新たに公開予定である。

【重点課題5】工業標準(ISO-IEC-JIS)、データベース(物質の分析・評価技術の開発と標準化) : 構造体診断技術 RG、活性種計測技術 RG、不均質性解析 RG

計測分析技術を広く普及させるためには、工業標準の果たす役割が大きい。ISOについては、AFMプローブ特性計測法、マグネシウム合金中の酸素分析、SIMS用イオン検出器の校正手順、IECについては超伝導センサー標準、JISについては、ジルコニア中のイットリアの化学分析法、カーボンファイバー単繊維の力学特性評価技術について標準化を進めた。

固体 NMR については、スペクトルデータを RIO-DB として整備している。ESR 用の標準試料として、極安定ラジカルを候補として合成を進めた。

外部資金：

経済産業省受託

「ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発」

「日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業（日米先端技術標準化研究協力）」

文部科学省受託

「照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発」

「活性酸素を利用したディーゼルパーティキュレートセンサの開発」

財務省受託

「高出力テラヘルツ波光源を用いた不正薬物・爆発物探知に係る調査研究」

NEDO 受託研究費

「革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）」

「水素貯蔵材料先端基盤研究事業/金属系水素貯蔵材料の基礎研究」

財団等受託研究費

「電子部品・デバイスの内部欠陥をその場で非接触探傷できる革新的レーザ超音波検査装置の開発」

「CNX 冷陰極 X 線管特有真空環境の最適化及び X 線発生装置の開発」

「耐熱・難燃性マグネシウム合金鋳造によるパワートレイン耐熱部材の開発」

科研費補助金

「表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開」

「位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御と物質濃縮への応用」

「超低エネルギーイオン注入によるシリコン半導体極浅接合形成実用化技術の開発」

「光誘起協同現象を用いた超高速光スイッチング手法の開拓」

「デュアルピーク FBG センシングシステムの開発」

「複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究」

「高精度三次元形状・変形計測を実現する高次元情報を生じた時空間位相シフト法の開発」

「指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発」

「大気陽電子顕微鏡の開発」

「準単色 LCS-X 線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究」

「質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析」

「錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明」

「二成分系ガスハイドレートのカージ占有性とゲストホスト間相互作用」

「固体 NMR による固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価」

「加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発」

「強誘電体チューブを用いた単色可変高出力テラヘルツ光源の開発」

「超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム 2D テラヘルツ分光システムの開発」

「レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精度医用イメージング技術の研究」

「コヒーレント放射光を用いたテラヘルツ波電子線分光の研究」

「有機導体の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発」

「糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発」

「気泡核生成制御による超音波化学反応の高効率化に関する研究」

「超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析」

発表：誌上发表155件、口頭発表356件、その他32件

極微欠陥評価研究グループ

(Advanced Defect-Characterization Research Group)

研究グループ長：鈴木 良一

(つくば中央第2)

概要：

先端デバイスや高機能材料の開発では素子や材料中の原子レベル～ナノレベルの欠陥や空隙がその特性に大きな影響を及ぼすため、これらの極微構造を詳しく分析・評価できる技術が望まれている。当研究グループでは高品質の陽電子ビームやイオンビームを発生し、これらを計測プローブとした新しい極微構造評価技術の開発を行っている。

今年度は、陽電子ビームを用いた材料評価技術について電子加速器で発生した高強度短パルス陽電子ビームを用いた新しい物性計測技術として、陽電子マイクロビームを薄膜真空窓を通して大気に取り出し、湿度など環境を変化させた実環境測定が可能なシステムを

開発した。また、陽電子発生用電子加速器の技術を応用して非破壊検査用の超小型 X 線源の開発を行い、針葉樹型カーボンナノ構造体を用いたバッテリー駆動 X 線源で、被測定物を回転させながら X 線パルスを出して多数の X 線透過像を撮り、3次元 X 線表示できるシステムを試作した。また、福島原発事故によって飛散した放射性物質からの放射線量を半年以上連続して測定でき、随時記録をパソコン等で表示できる携帯型放射線量計の開発に成功した。

研究テーマ：テーマ題目 2、テーマ題目 3、テーマ題目 4

超分光システム開発研究グループ

(Super-Spectroscopy System Research Group)

研究グループ長：小池 正記

(つくば中央第2)

概要：

急速に高度化する産業分野、科学技術分野において、従来の分光分析手法の限界を越える性能の実現が必要不可欠になっている。分光法とは、ある軸（変量）に対して物理量（測定法が規定できるもの）の変化を測定する手法で、その分光精度限界の革新的向上、新たな分光軸の追加は、我々が認知、分析できる観測対象の拡大を意味している。先端分析機器開発に必要な不可欠な要素技術として、極低温環境で動作する超高感度の超伝導分光センサーの開発を行うとともに、要素技術を統合した超分光先端分析機器開発を推進する。

生体高分子等のようなナノ粒子と X 線光子といった光量子を観測対象として、二原子分子といった低分子から非共有結合タンパク質複合体のような数 MDa までの広い分子量範囲を分析対象とする。従来の質量分析の原理的制限を越える質量分析性能や、超精密な元素の分離を軟 X 線領域で可能とする光子分光性能を実現する。このような性能を、タンパク質凝集関連疾患の凝集メカニズム解明等に活用する。

今年度は、ライフイノベーション関連の計測分析技術開発において、分子量を一意に決定する超伝導ナノストリップライン分子検出器を開発し、時間精度1ナノ秒以下、検出面積2mm²を達成し、高質量分析精度と高効率検出を達成した。また、先端計測および分析機器として、微量軽元素のナノ構造分析のために蛍光収量 X 線吸収分光システムを開発して装置利用公開を行った。さらに、震災による電力消費削減のため、分散していた計測デバイス作製用クリーンルームを一箇所に集め、面積と消費電力を1/2にする集約化プランを策定して工事を開始した。

研究テーマ：テーマ題目 1、テーマ題目 4

イオン化量子操作研究グループ

(Ionization and Quantum Manipulation Research

Group)

研究グループ長：齋藤 直昭

(つくば中央第2、第5)

概要：

生命現象の源であるナノ物質（タンパク質など）、大気環境中の超微粒子等の物質、先端技術である高機能材料やナノデバイス等のナノ物質の計測・解析・評価技術の研究開発は重要である。その中で、質量分析は、「質量」の計測のみでなく、構造や反応性等の様々な性質の分析と評価が可能であるため、非常に重要な分析方法である。当グループでは、レーザー技術、イオンビーム技術、ソフトイオン化技術等を利用した試料抽出技術やイオン化技術等の質量分析に関する要素技術の研究開発、及び、これら先端的な要素技術から構成される質量分析装置の開発とその応用に関する研究開発を実施している。

今年度は、レーザーイオン化・スパッタ中性粒子質量分析法（SNMS）に関するレーザーイオン化の高感度化とイオンスパッター技術の高精度化、二次イオン質量分析法（SIMS）の高度化に関するクラスターイオンビームの生成制御技術と TOF-SIMS 装置への適用、イオン顕微鏡技術の高度化に関するリアルタイム画像観測装置の開発、位相制御レーザー光を用いた物質制御技術に関するイオン電子同時検出装置の開発、イオン付着イオン化法質量分析に関する分析高機能のための研究開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセス及び計測・解析・評価技術の研究開発を行った。

光・量子イメージング技術研究グループ

(Quantum Radiation Research Group)

研究グループ長：豊川 弘之

(つくば中央第2)

概要：

国民の安全安心、グリーンイノベーション、ライフイノベーションへの貢献を目的として、電子加速器技術をベースにした量子放射ビームの発生と利用研究、および放射線や電磁波を利用した新規計測技術の研究開発を行う。第3期中に、小型加速器を用いた高出力テラヘルツ波の生成と計測手法の実用化を目指す。得られた研究成果は、迅速な研究成果発信や装置公開を通じて産総研やユニットのミッションに貢献する。

今年度は、電子加速器によって発生させた高出力テラヘルツ光源を用いて最大厚さ6cm の紙を透過することを確認するとともに、模擬爆薬や模擬麻薬の高速分光イメージング手法を開発し、封筒内部に隠匿された物質を数分でイメージング識別することに成功した。また、波長の異なる数種類の紫外線を適切な照射光学系によって試料に照射する方法を開発し、高分子材料表面に分散させた高屈折率金属酸化物ナノ粒子の分散

状態を、光電子顕微鏡を用いて画像化することに成功した。さらに、波長140nm以下の真空紫外円偏光を発生するポータブル装置の開発に成功し、これまでより10~100倍程度大きい強度を得た。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目4、テーマ題目6

構造体診断技術研究グループ

(Structural Health Monitoring Research Group)

研究グループ長：津田 浩

(つくば中央第2)

概要：

全視野計測による巨視的な構造物の変形から超音波・AEを利用した材料の微視破壊をモニタリングできる構造体健全性評価システムの研究開発、並びに炭素材料の適用環境における材料特性評価とその評価手法の開発を行っている。

今年度の成果を以下に記す。光ファイバセンサの一種であるファイバ・ブラッグ・グレーティング(FBG)を用いたひずみ・AE同時計測システムを開発し、炭素繊維強化プラスチック製圧力容器の耐圧試験におけるひずみ・AE計測に適用した。FBGセンサを用いて、従来AE計測に多用されている圧電センサと同様なAE挙動を検出することができ、さらにひずみ計測も同時に行えることを実証した。また超音波可視化探傷において画像処理から欠陥位置を自動認識する技術開発を行い、35cm四方の平板に設けた長さ0.5mmのスリット欠陥を1mm以下の精度で検出することができた。工業用カーボン材料の使用環境である高温物性の計測では、カーボン材料が塑性変形する超高温域での引張クリープ試験を実施し、クリープ速度と高温強度の支配因子を探索した。クリープ速度は結晶構造の歪みの影響を受け、高温強度は細孔径分布に依存した。炭素繊維の単繊維による材料力学的特性評価では、ねじり試験と90度圧縮試験方法を確立するため、試験条件がせん断弾性率と圧縮強度に及ぼす影響の調査を開始した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

活性種計測技術研究グループ

(Active State Technology Research Group)

研究グループ長：中村 健

(つくば中央第2、第4、第5)

概要：

薄膜とこれに関わる表面・界面は典型的なナノ材料であり、機能性素子の要素として現代社会の基盤である種々の大規模システムを構築している。当グループでは、反応性の高い活性種が重要な役割を果たすこれらナノ材料及びその作製プロセスに関わる計測・解析・評価技術の研究開発を進めている。前者に関して

は、光や電子、イオンなどのプローブによってナノ材料から選択的・特異的に発生する信号を高感度・高精度に検出・分析・評価する分光法・光学的手法、質量分析法、各種顕微鏡法の分野で研究開発を進めている。後者に関しては、真空中に代表されるよく制御された空間におけるナノ材料作製プロセスの巨視的・微視的状态をモニターする計測・解析・評価技術の研究開発を進めている。

特に今年度は、透過型電子顕微鏡(TEM)を用いたナノ物質のリスク評価、時間分解分光法の一つである過渡吸収分光法による太陽電池材料界面の分析・評価と同分光法をイメージング測定へ展開するための要素技術の開発、原子間力顕微鏡(AFM)等の走査プローブ顕微鏡(SPM)や二次イオン質量分析法(SIMS)による表面分析の高精度化を目指した標準化の研究、水晶振動子を用いたナノ材料プロセス中の分圧計測技術の開発、及び関連する表面・界面・薄膜のプロセス及び計測・解析・評価技術の研究開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目5

ナノ移動解析研究グループ

(Nano-Dynamics Analysis Research Group)

研究グループ長：後藤 義人

(つくば中央第5)

概要：

次世代産業における有望な材料の研究開発あるいは化学物質の安全安心な取扱い指針の確立のため、固体NMR(核磁気共鳴)、X線結晶構造解析等の手法を中心に、主に固体の化学結合状態、原子配列・分子配向状態の解析および相の同定に関する高度な計測解析評価技術を用いて、物質の重要な知見である構造・状態変化、イオン・分子種の移動現象の機構解明などを目的とした研究をおこなっている。とりわけ、環境・エネルギー分野において重要な次世代高性能エネルギー材料の開発のために、結晶構造、イオンの拡散機構および構造相転移等の現象を正確に評価する基盤技術の開発および知識の体系化を進めており、グリーンイノベーションの創出に向けた貢献を目指している。さらに、軽元素含有材料の結晶構造あるいは状態変化について、実験データを基に定量的に評価あるいは予測するために計算化学、統計科学の利用開発を目指した研究では、温度・圧力変化による構造変化を分光測定、X線回折測定等を用いてDFT計算ならびにMD計算によって推定する手法の構築を進めている。

今年度は、固体NMRによる酸触媒機能の評価手法の確立を目指し、無溶媒による塩基性プローブ分子の導入の開発を進めた。また、軽元素含有材料の結晶構造解析法の開発を目指し、粉末X線回折と量子

化学計算を活用してリチウムイオン伝導体中のリチウムイオンの拡散機構の推定を行った。

研究テーマ：テーマ題目2

不均質性解析研究グループ

(Inhomogeneity Analysis Research Group)

研究グループ長：兼松 渉

(中部センター)

概要：

非石油由来の高分子材料や排ガス浄化用触媒材料などグリーンイノベーションに資する新材料およびそのプロセスの設計指針を明らかにするために、系統的な計測とそのデータの解析により新知識の獲得・体系化を図る。具体的には、材料機能発現のために意図的に導入された不均質性（例えば、マトリクス中に分散されたナノ粒子の分散・化学結合状態などの空間ゆらぎや結晶構造の場所による違いなど）に注目し、これらと材料機能との間の関係を定量的に記述することを目指す。研究手段としては、分光学的手法等を用いて原子・分子レベルからサブミリサイズまでの異なるスケールでの計測を行い、各種統計理論などによる解析を行って、どのスケールの因子が他の因子とどのように関連しながら機能発現を支配しているかを明らかにする。

今年度は相関解析理論に基づいて異なるスケールでの計測データ間の関係を明らかにするヘテロ相関解析手法をナノクレイ分散ポリ乳酸材料の熱機械的特性の解析に適用し、分子レベルの情報（結晶相の増加）がマクロ特性の向上（加熱下での伸びの現象）の原因となることつきとめることができた。また一部の計測手法については JIS/ISO 等の工業標準提案に向けたデータ整備のための基盤的研究を行い、本年度は転動部材用窒化ケイ素の転動疲労試験手法について ISO 規格の照会原案（DIS）承認を得るとともに、マグネシウム中不純物酸素の分析手法については ISO の新業務項目（NWIP）として提案した。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5

ナノ標識計測技術研究グループ

(Nanolabelling and Measurement Research Group)

研究グループ長：小野 泰蔵

(中部センター)

概要：

ナノテクノロジーの健全な発展を促すため、ナノ物質についての適切な計測評価技術の開発を行い、ナノ物質の生体安全性に関する基礎的データを取得することを目的としている。具体的には、産業界で大量に使用されることが想定されるカーボンナノチューブ（CNT）類やフラーレン類などのナノ物質を研究の中心課題としている。こうしたナノ物質は、従来の有

機化合物や無機化合物の概念の中間的な性質を有しており、これまでの一般的な計測手法では生体内に取り込まれた状態で計測することは極めて難しく、有効な生体内分布計測手法が存在しない。当研究グループでは、ナノ物質を感度良く測定するためのナノ標識手法を開発し、動物へ暴露したときの生体内移行性を含めた動態解析を行うとともに主要臓器へのナノ物質の生体影響評価を行うための生体イメージング手法の開発研究を行う。また、ナノ物質の分散化、分析、分級、標品調製などのナノ物質評価を支援する基礎技術開発も同時に進める。

今年度は、平成21年度～平成22年度にかけて約400種の化粧品用界面活性剤から見出した CNT 分散剤について構造活性相関を詳細に調べ、SWCNT の種類によって界面活性剤の構造と分散性能の関係が異なることを見出した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5

[テーマ題目1] 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

[研究代表者] 小池 正記

(計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 浮邊 雅宏、高橋 勝利、志岐 成友、柏谷 裕美、全 伸幸、小池 正記、田中 真人、豊川 弘之、小野 泰蔵、早川 由夫、太田 一徳、山本 和弘、井藤 浩志、藤原 幸雄、齋藤 直昭、中村 健（常勤職員16名）

[研究内容]

社会的に関心の高い有機又は生体関連物質等ナノ物質を評価するために、飛行時間型質量分析法による分子量測定、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、分子イメージング等、以下の計測技術の開発を行った。

- 1) 分子量を一意に決定する超伝導ナノストリップライン分子検出器開発において、時間精度1ナノ秒以下、検出面積2mm を達成し、高質量分析精度と高効率検出を達成した。
- 2) 放射光を使わないで、波長140nm 以下の真空紫外円偏光を発生する小型装置の開発を行い、140nm 以下において従来よりも10～100倍程度大きい強度を得ることに成功した。
- 3) カーボンナノチューブ（CNT）用フッ素標識プローブの作成と CNT の水分散について検討した。（6回回転対称軸で関係づけられた CF₃基を6個有する）フッ素標識プローブの合成経路を種々探索したが、目的達成には至らず、さらなる検討が必要と判明した。一方 CNT の水分散については、超音波により、室温で1年間沈殿を生じない1mg/mL 以上の高濃度 CNT 分散液の調製に成功した。
- 4) 各種顕微鏡による分子イメージング計測技術に関し

ては、特にナノ粒子の生体内での形状や挙動の解明に透過型電子顕微鏡（TEM）による観察を適用する評価手法の開発を進め、ナノ粒子の生体への有害性やリスク評価に関する基礎データの収集を進めた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 質量分析、TOF-MS、MALDI、ESI、生体分子、超伝導デバイス、円二色性、真空紫外、円偏光、透過型電子顕微鏡、TEM

〔テーマ題目2〕 多階層制御材料の多元的動的計測・解析技術に関する研究

〔研究代表者〕 鈴木 良一

（極微欠陥評価研究グループ）

〔研究担当者〕 鈴木 良一、鈴木 淳、永井 秀和、大村 英樹、齋藤 直昭、中村 健、古部 昭広、松崎 弘幸、後藤 義人、林 繁信、山脇 浩、藤久 裕司、竹谷 敏、小島 奈津子、兼松 渉、丸山 豊、新澤 英之、木野村 淳、大島 永康、大平 俊行、豊川 弘之、渡辺 一寿、安本 正人、池浦 広美、小川 博嗣、小池 正記、田中 真人、山内 幸彦、本田 一匡

（常勤職員29名、他1名）

〔研究内容〕

有機・無機の不均質物質からなるナノ・マクロ多階層制御材料は、今後、様々な産業分野における実用化が予測されるが、本課題ではこれらの材料の開発に必須となる、多元的な計測手法によって得られたデータを統合的に解析する技術の開発を行う。そのために、本年度は、当部門の独自のナノ構造等計測技術を高度化するため以下の要素技術の開発を進めるとともに、複数の計測データを統合的に解析する手法の適用可能性を検討した。1) レーザー過渡吸収分光法を駆使した光機能ナノ材料、デバイスにおける機能発現および材料劣化機構に関する評価手法開発では、光機能ナノ材料等の分析のために、3500nm の長波長領域まで、レーザー過渡吸収分光法観測を実現した。2) 光電子顕微鏡については試料励起光源最適化による無機粒子分散材料の評価技術開発を行い、光電子顕微鏡を用いて無機粒子分散材料の画像化に成功した。3) 陽電子マイクロビームによるナノ材料の原子～ナノ空隙の空間マッピング技術開発では、陽電子ビームを真空から取り出し、深さ方向でナノメートルからマイクロメートルの範囲の原子～ナノ空隙の空間分布測定ができることを実証した。4) 塩基性プローブ分子による界面領域の酸触媒機能評価のための固体 NMR 測定技術開発では、無溶媒による塩基性プローブ分子導入法を開発し、ゼオライトを対象として酸触媒機能評価のための固体 NMR 用測定技術確立に成功した。5) 各種マッ

プ情報の特徴を抽出する空間相関解析手法の開発では、粒子分散材料の特性に大きく影響する分散粒子の異方性を空間相関解析により数値化することに成功した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 多元的計測、レーザー過渡吸収、固体 NMR、光電子顕微鏡、陽電子ビーム、相関解析

〔テーマ題目3〕 インフラ診断技術の開発

〔研究代表者〕 津田 浩

（構造体診断技術研究グループ）

〔研究担当者〕 岡部 秀彦、卜部 啓、宮内 秀和、永井 英幹、山本 哲也、遠山 暢之、李 志遠、鈴木 良一、豊川 弘之（常勤職員10名）

〔研究内容〕

本課題では構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発することを目標とし、具体的には超音波探傷装置や可搬型 X 線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。本年度は以下の研究を行った。1) 超音波を利用した非破壊技術の改良を目指して開発されたコンパクトな光ファイバセンサ AE（アコースティック・エミッション）検出システムを用いて複合材料構造物の連続 AE 計測に成功し、同システムの有効性を検証した。また超音波伝搬状況を映像化する技術については動画処理を施すことでサブミリサイズの欠陥の自動認識に成功した。2) X 線を利用した非破壊検査技術については可搬型 X 線システムの技術を応用し、ボタン電池で2カ月以上の電池寿命を持ち福島原発事故で飛散したセシウム等からの放射線被曝を測定可能な携帯型放射線量計を開発した。また省電力高圧電源を開発し乾電池駆動で200keV 以上の X 線の発生を可能にするとともに3次元画像表示システムを構築した。3) 陽電子を利用した非破壊検査については実験施設が震災の影響により破損したが、所定の性能の70%まで復旧させ、光子誘起陽電子消滅法に関して、寿命測定を行う計測系を開発した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 光ファイバセンサ、超音波可視化探傷、アコースティック・エミッション、放射線量計、光子誘起陽電子消滅

〔テーマ題目4〕 材料評価のための先端計測及び分析機器開発

〔研究代表者〕 齋藤 直昭

（イオン化量子操作研究グループ）

〔研究担当者〕 志岐 成友、全 伸幸、浮辺 雅宏、小池 正記、永井 秀和、藤原 幸雄、大村 英樹、中村 健、野中 秀彦、

大島 永康、木野村 淳、
オローク ブライアン、鈴木 良一、
大平 俊行、黒田 隆之助、田中 真人、
清 紀弘、豊川 弘之（常勤職員18名）

【研究内容】

新たな産業の創出と発展を先導するための先端計測や分析機器の開発と、オープンイノベーション通じた社会への貢献のための装置利用公開を目的として、本年度は下記の研究を行った。

- 1) 微量軽元素のナノ構造分析のために蛍光収量 X 線吸収分光システムを開発して装置利用公開した。超伝導トンネル接合型素子の開発においては、20eV を切るエネルギー分解能を達成し、素子の面積化とアレイ化を行った。これにより、先端半導体材料等の機能発現に重要な微量軽元素不純物 (B, C, N, O など) のナノスケール局所情報の計測が可能となった。
- 2) 表面・界面・薄膜等の有機ナノ材料を、高い空間分解能かつ低損傷で分析するための二次イオン質量分析装置 (SIMS) の開発に於いて、試料励起用の巨大クラスターイオンビームを目標とする性能 (電流値 >10nA) で安定に生成することに成功した。また、このクラスターイオンビーム源と飛行時間式質量分析部 (TOF-MS) から構成される SIMS 装置を構築して検証実験を開始した。
- 3) 新設の陽電子ビームラインの装置立ち上げ・調整を行い、短パルス化及びマイクロビーム化が可能で陽電子ビームを試料に対して垂直方向から入射できる陽電子ビームラインを完成させた。陽電子発生用電子加速器は、震災による故障によりビーム加速はできなかったが、修理の目途を付けるとともに、既存の加速器を稼働させて IBEC にて装置利用公開を再開した。陽電子発生用電子加速システムの省エネ化のために電源や制御系の再構築設計を行った。
- 4) 高精細な X 線画像を取得するために LCS-X 線の平均輝度を高めた。具体的には、再生増幅器型レーザー共振器を構築して3 J/pulse のエネルギー蓄積を実証した。また、超短パルス電子線を発生する電子加速器を用いて高帯域コヒーレントテラヘルツ波を発生し、物質の透過度を測定した。模擬麻薬や模擬爆薬のテラヘルツ透過分光スペクトルを測定するとともに、検波器を用いた簡易分光イメージングに成功した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】 蛍光 X 線、超伝導検出器、クラスターイオン、質量分析、陽電子、電子加速器、テラヘルツ、X 線

【テーマ題目5】物質の分析・評価技術の開発と標準化

【研究代表者】 兼松 渉（不均質性解析研究グループ）

【研究担当者】 岩下 哲雄、森川 久、小野 泰蔵、
柘植 明、兼松 渉、山内 幸彦、

井藤 浩志、野中 秀彦、藤原 幸雄、
鈴木 淳、中村 健（常勤職員11名）

【研究内容】

本課題では、物質の分析・特性評価に必要な計測技術の研究及び標準化を行う。本年度は、以下の研究開発を進めるとともに、規格発行に向けた国内外の関係者との意見調整などを行った。1) 高温物性計測装置等が震災による損傷を受け、点検修理が大電力装置の使用制限により遅れたものの、データ取得が可能な状態まで復帰させることができた。2) 極安定ラジカルが有機溶媒系での ESR 計測用内部標準として使用できることを確認した。3) マグネシウム地金、合金中酸素分析手法の規格案を ISO 専門委員会に新規提案した。窒化ケイ素の転動疲労特性評価は最終国際規格案の審議に入った。4) 表面化学分析については、固体表面の構造や形状の評価手法である走査プローブ顕微鏡 (SPM) や同じく組成の評価手法である二次イオン質量分析法 (SIMS) の測定精度向上のための標準化に向けた研究基盤の構築を行なった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】 高温物性計測、極安定ラジカル、ESR、酸素分析、転動疲労、走査プローブ顕微鏡、SPM、二次イオン質量分析法、SIMS

【テーマ題目6】小型蛍光 X 線顕微鏡システムに関する民間企業との共同研究加速

【研究代表者】 安本 正人

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 安本 正人（常勤職員1名）

【研究内容】

蛍光 X 線分析技術は、非破壊、非侵襲などの特徴を持った技術で、微量の有害物質などを高感度に分析技術として、現在でも広く利用されている。本課題においては、いままで放射光 X 線分野で培ってきた X 線集光技術を小型 X 線装置と組み合わせることによって、微小領域での微量分析が可能な小型 X 線顕微鏡システムの開発を民間企業と共同して行うことを研究目標としている。平成23年度は、顕微鏡システムの中で重要な X 線集光部及び蛍光 X 線計測部についてシステム開発を行った。具体的には、X 線キャピラリー集光光学素子を用いて、X 線管の光源サイズと比較して1/5倍程度の縮小集光スポットの開発に成功した。同時に、集光部分での光量としては、集光しない場合に比べて4倍程度の利得があることが分かった。この集光システムを利用して、Mo 管球からの X 線を標準試料である SUS316に照射して、得られる蛍光 X 線を SSD 半導体検出器を用いて、元素分析したところ、Fe, Cr Ni, Mn などの金属元素が明瞭に分析できた。これらの結果によって、小型蛍光 X 線顕微鏡システムを開発していく上でのモデル実験装

置が完成したので、今後は企業との連携をさらに深めて、研究開発を強力に推進する。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】蛍光 X 線、X 線集光素子、半導体検出器

⑤【計量標準管理センター】

(Metrology Management Center)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3-9

人員：30名(21名)

概要：

計量標準は円滑な国際通商を実現するために不可欠であり、さらに産業技術や研究開発の技術基盤であるとともに、環境・安全を評価するための技術基盤を与えるなど、国民の生活に密着したものである。

社会に必要とされる計量標準を的確に把握してその整備・普及の方向性を見出し、標準の供給を的確に行うとともに、計量標準に係わる活動の成果を社会に広く普及していく役割を担っている。

機構図(2012/3/31現在)

[計量標準管理センター]

センター長 千葉 光一

総括主幹 金田 重保

[計量標準計画室]

室長 加藤 英幸 他

[標準供給保証室]

室長 岸本 勇夫 他

[標準物質認証管理室]

室長 小林 慶規 他

[国際計量室]

室長 藤間 一郎 他

[計量研修センター]

センター長 根田 和朗 他

計量標準計画室 (Metrology Planning Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

計量標準の開発や供給を通じて産業界や社会のイノベーションを促進させるため、研究実施部門と密接に連携して、計量標準整備計画の策定、維持、改善を図るとともに、講演会や成果発表会などの開催、報告書・技術資料の発行などを通して、新しい計量標準に関する研究成果の発信を行っている。

また、計量標準に係る活動内容や研究成果などを広く普及するため、産技連知的基盤部会、NMIJ 計測クラブ、計測標準フォーラムなどと連携し、NMIJ ホームページ、展示会出展、パンフレット等、様々な形態

の広報・啓発普及活動の企画運営を行っている。

標準供給保証室 (Metrology Quality Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

産総研の成果である多岐にわたる物理系計量標準の供給事務(申請書受付、証明書発行など)を一元的に行うとともに、その信頼性を保証するために必要な ISO/IEC17025、ISO/IEC ガイド65に基づいた品質システムの支援業務を行う。

標準供給業務としては、次のものがある。

- ・特定計量器の検定、比較検査、基準器検査
- ・特定計量器の型式承認試験
- ・特定二次標準器の校正
- ・特定副標準器の校正
- ・技能試験参照値の付与
- ・研究開発品の頒布
- ・その他計量に係わる試験・校正サービス

標準物質認証管理室 (Reference Materials Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

産総研において研究開発された標準物質の頒布に関する事務を行うとともに、その品質を保証するために必要な ISO ガイド34、ISO/IEC17025に基づいた品質システムの支援業務を実施している。主な業務としては、標準物質の認証のための業務(標準物質認証委員会の開催、標準物質認証書の発行等)、標準物質の該当法規に従った安全な管理、標準物質の頒布業務、標準物質に関わる技術相談、ホームページやカタログ配布等による標準物質関連情報のユーザーへの発信などがある。

国際計量室

(International Metrology Cooperation Office)

(つくば中央第3-9)

概要：

計量標準・法定計量に関わる国際戦略策定の取りまとめ。国際メートル条約、及び国際法定計量条約に関係する各種国際会議・委員会・作業委員会(国際度量衡委員会、国際法定計量委員会等)への対応。国際相互承認(CIPM MRA、OIML MAA)への対応。計測標準研究部門が参加する国際比較等の支援・管理。二国間 MoU に基づく国際活動の取りまとめ。途上国支援のための JICA プロジェクト等の管理。途上国向け技術研修の受入支援。国際機関事務局(APMP 及び APLMF)との連絡・調整などを実施している。

計量研修センター (Metrology Training Center)

(つくば中央第1)

概要：

計量研修センターは、都道府県・特定市の計量行政公務員の研修及び民間の計量技術者に対して、一般計量士、環境計量士の資格付与などのため、一般計量関係及び環境計量関係の教習を企画・実施する研修機関である。前身は、1952年に当時の通商産業省傘下に創設された計量教習所で、2001年に独立行政法人化し、産総研に合流した。

年間約700人の研修生を迎えて一般計量教習、一般計量特別教習、環境計量特別教習、短期計量教習、環境計量講習（濃度、騒音、振動関係）、及び計量行政公務員のための特定教習などを企画し実施している。

また、計測技術者向けの技術研修などを実施している。

業務報告データは、計量標準総合センターの業務報告データに記載。

⑥【計量標準総合センター】

(National Metrology Institute of Japan)

所在地：〒305-8563 つくば市梅園1-1-1 中央第3

概要：

産業技術総合研究所内の計測標準研究部門と計量標準管理センターの2つの部署等を一括して、計量標準総合センター（National Metrology Institute of Japan：NMIJ）と総称している。計量標準総合センターは、この2部署等が互いに連携を取りながら、経済産業省が企画立案する政策のもと、計量標準や計測分析技術に関する先導的な研究開発を行っていくとともに、質の高い標準供給を行い、我が国のトレーサビリティ制度と法定計量制度の発展に貢献をしている。また、計量標準総合センターは、外部からは産総研の計量に関わる活動の中核的な組織として位置付けられ、国際的にはメートル条約などにおいて日本の代表機関として位置付けられている。

計量に関わる活動を円滑かつ確実に実施するため、計量標準総合センター運営委員会（事務局：計量標準計画室）及びその下部委員会である物理標準分科会、化学標準分科会、法定計量分科会を、それぞれ定期的に開催している。

具体的な、主な活動は以下の通りである。

- 1) 標準整備計画に基づく、既存の計量標準の維持・改善と新しい標準の研究・開発
- 2) 高品質な標準の供給、共同研究・技術指導、広報・啓発活動等による成果の普及
- 3) 計量標準の需要動向の調査と、それに基づく標準整備計画や研究課題への反映
- 4) メートル条約、OIML 条約などの国際条約に基づく活動（計量標準の国際相互承認 [MRA]、各国の国家計量標準機関 [NMI] との研究協力・技術

協力など)

5) 計量や計測に関する人材の育成

6) 計量法に基づく計量器の型式承認、基準器検査等

関連組織（2012/3/31現在）

[計量標準総合センター] 代表 三木 幸信

[計測標準研究部門]

部門長 三木 幸信 他

[計量標準管理センター]

センター長 千葉 光一 他

2011年度特記事項

東日本大震災発生（3.11）に伴い、東京電力福島第一原子力発電所の事故により放射性物質が大気中に放出されたことで、「放射線計測の信頼性について」の問い合わせを受ける窓口が設置され、その業務に従事した。また、測定に関する講習会・セミナーが頻繁に開催された。

業務報告データ

・計量標準総合センター全体会合 1回

（1月4日）

・計量標準総合センター運営委員会 37回

・第3期中期計画における2010年度の計量標準整備種類数 5

・2011年度供給開始標準項目

物理標準 1、標準物質 17

・ピアレビュー及び ASNITE-NMI 認定審査

技術ピアレビュー・ASNITE-NMI 認定の合同審査を通じて、4分野での校正サービス・標準物質供給について認定を取得・継続した。

・JCSS 審査等への技術専門家の派遣

延べ118件、技術専門家の派遣を実施した。

・講演会等 7回

1. 食総研・産総研ジョイントシンポジウム2011「その分析値は信頼できますか？—食品分析における標準物質・技能試験—」（NMIJ、(独) 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所主催、フード・フォーラム・つくば 後援）7月14日 日本教育会館 東京

2. NMIJ 標準物質セミナー2011「確かな分析に必要な標準物質」（NMIJ 主催）9月8日 幕張メッセ

3. 「放射線計測の信頼性」ワークショップ（NMIJ 主催）9月9日 幕張メッセ

4. 産総研オープンラボ「計測標準研究部門による講演会」10月14日 産総研つくばセンター

5. 計測標準フォーラム第9回講演会（計測標準フォーラム主催、産総研 NMIJ 協賛）11月4日 大田区産業プラザ PiO

6. APMP2011シンポジウム「ナノテクノロジーと材料の計量・計測、— Nanotechnology and Material Metrology —」（NMIJ、アジア太平洋計量計画

研 究

- (APMP) 主催) 12月6日 神戸国際会議場
7. 計量標準総合センター2011年度成果発表会 1月26日～27日 産総研つくばセンター共用講堂
- ・技能試験
1. LED・照明用光源の測光量測定技能試験
7月25日～3月26日、産総研を含む4社
2. NMIJ 分析技能向上支援プログラム「バリデーションと不確かさ評価のための技能試験」－第4回：玄米中無機元素分析－9月13日～11月18日、参加者133名

- ・主なイベント参加
1. 「NCSL International 2011」ブース出展 8月21日－24日 米国 Gaylord National Convention Center
2. 「分析展2011」出展 9月7日－9日 幕張メッセ
3. 「計測展2011」ブース出展 11月16日－18日 東京国際展示場
- ・出版物発行 1回
1. 産総研計量標準報告 Vol. 8No. 3発刊 (2011. 9)

①物理標準

最上位に位置する国の計量標準の設定・維持・供給という責務を果たすため、さまざまな量に対する国の計量標準を整備して、計量・計測器の校正・試験、標準物質の頒布といった形で利用者への標準供給サービスを行っている。

法定計量

	種 類	受理個数	検査・試験個数	不合格個数	不合格 (%)
イ	検定	0	0	0	-
ロ	型式承認	153	149	11	7.4
ハ	基準器検査	3,135	3,075	24	0.8
ニ	比較検査	13	13	1	7.7

校正・試験等

	種 類	受理個数	校正・試験個数
ホ	特定標準器による校正 (特定二次標準器)	379	402
へ	依頼試験	610	600
	依頼試験(特殊)・技能試験用校正	11	10
	特定標準器による校正 (特定副標準器)	29	26
	OIML 適合性試験	24	27
ト	研究開発品	8	8

イ、検 定

当所で現在行われている計量法に基づいた検定業務は、精度の極めて高いものと高度の検定設備能力を必要とするものなどの機種だけがその対象となっている。

種 類	項 目		受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所					
ガラス製温度計	つくばセンター		0	0	0	-
	関西センター		0	0	0	-
総 計			0	0	0	-

ロ、型式承認

計量器の構造（性能及び材料の特性を含む。）をあらかじめ十分に試験して、一定の基準に適合するものに「型式の承認」を与え、同一構造のものについては、その後の計量器の検定に際し、構造の検定を省略（一部残るものもある）し、検定の適正化と効率化を図る制度である。

種 類	項 目 実施場所	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)	
		新規	追加	計					
タクシメーター	つくばセンター	1	0	1	0	0	0	-	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	合 計	1	0	1	0	0	0	-	
質量計	非自動ばかり	つくばセンター	13	34	47	44	42	2	4.5
	関西センター	0	6	6	6	6	0	0.0	
	合 計	13	40	53	50	48	2	4.0	
温度計	ガラス製体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	抵抗体温計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	9	1	10	10	9	1	10.0
		小 計	9	1	10	10	9	1	10.0
合 計	9	1	10	10	9	1	10.0		
体積計	水道メーター	つくばセンター	6	9	15	23	18	5	21.7
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	6	9	15	23	18	5	21.7
	温水メーター	つくばセンター	0	3	3	1	0	1	100.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	3	3	1	0	1	100.0
	燃料油メーター	つくばセンター	1	0	1	1	1	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
	液化石油ガスメーター	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	ガスメーター	つくばセンター	1	8	9	4	4	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	1	8	9	4	4	0	0.0
合 計	8	20	28	29	23	6	20.7		
圧力計	アネロイド型圧力計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	アネロイド型血圧計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	7	21	28	26	26	0	0.0
小 計	7	21	28	26	26	0	0.0		
合 計	7	21	28	26	26	0	0.0		
熱量計	積算熱量計	つくばセンター	3	0	3	2	2	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		合 計	3	0	3	2	2	0	0.0
騒音計	普通騒音計	つくばセンター	2	0	2	3	3	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	2	0	2	3	3	0	0.0
	精密騒音計	つくばセンター	4	0	4	5	5	0	0.0
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
小 計	4	0	4	5	5	0	0.0		
合 計	6	0	6	8	8	0	0.0		
照度計	つくばセンター	4	0	4	4	2	2	50.0	
	関西センター	0	0	0	0	0	0	-	
	合 計	4	0	4	4	2	2	50.0	

研 究

種 類	項 目 実施場所	受 理 個 数			試 験 個 数	承 認 個 数	不承認 個 数	不承認率 (%)	
		新規	追加	計					
濃度計	ジルコニア式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0
		小 計	1	0	1	1	1	0	0.0
	溶液導電率式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	磁気式酸素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	2	1	3	3	3	0	0.0
		小 計	2	1	3	3	3	0	0.0
	紫外線式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	紫外線式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
		関西センター	0	0	0	0	0	0	-
		小 計	0	0	0	0	0	0	-
	非分散型赤外線式二酸化硫黄濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-
関西センター		2	1	3	3	3	0	0.0	
小 計		2	1	3	3	3	0	0.0	
非分散型赤外線式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	1	1	2	2	2	0	0.0	
	小 計	1	1	2	2	2	0	0.0	
非分散型赤外線式一酸化炭素濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	2	1	3	3	3	0	0.0	
	小 計	2	1	3	3	3	0	0.0	
化学発光式窒素酸化物濃度計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	1	0	1	1	1	0	0.0	
	小 計	1	0	1	1	1	0	0.0	
ガラス電極式水素イオン濃度検出器	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	3	1	4	4	4	0	0.0	
	小 計	3	1	4	4	4	0	0.0	
ガラス電極式水素イオン濃度指示計	つくばセンター	0	0	0	0	0	0	-	
	関西センター	3	0	3	3	3	0	0.0	
	小 計	3	0	3	3	3	0	0.0	
合 計			15	5	20	20	20	0	0.0
合 計	つくばセンター		35	54	89	87	77	10	11.5
	関西センター		31	33	64	62	61	1	1.6
総 計			66	87	153	149	138	11	7.4

ハ、基準器検査

計量器の構造、修理などの事業を行う者及び計量関係行政機関等が、検定、定期検査、立入検査などを行う場合には、その標準として基準器検査に合格して基準器検査成績書が交付された基準器を用いることになっている。基準器検査の対象機種の大半については当所が検査を行っており、これらの業務は計量法に基づいて行う重要な標準供給業務となっている。なお、基準器検査は検定手数料の関係から次の二つに大別される。

(1) 手数料を徴収する検査（計量器メーカー等が使用するもの）

(2) 手数料を伴わない検査（計量行政機関等が使用するもの）

種 類	項 目	実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
長さ	基準巻尺	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	24	23	0	0.0
		合 計	24	23	0	0.0
質量基準器	基準手動天びん	つくばセンター	67	69	0	0.0
		関西センター	140	134	3	2.2
		小 計	207	203	3	1.5
	基準台手動はかり	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	1	1	0	0.0
		小 計	1	1	0	0.0
	基準直示天びん	つくばセンター	4	4	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	4	4	0	0.0
	特級基準分銅	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	1,611	1,579	2	0.1
		小 計	1,611	1,579	2	0.1
合 計			1,719	1,748	5	0.3
温度基準器	基準ガラス製温度計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	509	509	7	1.4
		合 計	509	509	7	1.4
体積基準器	基準フラスコ	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	26	24	0	0.0
		小 計	26	24	0	0.0
	基準ビュレット	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	6	2	0	0.0
		小 計	6	2	0	0.0
	基準ガスメーター	つくばセンター	64	62	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	64	62	0	0.0
	基準水道メーター	つくばセンター	56	44	1	2.3
		関西センター	0	0	0	-
		小 計	56	44	1	2.3
基準燃料油メーター	つくばセンター	63	63	0	0.0	
	関西センター	0	0	0	-	
	小 計	63	63	0	0.0	
基準タンク	つくばセンター	116	119	3	2.5	
	関西センター	0	0	0	-	
	小 計	116	119	3	2.5	
基準体積管	つくばセンター	29	32	1	3.1	
	関西センター	0	0	0	-	
	小 計	29	32	1	3.1	
合 計			360	346	5	1.4

研 究

種 類	項 目		受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所					
密度基準器	基準密度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	5	5	0	0.0
		小 計	5	5	0	0.0
	液化石油ガス用 浮ひょう型密度計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	62	62	1	1.6
		小 計	62	62	1	1.6
合 計			67	67	1	1.5
圧力基準器	基準液柱型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	56	55	0	0.0
		小 計	56	55	0	0.0
	基準重錘型圧力計	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	108	110	1	0.9
		小 計	108	110	1	0.9
合 計			164	165	1	0.6
騒音	基準静電型マイクロホン	つくばセンター	15	15	1	6.7
		関西センター	0	0	0	-
		合 計	15	15	1	6.7
振動	基準サーボ式ピックアップ	つくばセンター	5	5	0	0.0
		関西センター	0	0	0	-
		合 計	5	5	0	0.0
濃度	基準酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	71	61	0	0.0
		合 計	71	61	0	0.0
比重基準器	基準比重浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	94	94	2	2.1
		小 計	94	94	2	2.1
	基準重ボーマ度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
		関西センター	3	3	2	66.7
		小 計	3	3	2	66.7
合 計			97	97	4	4.5
合 計		つくばセンター	419	413	6	1.5
		関西センター	2,716	2,662	18	0.7
総 計			3,135	3,075	24	0.8

ニ、比較検査

比較検査は、検定と同様に合否の判定を行うが、具体的な器差を明らかにして成績書を交付し、精密な計量に奉仕する制度である。

種 類	項 目	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	実施場所				
酒精度浮ひょう	つくばセンター	0	0	0	-
	関西センター	13	13	1	7.7
合 計		13	13	1	7.7

ホ、特定標準器による校正試験

特定標準器による校正(特定二次標準器)

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01. 長さ	3	0	3	3	0	3
光周波数コム装置	3	0	3	3	0	3
02. 幾何学量	1	0	1	1	0	1
ロータリーエンコーダ	1	0	1	1	0	1
03. 時間	125	0	125	126	0	126
周波数発振器	125	0	125	126	0	126
04. 質量	82	0	82	82	0	82
標準分銅	82	0	82	82	0	82
05. 力	0	0	0	5	0	5
実荷重式、こうかん式又は油圧式力基準機	0	0	0	5	0	5
06. トルク	6	0	6	6	0	6
参照用トルクメータ	2	0	2	2	0	2
参照用トルクレンチ	4	0	4	4	0	4
07. 圧力	8	0	8	8	0	8
ピストン式重錘型圧力標準器	8	0	8	8	0	8
09. 真空	1	0	1	1	0	1
粘性真空計	1	0	1	1	0	1
10. 流量	10	0	10	15	0	15
ISO型トロイダルスロート音速ノズル	0	0	0	6	0	6
石油用流量計	8	0	8	7	0	7
液体流量校正装置	2	0	2	2	0	2
14. 音響	10	0	10	9	0	9
標準マイクロホン	10	0	10	9	0	9
16. 振動加速度	4	0	4	5	0	5
レーザ干渉式振動測定装置	2	0	2	2	0	2
振動加速度計	2	0	2	3	0	3
19. 直流・低周波	26	0	26	26	0	26
交流抵抗器	2	0	2	2	0	2
電圧発生装置	6	0	6	6	0	6
電流比較器	1	0	1	1	0	1
標準キャパシタ	4	0	4	4	0	4
標準抵抗器	10	0	10	10	0	10
誘導分圧器	3	0	3	3	0	3
20. 高周波	46	0	46	47	0	47
ピストン減衰器	1	0	1	1	0	1
固定長エレメント型ダイポールアンテナ	1	0	1	1	0	1
光パワー測定装置	4	0	4	4	0	4
高周波インピーダンス	15	0	15	15	0	15
高周波電圧	2	0	2	3	0	3
高周波電力 2.9mm 同軸	4	0	4	4	0	4
高周波電力 7mm 同軸	11	0	11	11	0	11

研 究

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
同軸可変減衰器	7	0	7	7	0	7
同軸固定減衰器	1	0	1	1	0	1
21. 測光量・放射量	3	0	3	5	0	5
分光応答度	2	0	2	2	0	2
分光放射照度	1	0	1	3	0	3
22. 放射線	17	0	17	18	0	18
放射線線量計	17	0	17	18	0	18
23. 放射能	0	0	0	5	0	5
放射能測定装置(遠隔校正)	0	0	0	5	0	5
25. 温度	17	0	17	10	0	10
貴金属熱電対	12	0	12	8	0	8
白金抵抗温度計	5	0	5	2	0	2
26. 湿度	15	0	15	17	0	17
露点計	15	0	15	17	0	17
28. 硬さ	5	0	5	13	0	13
ビッカース硬さ標準片	0	0	0	8	0	8
ロックウェル硬さ標準片	5	0	5	5	0	5
合 計	379	0	379	402	0	402

へ、依頼試験

依頼試験

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
01.長さ	4	1	5	4	1	5
デジタルスケール	1	0	1	1	0	1
ブロックゲージ絶対測定	3	0	3	3	0	3
内径外径	0	1	1	0	1	1
02.幾何学量	61	0	61	58	0	58
CMMによる幾何形状測定	39	0	39	38	0	38
オートコリメータ	1	0	1	0	0	0
ステップゲージ	1	0	1	1	0	1
ボールプレート・ホールプレート	1	0	1	1	0	1
ロータリーエンコーダ	5	0	5	5	0	5
一次元グレーティング	1	0	1	1	0	1
多面鏡	2	0	2	2	0	2
平面度	11	0	11	10	0	10
03.時間	64	0	64	64	0	64
広帯域光周波数	3	0	3	3	0	3
周波数（遠隔校正）	48	0	48	48	0	48
周波数発振器 原子発振器・商用発振器	13	0	13	13	0	13
06.トルク	4	0	4	4	0	4
トルクメータ	4	0	4	4	0	4
07.圧力	2	0	2	2	0	2
液体	1	0	1	1	0	1
気体	1	0	1	1	0	1
09.真空計	8	0	8	8	0	8
リーク	1	0	1	1	0	1
真空計	3	0	3	3	0	3
標準コンダクタンス	4	0	4	4	0	4
10.流量	7	0	7	8	0	8
液体大流量及び中流量	4	0	4	4	0	4
気体小流量	1	0	1	1	0	1
気体中流速	2	0	2	2	0	2
気体中流量	0	0	0	1	0	1
12.粘度・動粘度	18	0	18	18	0	18
粘度標準液	18	0	18	18	0	18
13.体積（衡量法）	0	3	3	0	3	3
ビュレット（出用）	0	1	1	0	1	1
フラスコ（出用）	0	2	2	0	2	2
14.音響	1	0	1	1	0	1
音圧感度	1	0	1	1	0	1
15.超音波	28	0	28	28	0	28
音場感度（ハイドロホン）	28	0	28	28	0	28
16.振動加速度	0	0	0	1	0	1
電荷感度	0	0	0	1	0	1
19.直流・低周波	7	0	7	7	0	7
インダクタ	1	0	1	1	0	1
交流シャント	1	0	1	1	0	1
標準抵抗器	1	0	1	1	0	1
変流器	4	0	4	4	0	4
20.高周波	27	0	27	25	0	25
アンテナ係数試験	7	0	7	5	0	5
レーザパワー	2	0	2	2	0	2
光ファイバパワー	2	0	2	2	0	2
光減衰量	1	0	1	1	0	1
高周波インピーダンス	5	0	5	5	0	5
高周波電力	5	0	5	5	0	5

研 究

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
同軸可変減衰器	2	0	2	2	0	2
導波管可変減衰器	1	0	1	1	0	1
利得 (ホーンアンテナ)	2	0	2	2	0	2
21. 測光量・放射量	15	0	15	14	0	14
分光応答度	9	0	9	9	0	9
分光拡散反射率 (可視域)	4	0	4	4	0	4
分光放射照度	2	0	2	1	0	1
22. 放射線	262	0	262	264	0	264
照射線量 (率) 測定器	14	0	14	16	0	16
水吸収線量	8	0	8	8	0	8
放射線量検出素子	240	0	240	240	0	240
23. 放射能	2	0	2	2	0	2
放射能濃度	2	0	2	2	0	2
24. 中性子	5	0	5	5	0	5
中性子サーバイメータ校正試験	5	0	5	5	0	5
25. 温度	10	1	11	8	1	9
カプセル型白金抵抗温度計	1	0	1	0	0	0
ガラス製温度計	0	1	1	0	1	1
貴金属温度計	1	0	1	1	0	1
非接触温度計・校正装置	8	0	8	7	0	7
26. 湿度	3	0	3	3	0	3
露点計	3	0	3	3	0	3
27. 固体物性	7	0	7	7	0	7
熱膨張率 (線膨張係数)	7	0	7	7	0	7
29. 衝撃値	1	0	1	1	0	1
衝撃試験機	1	0	1	1	0	1
30. 粒子・粒子特性	4	0	4	4	0	4
粒子数濃度	4	0	4	4	0	4
31. 純度	25	0	25	11	0	11
高純度有機標準物質	25	0	25	11	0	11
51. 計量器の構成要素及び検査装置の試験	25	0	25	29	0	29
ガソリン量器用空気分離機	1	0	1	1	0	1
質量計用ターミナル・デジタルディスプレイ	4	0	4	4	0	4
質量計用ロードセル (OIMLR60 に対応する型式)	3	0	3	3	0	3
質量計用指示計 (アナログ信号)	15	0	15	18	0	18
燃料油メーター用ホース	1	0	1	1	0	1
燃料油メーター用表示装置	1	0	1	2	0	2
52. その他	15	0	15	19	0	19
体積	12	0	12	14	0	14
流量	3	0	3	5	0	5
合 計	605	5	610	595	5	600

へ. 依頼試験

依頼試験(特殊)・技能試験用校正

種 類	受 理 個 数			校 正 個 数		
	つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
10. 流量	1	0	1	2	0	2
気体中流量	0	0	0	2	0	2
微風速	1	0	1	0	0	0
11. 密度	2	0	2	2	0	2
密度浮ひょう	2	0	2	2	0	2
16. 振動加速度	3	0	3	2	0	2
振動加速度計	3	0	3	2	0	2
19. 直流・低周波	1	0	1	1	0	1
交直電圧比較装置	1	0	1	1	0	1
20. 高周波	3	0	3	2	0	2
アンテナ係数試験	1	0	1	1	0	1
高周波電力	2	0	2	1	0	1
25. 温度	1	0	1	1	0	1
貴金属熱電対	1	0	1	1	0	1
合 計	11	0	11	10	0	10

研 究

へ、依頼試験

特定標準器による校正(特定副標準器)

種 類	実施場所	受 理 個 数			校 正 個 数		
		つくば センター	関西 センター	計	つくば センター	関西 センター	計
19. 直流・低周波		7	0	7	7	0	7
交流電圧用交直変換器		3	0	3	3	0	3
交流電流用交直変換器		1	0	1	1	0	1
電圧発生装置		1	0	1	1	0	1
標準抵抗器		2	0	2	2	0	2
21. 測光量・放射量		14	0	14	14	0	14
コイル M 字型光度標準電球		4	0	4	4	0	4
コイル M 字型分布温度標準電球		3	0	3	3	0	3
全光束標準電球		3	0	3	3	0	3
単平面型照度標準電球		4	0	4	4	0	4
25. 温度		8	0	8	5	0	5
温度計用		3	0	3	2	0	2
放射温度計校正用		5	0	5	3	0	3
合 計		29	0	29	26	0	26

へ、依頼試験

OIML 適合性試験

種 類	項 目 実施場所	受理個数	検査個数	不合格個数	不合格率 (%)
	関西センター	0	0	0	-
自動車等給油メーター	つくばセンター	2	2	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
質量計用ロードセル	つくばセンター	14	15	4	26.7
	関西センター	0	0	0	-
非自動はかり	つくばセンター	2	2	0	0.0
	関西センター	0	0	0	-
総 計		24	27	4	14.8

ト、研究開発品

種 類	実施場所	頒 布 個 数		
		つくばセンター	関西センター	計
1. 熱拡散率試験片 (4 枚)		0	0	0
2. 石英ヨウ素セル		0	0	0
3. パッシブ型シールドループアンテナ		3	0	3
4. 標準コンダクタンスエレメント		5	0	5
合 計		8	0	8

②認証標準物質

計量標準総合センターでは品質システムを整備し、生産計画に基づいて標準物質の生産を行っている。特性値は安定性と均一性を確認し、妥当性が確かめられた測定方法とトレーサビリティの確立された計測標準を用いている。また、不確かさを算出した上で内部の標準物質認証委員会にて審議され、認証標準物質（NMIJ CRM）を随時頒布している。

認証標準物質の一覧表
(NMIJ 認証標準物質)

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 1001-a	鉄-クロム合金 (Cr 5%)	0
NMIJ CRM 1002-a	鉄-クロム合金 (Cr 15%)	0
NMIJ CRM 1003-a	鉄-クロム合金 (Cr 20%)	0
NMIJ CRM 1004-a	鉄-クロム合金 (Cr 30%)	0
NMIJ CRM 1005-a	鉄-クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1006-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 5%)	0
NMIJ CRM 1007-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 10%)	0
NMIJ CRM 1008-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 20%)	0
NMIJ CRM 1009-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 40%)	0
NMIJ CRM 1010-a	鉄-ニッケル合金 (Ni 60%)	0
NMIJ CRM 1011-b	鉄-炭素合金 (C 0.1%)	8
NMIJ CRM 1012-b	鉄-炭素合金 (C 0.2%)	8
NMIJ CRM 1013-b	鉄-炭素合金 (C 0.3%)	8
NMIJ CRM 1014-b	鉄-炭素合金 (C 0.5%)	8
NMIJ CRM 1015-b	鉄-炭素合金 (C 0.7%)	8
NMIJ CRM 1016-a	鉄クロム合金 (Cr 40%)	0
NMIJ CRM 1017-a	EPMA 用ステンレス鋼	1
NMIJ CRM 1018-a	EPMA 用 Ni (36%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1019-a	EPMA 用 Ni (42%) - Fe 合金	0
NMIJ CRM 1020-a	EPMA 用高ニッケル合金	0
NMIJ CRM 3001-b	フタル酸水素カリウム	54
NMIJ CRM 3002-a	ニクロム酸カリウム	2
NMIJ CRM 3003-a	三酸化二ひ素	9
NMIJ CRM 3004-a	アミド硫酸	6
NMIJ CRM 3005-a	炭酸ナトリウム	6
NMIJ CRM 3006-a	よう素酸カリウム	3
NMIJ CRM 3007-a	しゅう酸ナトリウム	24
NMIJ CRM 3401-a	一酸化窒素	0
NMIJ CRM 3402-b	二酸化硫黄	0
NMIJ CRM 3403-a	亜酸化窒素標準ガス (高濃度、窒素希釈)	0
NMIJ CRM 3404-b	酸素	0
NMIJ CRM 3406-b	一酸化炭素	1
NMIJ CRM 3407-a	二酸化炭素	1
NMIJ CRM 3605-a	アルミニウム標準液 Al (1000)	0
NMIJ CRM 3606-a	銅標準液 Cu (1000)	1
NMIJ CRM 3607-a	亜鉛標準液 Zn (1000)	0
NMIJ CRM 3608-a	鉛標準液 Pb (1000)	0
NMIJ CRM 3609-a	カドミウム標準液 Cd (1000)	1
NMIJ CRM 3611-a	鉄標準液 Fe (1000)	0
NMIJ CRM 3612-a	ニッケル標準液 Ni (1000)	0
NMIJ CRM 3613-a	コバルト標準液 Co (1000)	0
NMIJ CRM 3616-a	ビスマス標準液 Bi (1000)	0
NMIJ CRM 3621-a	バリウム標準液 Ba (1000)	0
NMIJ CRM 3622-a	モリブデン標準液 Mo (1000)	0

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 3623-a	ストロンチウム標準液 Sr (1000)	0
NMIJ CRM 3625-a	タリウム標準液 Tl (1000)	0
NMIJ CRM 3626-a	すず標準液 Sn (1000)	0
NMIJ CRM 3629-a	インジウム標準液 In (1000)	0
NMIJ CRM 3631-a	ガリウム標準液 Ga (1000)	1
NMIJ CRM 3632-a	バナジウム標準液 V (1000)	2
NMIJ CRM 4001-a	エタノール	5
NMIJ CRM 4002-a	ベンゼン	11
NMIJ CRM 4004-a	1,2-ジクロロエタン	0
NMIJ CRM 4005-a	ジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4006-a	四塩化炭素	0
NMIJ CRM 4011-a	<i>o</i> -キシレン	2
NMIJ CRM 4012-a	<i>m</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4013-a	<i>p</i> -キシレン	1
NMIJ CRM 4014-a	1,1-ジクロロエチレン	0
NMIJ CRM 4019-a	ブロモホルム (トリブロモメタン)	0
NMIJ CRM 4020-a	ブロモジクロロメタン	0
NMIJ CRM 4021-a	エチルベンゼン	1
NMIJ CRM 4022-b	フタル酸ジエチル	3
NMIJ CRM 4030-a	ビスフェノール A	9
NMIJ CRM 4036-a	ジブロモクロロメタン	2
NMIJ CRM 4038-a	1,2-ジクロロプロパン	0
NMIJ CRM 4039-a	1,4-ジクロロベンゼン	2
NMIJ CRM 4040-b	アクリロニトリル	5
NMIJ CRM 4051-b	メタン	0
NMIJ CRM 4052-b	プロパン	1
NMIJ CRM 4054-a	アセトアルデヒド	7
NMIJ CRM 4055-a	スチレン	7
NMIJ CRM 4056-a	ペルフルオロオクタン酸	7
NMIJ CRM 4202-a	<i>p,p'</i> -DDE 標準液	0
NMIJ CRM 4203-a	γ -HCH 標準液	3
NMIJ CRM 4206-a	PCB28標準液	0
NMIJ CRM 4207-a	PCB153標準液	0
NMIJ CRM 4208-a	PCB170標準液	0
NMIJ CRM 4209-a	PCB194標準液	0
NMIJ CRM 4210-a	PCB70標準液	0
NMIJ CRM 4211-a	PCB105標準液	0
NMIJ CRM 4213-a	ベンゾ[a]ピレン標準液	2
NMIJ CRM 4214-a	<i>p,p'</i> -DDT, <i>p,p'</i> -DDE, γ -HCH 混合標準液	0
NMIJ CRM 4215-a	燃料中硫黄分分析用標準液	1
NMIJ RM 4216-a	トルエン (燃料中硫黄分分析用・ブランク)	2
NMIJ CRM 4217-a	燃料中硫黄分分析用標準液-高濃度	0
NMIJ CRM 4220-a	ペルフルオロオクタンスルホン酸カリウム標準液 (メタノール溶液)	1
NMIJ CRM 4403-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、排出レベル)	0
NMIJ CRM 4404-a	SF ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4405-a	C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 4406-a	SF ₆ ・C ₂ F ₆ ・CF ₄ 混合標準ガス (窒素希釈、濃度0.5%)	0
NMIJ CRM 5001-a	ポリスチレン2400	5
NMIJ CRM 5002-a	ポリスチレン500	6
NMIJ CRM 5004-a	ポリスチレン1000	4
NMIJ CRM 5005-a	ポリエチレングリコール400	19
NMIJ CRM 5006-a	ポリエチレングリコール1000	5

産業技術総合研究所

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 5007-a	ポリエチレングリコール1500	25
NMIJ CRM 5008-a	ポリスチレン (多分散)	2
NMIJ RM 5009-a	ポリスチレン8500	1
NMIJ CRM 5010-a	ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル	0
NMIJ CRM 5101-a	しゅう酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5102-a	フタル酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5103-a	中性りん酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5104-a	りん酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5105-a	ほう酸塩 pH 標準液	1
NMIJ CRM 5106-a	炭酸塩 pH 標準液	0
NMIJ CRM 5202-a	SiO ₂ /Si 多層膜標準物質	1
NMIJ CRM 5203-a	GaAs/AlAs 超格子	5
NMIJ CRM 5401-a	シクロヘキサン (熱分析用標準物質)	6
NMIJ CRM 5502-a	動的粘弾性 (PVC)	4
NMIJ CRM 5503-a	動的粘弾性 (PMMA)	4
NMIJ CRM 5504-a	動的粘弾性 (PE-UHMW)	3
NMIJ CRM 5505-a	動的粘弾性 (PEEK)	5
NMIJ CRM 5506-a	シャルピー衝撃試験 (PVC)	4
NMIJ CRM 5507-a	シャルピー衝撃試験 (PMMA)	2
NMIJ CRM 5601-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用石英ガラス	0
NMIJ CRM 5602-a	陽電子寿命による超微細空孔測定用ポリカーボネート	1
NMIJ CRM 5603-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 3×10^{15} atoms/cm ²)	0
NMIJ CRM 5604-a	低エネルギーひ素イオン注入けい素 (レベル: 6×10^{14} atoms/cm ²)	5
NMIJ CRM 5701-a	ポリスチレンラテックス ナノ粒子 (120nm)	9
NMIJ CRM 6001-a	コレステロール	7
NMIJ CRM 6003-a	プロゲステロン	1
NMIJ CRM 6004-a	17β-エストラジオール	1
NMIJ CRM 6005-a	クレアチニン	0
NMIJ CRM 6006-a	尿素	0
NMIJ CRM 6007-a	ヒドロコルチゾン	2
NMIJ CRM 6008-a	尿酸	1
NMIJ CRM 6011-a	L-アラニン	1
NMIJ CRM 6012-a	L-ロイシン	0
NMIJ CRM 6013-a	L-イソロイシン	5
NMIJ CRM 6014-a	L-フェニルアラニン	5
NMIJ CRM 6015-a	L-バリン	8
NMIJ CRM 6016-a	L-プロリン	5
NMIJ CRM 6017-a	L-アルギニン	1
NMIJ CRM 6018-a	L-リシンー塩酸塩	2
NMIJ CRM 6203-a	定量分析用デオキシリボ核酸 (DNA) 水溶液	6
NMIJ CRM 6901-a	C-ペプチド	1
NMIJ CRM 7202-a	河川水 (有害金属分析用ー添加ー)	2
NMIJ CRM 7202-b	河川水 (微量元素分析用 添加)	79
NMIJ CRM 7302-a	海底質 (有害金属分析用)	4
NMIJ CRM 7303-a	湖底質 (有害金属分析用)	3
NMIJ CRM 7304-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用ー高濃度)	2
NMIJ CRM 7305-a	海底質 (ポリクロロビフェニル、塩素系農薬類分析用ー低濃度)	1
NMIJ CRM 7307-a	湖底質 (多環芳香族炭化水素分類分析用)	4
NMIJ CRM 7308-a	トンネル粉じん (多環芳香族炭化水素分析用・有害元素分析用)	3
NMIJ CRM 7401-a	サメ肝油 (塩素系農薬類分析用)	0
NMIJ CRM 7402-a	タラ魚肉粉末標準物質 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	32
NMIJ CRM 7403-a	メカジキ魚肉粉末 (微量元素・アルセノベタイン・メチル水銀分析用)	31

研 究

識別記号	名 称	頒 布 数
NMIJ CRM 7404-a	スズキ魚肉粉末(有機汚染物質分析用)	1
NMIJ CRM 7405-a	ひじき粉末 (微量元素・ひ素化合物分析用)	27
NMIJ CRM 7501-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル I)	41
NMIJ CRM 7502-a	白米粉末 (微量元素分析用 Cd 濃度レベル II)	41
NMIJ CRM 7503-a	白米粉末 (ひ素化合物・微量元素分析用)	73
NMIJ CRM 7504-a	玄米粉末(残留農薬分析用)	2
NMIJ CRM 7505-a	茶葉粉末 (微量元素分析用)	5
NMIJ CRM 7507-a	ネギ粉末 (残留農薬分析用)	2
NMIJ CRM 7508-a	キャベツ粉末 (残留農薬分析用)	6
NMIJ CRM 7901-a	アルセノベタイン水溶液	18
NMIJ CRM 7902-a	絶縁油 (高濃度)	1
NMIJ CRM 7903-a	絶縁油 (低濃度)	3
NMIJ CRM 7904-a	重油	0
NMIJ CRM 7905-a	重油 (ブランク)	0
NMIJ CRM 7912-a	ひ酸 [As(V)]水溶液	9
NMIJ CRM 7913-a	ジメチルアルシン酸水溶液	26
NMIJ CRM 8001-a	ファインセラミックス用炭化けい素 (α型) 微粉末標準物質	6
NMIJ CRM 8002-a	ファインセラミックス用炭化けい素 (β型) 微粉末標準物質	6
NMIJ CRM 8003-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) I	5
NMIJ CRM 8004-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (直接窒化合成) II	11
NMIJ CRM 8005-a	ファインセラミックス用窒化けい素微粉末 (イミド分解合成)	12
NMIJ CRM 8006-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (低純度)	4
NMIJ CRM 8007-a	ファインセラミックス用アルミナ微粉末 (高純度)	2
NMIJ CRM 8102-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb ; 低濃度)	5
NMIJ CRM 8103-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Pb ; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8105-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb ; 低濃度)	5
NMIJ CRM 8106-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Pb ; 高濃度)	5
NMIJ CRM 8108-b	臭素系難燃剤含有ポリスチレン	62
NMIJ CRM 8109-a	臭素系難燃剤含有ポリ塩化ビニル	9
NMIJ CRM 8110-a	臭素系難燃剤含有ポリスチレン (高濃度)	26
NMIJ CRM 8112-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb ; 低濃度)	6
NMIJ CRM 8113-a	重金属分析用 ABS 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb ; 高濃度)	11
NMIJ CRM 8115-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb ; 低濃度)	6
NMIJ CRM 8116-a	重金属分析用 ABS 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb ; 高濃度)	9
NMIJ CRM 8123-a	重金属分析用 PVC 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb ; 高濃度)	5
NMIJ CRM 8133-a	重金属分析用 PP 樹脂ペレット (Cd, Cr, Hg, Pb ; 高濃度)	2
NMIJ CRM 8136-a	重金属分析用 PP 樹脂ディスク (Cd, Cr, Hg, Pb ; 高濃度)	3
NMIJ CRM 8202-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 低濃度)	2
NMIJ CRM 8203-a	鉛フリーはんだチップ (Sn96.5Ag3Cu0.5) (Pb 高濃度)	3
化学系標準物質計		1, 013
NMIJ RM1101-a-1	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状 : 1	1
NMIJ RM1101-a-2	熱膨張率標準物質 (単結晶シリコン) 形状 : 2	1
NMIJ RM1102-a-1	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状 : 1	1
NMIJ RM1102-a-2	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素) 形状 : 2	1
NMIJ RM1104-a	熱膨張率標準物質 (ガラス状炭素)	0
NMIJ RM1301-a	熱拡散時間標準薄膜 (窒化チタン薄膜 / 石英ガラス基板)	6
NMIJ RM1401-a	熱伝導率標準物質 (等方性黒鉛)	2
NMIJ CRM5803-a-1	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) : 形状 1	0
NMIJ CRM5803-a-2	熱膨張率測定用単結晶シリコン (低温用) : 形状 2	0
NMIJ CRM5804-a	熱拡散率測定用等方性黒鉛	5
NMIJ CRM5806-a	比熱容量測定用単結晶シリコン (低温用)	0
物理系標準物質計		17
合 計		1, 030

③外国出張・招へい、協力協定、国際比較

外国出張

出張件数	出張先国	出張目的
116件	フランス	国際度量衡総会 国際度量衡委員会 国際度量衡委員会諮問委員会 国際法定計量委員会 アジア太平洋計量計画 アジア太平洋法定計量フォーラム 二国間比較 その他
	タイ	
	アメリカ	
	中国	
	ドイツ	
	韓国	
	オーストラリア	
	モンゴル	
	チェコ	
	イギリス	
	シンガポール	
	スウェーデン	
	台湾	
その他		

外国人招へい

件数	招へい国	招へい目的
10件	韓国 (5件)	ピアレビュー その他
	中国 (2件)	
	イギリス (1件)	
	カナダ(1件)	
	台湾 (1件)	

産総研技術研修による外国人の受入

分野	人数 (人)	相手国
環境標準	2	タイ
放射温度標準	1	
周波数システム	1	マレーシア
化学計量システム	1	

JICA 予算による外国人の受入

0件

外国機関との研究協力覚書締結

題名	相手機関	調印日
度量衡及び計測標準に関する研究協力覚書	メキシコ計量センター (CENAM)	2011年5月25日
度量衡及び計測標準に関する研究協力覚書	韓国標準科学研究院 (KRISS)	2011年5月25日
同位体濃縮シリコン結晶を用いたアボガドロ定数協定に関する研究協力覚書	国際度量衡局 (BIPM)、イタリア計量研究所 (INRIM)、オーストラリア連邦国立計測研究所 (NMIA)、ドイツ物理工学研究所 (PTB)	2012年1月26日
同位体濃縮シリコン結晶に関する使用権利同意書	欧州連合 (EU) 標準物質計測研究所 (IRMM)、国際度量衡局 (BIPM)、イタリア計量研究所 (INRIM)、オーストラリア連邦国立計測研究所 (NMIA)、ドイツ物理工学研究所 (PTB)	2012年1月26日
日韓計量計測標準協力委員会に関する相互協力覚書	韓国技術標準院 (KATS)	2012年2月2日

国際比較

分野 (BIPM)	件数
時間・周波数	0
長さ	3
質量関連量	11
音響・超音波・振動	3
測温	3
物質量	3
測光・放射	1
放射線	4
電気・磁気	0
合計	28

産業技術総合研究所

④講習・教習

平成23年度計量教習実績

計量標準管理センター 計量研修センター

講習・教習名		対象者	期間		場所	受講者数
一般計量教習	後期	計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員	H23. 9. 20～12. 16	3月	つくば	33
一般計量特別教習		計量士になろうとする者及び計量行政機関の職員で一般計量教習を修了した者	H24. 1. 16～ 3. 9	2月	つくば	19
環境計量特別教習	濃度関係		H24. 2. 8～ 3. 28	7週間	つくば	4
	騒音・振動関係		H24. 1. 23～ 2. 7	2.5週間	つくば	4
短期計量教習	第一回	計量行政機関等の職員	H23. 8. 22～ 9. 16	1月	つくば	28
	第二回		H24. 1. 23～ 2. 17	1月	つくば	21
特定教習	指定製造事業者制度教習	当該制度の検査に携わる都道府県等の職員	H23. 8. 1～ 8. 12	2週間	つくば	20
	計量検定所・計量検査所計量行政新人教習	都道府県及び特定市の新任計量公務員	H23. 5. 18～ 5. 20	3日	臨海	30
			H23. 5. 25～ 5. 27	3日	関西	37
	技術教習 非自動はかりの定期検査	質量計の定期検査業務に従事する都道府県・特定市の職員	H23. 6. 7	1日	臨海	37
			H23. 6. 16	1日	関西	30
			H23. 7. 5	1日	福岡市	24
			H23. 7. 12	1日	名古屋市	24
		H23. 8. 9～ 8. 10	2日	札幌市	25	
特定計量証明事業管理者講習	当該事業の環境計量士（濃度関係）であって、ダイオキシン類の実務の経験一年以上等の者	H23. 10. 3～10. 7	1週間	臨海	4	
計量研修	計測における不確かさ研修（中・上級コース）	計量関係技術者	H23. 11. 24～11. 25	2日	つくば	14
	非自動はかりの定期検査研修	質量計の定期検査業務に従事する指定定期検査機関職員及び代検査業務を行っている計量士	H23. 6. 6	1日	臨海	37
			H23. 6. 17	1日	関西	30
			H23. 7. 6	1日	福岡市	24
	環境計量士（騒音・振動関係）スキルアップ研修（自動車騒音常時監視手法コース）	環境計量証明事業所に勤務する環境計量士	H24. 3. 12～ 3. 13	2日	つくば	17
	APMP・ゲージブロック計測技術研修	APMP 域内 NIM 所属校正業務従事者	H23. 12. 1	1日	大阪市	17
APMP・CMM 計測技術研修	APMP 域内 NIM 所属校正業務従事者	H23. 12. 2	1日	大阪市	18	
環境計量講習	濃度関係	環境計量士の国家試験に合格した者であって、施行規則第51条（登録条件）の条件を満たさない者。登録しようとする区分に係る環境計量証明事業者等に属し、かつ、計量に関する実務に1年以上従事している方については、その実務経験が認められれば環境計量士として登録することが出来るので本講習を受講することは不要	H23. 8. 30～ 9. 2	各4日間	つくば	26
			H23. 9. 13～ 9. 16			30
			H23. 9. 27～ 9. 30			30
			H23. 10. 11～10. 14			28
			H23. 10. 18～10. 21			30
			H23. 10. 25～10. 28			29
			H23. 11. 15～11. 18			24
			H23. 12. 6～12. 9			29
			H23. 12. 13～12. 16			27
			H23. 12. 19～12. 22			26
	騒音・振動関係		H23. 9. 5～ 9. 9	1週間	つくば	27
			H23. 10. 3～10. 7			30
			H23. 11. 7～11. 11			30
合計（人）						841

6) 地質分野

(Geological Survey and Applied Geoscience)

①【研究統括・副研究統括・研究企画室】

(Director-General・Deputy Director-General・
Research Planning Office)

研究統括：山崎 正和

副研究統括：佃 栄吉

概 要：

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

副研究統括は、研究統括の命を受けて、各研究分野における研究の推進に係る業務の企画及び立案に参画するとともに、各研究分野の人事マネジメント及び人材育成に係る業務（企画本部及び総務本部の所掌に属するものを除く。）を統括している。研究分野間の融合を推進し、業務を実施している。

地質分野研究企画室（Research Planning Office of Geological Survey and Applied Geoscience）

所在地：つくば中央第2、つくば中央第7

人 員：6名（5名）

概 要：

当研究企画室は、独立行政法人産業技術総合研究所組織規程第10条及び組織規則第7条の規定に基づき、研究所の業務のうち、地質分野における研究の推進に関する業務を行っている。具体的には以下のとおり。

1. 分野の運営に関する業務
2. 原課及びその他関連機関への対応
3. 学会、業界、企業等の外部機関との連携促進に関する業務
4. 国際案件に関する業務
5. 地震・火山噴火等の自然災害に対する緊急対応
6. 研究統括及び副研究統括の支援

そして、これら業務の結果として地質分野における傑出した研究成果の創出、知的基盤としての地質情報整備、外部研究資金獲得の増加、所内外そして海外での産総研地質分野の存在アピール向上に貢献している。

1. については、研究戦略や予算編成等の、分野の基本方針の策定、年度計画・年度実績の取りまとめ、及び分野融合プロジェクトの企画並びに総合調整を行っている。

2. については、経済産業省等の省庁原課との連携調整に関する業務全般、視察への対応等を行っている。

3. については、関連する業界団体との定期懇談会やシンポジウムの開催、オープンラボ出展の取りまと

めを行う等、外部機関との積極的な連携の強化を図っている。

4. については、地質調査総合センター（GSJ）としての MOU 締結等の海外地質調査所や地球科学研究機関との連携に関する業務、海外からの研修生の受け入れ、その他国際機関や国際会議への対応等、分野の国際活動を推進している。

5. については、地質分野に関係する自然災害に備えた緊急連絡体制の整備を行い、災害発生に際しては社会的要請に応じて緊急調査の実施及び成果の発信に係る業務を行う。特に平成23年度においては、東北地方太平洋沖地震に対応するため、分野に設置された緊急対策本部や関係機関との連携のもと、現地調査のための研究者の派遣やマスコミ対応に関する支援、ホームページを通じた情報発信等を実施した。

機構図（2012/3/31現在）

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 光畑 裕司 他

②【活断層・地震研究センター】

(Active Fault and Earthquake Research Center)

(存続期間：2009.4～)

研究センター長：岡村 行信

副研究センター長：桑原 保人

主 幹 研 究 員：杉山 雄一

主 幹 研 究 員：小泉 尚嗣

所在地：つくば中央第七

人 員：30名（30名）

経 費：1,418,733千円（339,456千円）

概 要：

活断層・地震研究センターは、活断層評価の高度化、海溝型地震評価の高度化、地震災害評価の高度化をミッションとし、地形・地質学に重点を置いた過去の地震活動に関する研究だけでなく、地球物理学的な地震発生メカニズムに関する調査研究も合わせて実施し、両者を融合させつつ、内陸地震と海溝型地震の予測精度の向上及び地震災害の軽減を目指す研究ユニットとして2009年4月に設置された。

2011年度は、東日本大震災によって受けた被害を復旧させるため、研究費がかなり削減されたが、外部資金も活用し、研究活動にできるだけ支障がないよう配慮しつつ、以下の研究を行った。

活断層の履歴解明を主目的とする地形・地質学的な調査研究は外部資金を用い、ほぼ例年通りの規模で実施した。活断層の活動時期を合理的に説明するために、

地下深部の地殻構造や岩石変形過程を考慮した物理モデルの構築も進め、日本列島の規模の歪みの計算が可能になった。海溝型地震評価の高度化については、東海・東南海・南海地震の前兆現象に関連していると考えられている深部すべりの検出精度を向上させるために、地下水等総合観測施設の観測データと他機関のデータを統合した解析システムを完成させた。同時に、過去数千年間の巨大津波を伴う連動型地震の発生履歴と規模を推定するために、仙台平野で東北地方太平洋沖地震の津波によって形成された津波堆積物と津波との関係を調べるとともに、太平洋沿岸域において津波堆積物調査を進めた。地震災害評価の高度化では、断層活動に伴う地表変形を地質学的調査解析に基づいた過去の変形構造の解明とそれを再現できる数値シミュレーション技術を開発するとともに、野外調査を実施した。

一方、地質分野全体の協力によって進められている政策課題「沿岸域地質・活断層調査」では、海域調査は1年先送りとしたが、福岡県の沿岸海域における海陸のシームレス地質情報の整備を進めた。

外部予算は、経済産業省、文部科学省、原子力安全基盤機構、応用地質株式会社、東京大学、京都大学、日本学術振興会等からの16件の課題について獲得し、研究・調査を実施した。

東北地方太平洋地震によって巨大地震や巨大津波に対する社会の関心が高まり、マスコミからの取材や講演・原稿の依頼が急増したことが、本年度の大きな特徴である。それらに対してはできるだけ対応し、社会への情報提供と研究成果の普及に努めた。また、研究及び調査の成果は学会及び学術雑誌上で積極的に公表したほか、産総研のウェブページ、ニュースをはじめ、各種の媒体を通して速やかに発信した。また、「活断層・古地震研究報告」第11号を編集・刊行するとともに、当センターの研究活動の広報のため、ウェブページの運営、センターニュースの発行・配布を行った。

内部資金：

重点研究加速予算（戦略予算）「南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究」

外部資金：

文部科学省 受託研究費「沿岸海域における活断層調査」

文部科学省 受託研究費「活断層の追加・補完調査」

防災科学技術研究所 財団等受託研究費「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 海域活構造の地形地質調査」
東京大学地震研究所 財団等受託研究費「断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測 浅海域での国

府津一松田断層の活動様式の解明」

九州大学 財団等受託研究費「警固断層帯（南東部）における重点的な調査観測」

京都大学防災研究所 財団等受託研究費「上町断層帯における重点的な調査研究」

科学技術振興機構 財団等受託研究費「鉱山での地震被害低減のための観測研究 震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究」

原子力安全基盤機構 請負研究費「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査－微動・自然地震動観測およびGPS観測の実施－」

原子力安全基盤機構 請負研究費「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査－電磁気探査探査の実施－」

原子力安全基盤機構 請負研究費「平成22年度活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討」

原子力安全基盤機構 請負研究費「平成23年度活断層セグメント区分及び連動性評価手法の整備に関する調査」

応用地質株式会社 請負研究費「平成23年度活断層帯におけるセグメンテーションと最大地震規模の推定手法の検討」

日本学術振興会 科学研究費補助金「巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明」

日本学術振興会 科学研究費補助金「岩石海岸地形の総合カタログに基づく地震隆起・地震発生予測に関する研究」

日本学術振興会 科学研究費補助金「石垣島・宮古島における津波堆積物の調査－巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み」

発表：誌上発表42件、口頭発表207件、その他56件

活断層評価研究チーム

(Active Fault Evaluation Team)

研究チーム長：吉岡 敏和

概要：

活断層の過去の活動を把握し、将来の活動を予測するための調査・研究を行う。国の地震調査研究推進本部が選定した「基盤的調査観測の対象活断層」等の重

要活断層について、位置・形状、活動度、最新活動時期、活動間隔などを明らかにするための調査・研究を行った。調査の方法は、地形地質調査、トレンチ調査、ボーリング調査、海域活断層の音波探査などで、調査結果は、既存の文献資料とともに活断層データベースとして整理し、インターネット上で公開した。また、活断層の評価手法の高度化のため、連動型地震の予測手法に関する研究、最近の地震断層に関する詳細な研究、孤立した短い活断層の研究も併せて行った。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目9

地震発生機構研究チーム

(Seismogenic Process Research Team)

研究チーム長：桑原 保人

概要：

本研究チームでは、地質学的調査を主体とした履歴情報に加え、地殻活動のモニタリング、モデリングといった地球物理学的な研究から得られる地下の深部構造、応力情報等を融合させることにより、物理モデルに基づく内陸地震および海溝型地震の予測技術の開発を目指す。本年度は主に糸魚川―静岡構造断層帯をターゲットに広域の応力場が説明できるよう陸と海のプレートの形状と相互作用を取り入れた現実的なモデルを作成し、また、地震破壊の連動を予測するためのコンピュータシミュレーション技術の改良手法を検討した。南海トラフの深部構造・応力状態解明のための地震観測を継続し、深部低周波微動のメカニズム解の空間変化を把握した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目5、テーマ題目8、テーマ題目9

地震素過程研究チーム

(Laboratory Seismology Research Team)

研究チーム長：増田 幸治

概要：

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に資するため、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の提案につながるような、深度における変形プロセス解明を目指す。断層破砕帯の変形過程解明のための詳細な構造地質学的解析、地殻深部の高温高压環境を実現できる世界有数の実験装置を使用した変形・破壊実験等を行った。過去に地下深部において現在地表に露出している岩石を地質学的に調べて、地下深部における岩石の変形機構の証拠を集め、さらに、実験室で高温高压の地下深部環境を作り出して、地下深部で起こっているすべり現象を再現することで、地震発生の際での断層や岩石の変形様式の解明に取り組んだ。さらに、断層周辺の応力状態と地震切迫度の関係を示すモデル構築のために、室内 AE 実験によって基礎データを取得した。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5

地震地下水研究チーム

(Tectono-Hydrology Research Team)

研究チーム長：松本 則夫

概要：

国の東海地震予知事業および地震調査研究業務を分担し、地殻活動と地下水変動の関係を解明するために、地下水等の観測・研究業務を行っており、地震に関連する地下水変化における日本の中核的研究チームである。東海・近畿・四国地域を中心に、全国に50以上の観測点を展開し、地下水の水位・自噴量・水温・水質等の観測とともに、一部の観測点では、歪・GPS・傾斜計等による地殻変動や地震の同時観測も行っている。これは、地震予知研究のための地下水観測網としては質・量において世界有数のものである。観測データは電話回線や携帯電話等を通じて当チームに送信され、それらのデータを用いて地下水等の変動メカニズム解明のための研究と、深部ゆっくりすべりや深部低周波微動のモニタリングを行なっている。特に重要なデータは気象庁にもリアルタイムで送られて東海地震予知のための監視データとなっている。観測結果は、解析手法とともにホームページを通じてデータベースとして公開しており (<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/gxwell/GSJ/index.shtml>)、地震防災対策強化地域判定会（東海地震の予知判定を行う気象庁長官の諮問機関）・地震予知連絡会・地震調査委員会にデータを報告・説明している。平成23年度は、防災科研と観測データを共有するシステムの運用を開始し、南海・東南海地震のプレート境界の短期的ゆっくりすべりを信頼性が高く精度よくモニタリング可能となったことが特筆すべき成果である。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目4、テーマ題目5

海溝型地震履歴研究チーム

(Subduction Zone Paleoearthquake Research Team)

研究チーム長：宍倉 正展

概要：

海溝型地震の中でもまれに発生する異常に大きな津波を伴う地震は、甚大な被害を発生させる。2011年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) は、まさにそのような地震であった。このような異常に規模の大きな海溝型地震は、津波堆積物や地殻変動の痕跡を地層や地形に残すことが知られていることから、沿岸域で湿地堆積物の調査研究、古生物学的手法を用いた古環境の復元、海岸段丘と岩石に付着した生物の調査を実施し、過去の巨大地震の履歴を解明している。さらに、明らかになった津波堆積物の分布域や地殻変動量などの観察事

実を定量的に説明できる断層・津波波源モデルを構築し、津波及び地殻変動シミュレーションを実施することによって、過去に発生した巨大な海溝型地震像を明らかにするとともに、将来の巨大津波を予測するための研究を実施した。

研究テーマ：テーマ題目7

地震災害予測研究チーム

(Earthquake Hazard Assessment Team)

研究チーム長：桑原 保人

概要：

地震による被害軽減に資することを目指して、地震動予測手法の高度化に関する研究と断層変位による表層地盤の変形の予測に関する研究を行った。地震動予測の高度化に関する研究においては、中京地域の地震波連続観測記録の中の雑微動に地震波干渉法解析を適用し、表面波速度の分散曲線を推定した。

地盤変形の予測に関する研究においては、深谷・綾瀬川断層帯において S 波反射法探査を実施し、また変動地形学的な解析から断層運動による変形量の推定を行いつつ、深部および浅部の断層形状、構造モデルを作成し、変形過程の解析を進めている。平成23年度補正予算では、「複合地質リスク評価」の地震災害リスク評価の中で、東日本一帯での航空レーザー測量および変形モデリング、関東平野に伏在する活断層の構造調査等を担当し、本年度は本格調査の前の準備を行った。また外部予算では「柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査」を担当した。

研究テーマ：テーマ題目7、テーマ題目8、テーマ題目

9

【テーマ題目1】活断層評価の研究（運営費交付金）

【研究代表者】吉岡 敏和（活断層評価研究チーム）

【研究担当者】吉岡 敏和、吾妻 崇、宮下 由香里、丸山 正、近藤 久雄、楳原 京子、長 郁夫、村上 文敏、谷口 薫、宮本 富士香、中井 未里（常勤職員7名、他4名）

【研究内容】

活断層評価の高精度化および評価手法の高度化を図るため、日本およびトルコ共和国において、野外調査を主とする調査研究を実施した。また、孤立した短い活断層の評価手法開発のためのカタログ作成や、東北日本の震源断層モデル作成のための検討を行った。調査結果の普及と有効活用の目的ですでに公開中の活断層データベースについては、活動セグメントの区分やパラメータの見直しを行い、区分や形状の変更、および新規追加を行った。新機能としては、活動セグメント・起震断層検索画面の地図に、1/20万日本シームレス地質図を重ねて表示できるようにした。

1) 内陸および沿岸海域の活断層調査

連動型地震の予測手法確立のために実施しているトルコ、北アナトリア断層系の調査では、これまでの調査成果を整理するとともに、補足トレンチを実施するための準備作業を行った。孤立した短い活断層の評価手法の研究としては、該当する活断層のカタログを作成し、地質図や重力異常との比較検討を行った。また東北地方の北上低地西縁断層帯について、面積バランス断面法を用いた震源断層モデルを作成し、横手盆地東縁断層帯との連結について検討を行った。

2) 活断層データベースの整備

すでにインターネット上で公開中の活断層データベースについては、公開開始以来はじめて、活動セグメントの区分やパラメータの見直しを行い、区分や形状の変更、および新規追加を行った。新機能としては、活動セグメント・起震断層検索画面の地図に、1/20万日本シームレス地質図を重ねて表示できるようにした。また、一般ユーザーにより理解していただくために、FAQ および使い方の解説ページを新設した。さらに、国土地理院の都市圏活断層図や海域および内陸の構造探査データをリンク表示させるための検索画面を試作した。なお、産総研公開データベースを外部クラウドへの移行に対応するための準備を行った。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、評価、連動、予測、データベース

【テーマ題目2】地震発生の物理モデルに関する研究（運営費交付金）

【研究代表者】桑原 保人（地震発生機構研究チーム）

【研究担当者】長 郁夫、加瀬 祐子、桑原 保人、中井 未里、今西 和俊、安藤 亮輔、松下 レイケン、武田 直人（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

本研究では、大地震の発生予測精度の向上のため、モニタリングと物理モデルに基づいた予測手法を開発することを目的とする。活断層で発生する大地震については、主に糸川-静岡構造線断層帯（以下、糸静線）をターゲットに、断層の深部構造や応力状態のモニタリング結果を取り入れ、地震の発生時期と破壊の連動性の予測を行う。そのために必要な研究開発要素は、ア)糸静線の深部構造モデル、イ)糸静線の応力状態の把握、ウ)複雑な断層形状での3次元動的断層破壊のシミュレーション技術、エ)粘弾性3次元不規則構造モデルでの地震発生サイクルシミュレーション技術、である。将来的には、データのリバイス等に応じて予測精度の向上を期待できるモデルとし、他断層への適用を展開していく。また、その他の重要な断層について、周辺の応力場を明らかにする。

海溝型巨大地震については、東南海・南海地震の発生予測精度の向上のために、沈み込み帯の深部低周波地震発生域の応力状態モニタリング手法を開発する。研究開発要素は、広い帯域の地震計3次元アレイ観測システムの展開と解析による、深部低周波地震の物理モデルの構築、それによる応力状態推定手法の開発である。将来的には東南海・南海地震の発生シミュレーターに上記観測結果を取り込んだ予測手法に発展させる。

1) 糸魚川ー静岡構造線での地震発生シミュレーターの開発

物理モデルに基づいて糸魚川ー静岡構造線断層帯を含む内陸活断層の活動をシミュレートするために、全国の粘弾性地殻構造をモデル化し、東西圧縮に加え、伊豆の衝突等の影響を取り入れた有限要素法シミュレーションモデルを開発した。また、日本列島全体の応力場を説明可能な、陸のプレートと海のプレートの相互作用を取り入れた現実的なモデルを作成した。また、日本列島規模で地下の地震波速度構造やその他の地質情報を重ねて可視化する為のデータベースを開発し、適宜更新した。以上の結果は論文、学会等で発表した。さらに、同断層帯で地震が発生した場合の地震規模を評価するため、比較的低角な断層での動的破壊伝播を計算可能な差分計算プログラムを開発するための問題を洗い出し、対処法を検討中である。

2) 重要断層の応力場評価

2011年東北地方太平洋沖地震によるいわき周辺の誘発地震が、東北地方ではまれな正断層の地震として発生した原因を検討するため、地震発生前の微小地震のメカニズム解を決定し、周辺の応力場を推定した。その結果、2011年以前からこの付近は局所的に正断層の応力場が卓越していたことを解明し、その原因について考えられるモデルを提案した。また、大阪平野の上町断層帯で微小地震を用いた応力場の評価を行い、断層帯に沿った応力場の特徴を明らかにした。これらの結果は論文や学会等で発表した。

3) 東海・東南海・南海地震の予測精度向上のための物理モデル構築

深部低周波微動の物理モデルを明らかにするため、紀伊半島にある産総研・飯高観測点周辺で38台の高感度地震計と3台の広帯域地震計からなるアレイ観測を継続している。また、紀伊半島直下で発生した深部低周波微動のメカニズム解をS波の振動方向から推定し、低角逆断層型と横ずれ型が、空間的に異なる場所で発生していることを明らかにした。

4) 地震地下水観測維持費 (地震)

産総研の保有する地下水モニタリング施設のうち5カ所と東南海・南海地震予測のための観測網のうち地震計に関わるシステムの観測維持とデータの整理を行った。結果は随時、地震予知連絡会等で公表した。

[分野名] 地質

[キーワード] 地震発生物理モデル、動的破壊、深部構造、応力場、糸魚川ー静岡構造線、南海トラフ

[テーマ題目3] 地震素過程に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 増田 幸治 (地震素過程研究チーム)

[研究担当者] 増田 幸治、佐藤 隆司、重松 紀生、高橋 美紀 (常勤職員4名)

[研究内容]

シミュレーションによる地震発生予測精度の向上に重要な情報となる、断層深部における塑性変形から摩擦滑りに遷移する構成則の解明を目指した。運営費交付金によって実施。中央構造線のボーリングコア (飯高赤桶コア) を解析し、地殻の脆性ー塑性遷移領域の上部に接する脆性領域と下部に接する塑性領域にそれぞれ分布する断層岩を特定した。脆性領域では転位クリープ、粒界すべりといった塑性変形機構が卓越するのに対し、塑性領域では圧力溶解クリープを伴う摩擦滑りが卓越することが示唆された。石英と長石の高温高压下での摩擦特性を測定し、石英と長石それぞれに関して、すべり不安定となる速度弱化を示す温度範囲を計測した。石英長石とも300度付近で不安定すべりの性質を示すことがわかった。人工的な亀裂の入った岩石試料を用いた三軸圧縮破壊実験を行い、微小破壊活動に及ぼす周期的封圧変動の影響を調べた。微小破壊活動から推定される亀裂の進展と封圧変動の相関がよいことが分かった。

[分野名] 地質

[キーワード] 中央構造線、脆性ー塑性遷移、不安定すべり、三軸圧縮破壊実験、微小破壊

[テーマ題目4] 地下水等総合観測による地震予測精度向上に関する研究 (運営費交付金)

[研究代表者] 松本 則夫 (地震地下水研究チーム)

[研究担当者] 松本 則夫、小泉 尚嗣、高橋 誠、北川 有一、板場 智史、武田 直人、石川 有三、梅田 康弘 (関西センター)、佐藤 努 (地質情報研究部門、兼任)、加納 靖之 (京都大学)、中村 衛 (琉球大学)、角森 史昭 (東京大学)、豊島 剛志 (新潟大学)、浅井 康広 (東濃地震科学研究所)、田阪 茂樹 (岐阜大学)、鈴木 貞臣 (東濃地震科学研究所)、石井 紘 (東濃地震科学研究所)、大久保 慎人 (東濃地震科学研究所)、山本 明彦 (愛媛大学)、頼 文基 (台湾国立成功大学)、村瀬 雅之 (日本大学)、細 善信 (京都大学) (常勤職員6名、他16名)

〔研究内容〕

本研究は、東海地震予知事業における地下水観測分野及び、「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について（建議）」（文科省測地学分科会、平成20年8月）の地下水等総合観測による研究に相当し、平成21年度より継続している。

平成23年度には、前兆的地下水位変化検出システムを引き続き東海地方で運用し、地下水等観測データを地震防災対策強化地域判定会等に報告した。産総研の観測網で2011年東北地方太平洋沖地震後に観測された地下水変化の調査結果を発表した。遠地震波によって深部ゆっくりすべりが誘発することの直接的な証拠を世界で初めて発見し国際誌に発表した。地震波による地下水応答について新しく理論化を行い国際誌に発表した。1946年南海地震前後の上下変動のメカニズムを明らかにするため、高知県須崎市で潮位を観測し、東北地方太平洋沖地震に伴う津波振幅が湾内で10倍に増幅されることを確認した。水文学的・地球化学的手法による地震予知研究についての第10回日台ワークショップを台湾で共催した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震予測、地下水、地殻変動、東海地震、南海地震

〔テーマ題目5〕東南海・南海地震予測のための地下水等観測施設整備（施設整備費補助金）

〔研究代表者〕小泉 尚嗣

（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕小泉 尚嗣、高橋 誠、松本 則夫、北川 有一、板場 智史、梅田 康弘、桑原 保人、今西 和俊、木口 努、佐藤 隆司、武田 直人、佐藤 努（地質情報研究部門、兼任）、山口 和雄（地質情報研究部門）、高橋 浩（地質情報研究部門）、森川 徳敏（地質情報研究部門）、石井 紘（東濃地震科学研究所）、大久保 慎人（東濃地震科学研究所）、浅井 康広（東濃地震科学研究所）（常勤職員13名、他5名）

〔研究内容〕

東南海・南海地震予測のために、産業技術総合研究所（産総研）は、平成18年度から、紀伊半島・四国周辺に地下水等総合観測施設の整備を行っている。平成23年度は、平成23年度補正予算による施設整備費を用いて、愛媛県新居浜市と愛知県西尾市に観測点を構築するための準備作業を行った。また、産総研つくばセンターが地震等で被災したときも、基本的なデータ解析や気象庁へのデータ転送が行えるように、産総研関西センターにデータバックアップシステムを作る準備を行った。これによって、東南海、南海地震予測のための地下水等総合観測

点は、前年度までの14点と合わせて合計16点となると共に、より安定した観測および解析が行える見込みである。新たな2点の観測データは、他の14点と同様に、産総研だけでなく、気象庁にもリアルタイムで送られる予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地震予測、地下水、地殻変動、東南海地震、南海地震

〔テーマ題目6〕海溝型地震の履歴と被害予測の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕宍倉 正展

（海溝型地震履歴研究チーム）

〔研究担当者〕宍倉 正展、藤原 治、澤井 祐紀、行谷 佑一、谷川 晃一郎（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

海溝型地震は通常、数十年から百年程度のサイクルで発生するが、数百年から千年に1度、まれに巨大化することが近年の古地震調査によって知られ、2011年東北地方太平洋沖地震はその典型例である。本研究の目的は、海溝型巨大地震の履歴を解明すること、および過去の巨大地震に伴う津波や地殻変動を復元して地球物理学的検証から震源・波源の断層を推定することである。本年度は下北半島太平洋岸、遠州灘沿岸において津波堆積物調査を実施し、過去複数回分の津波起源の可能性のある痕跡を検出した。一方、津波堆積物の認定はまだ確立されているとは言えず、現世の痕跡の観察が欠かせない。そこで2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の浸水高の計測や津波堆積物の観察を、下北半島太平洋岸、仙台、石巻平野、福島県北部沿岸、茨城県沿岸、九十九里浜沿岸において行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海溝型地震、津波、地殻変動、津波堆積物、断層モデル

〔テーマ題目7〕地震災害予測の研究（運営費交付金）

〔研究代表者〕桑原 保人（地震災害予測研究チーム）

〔研究担当者〕堀川 晴央、吉見 雅行、安藤 亮輔、木村 治夫、林田 拓己、関口 春子（京都大学）、吉田 邦一（地域地盤環境研究所）（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

本研究では、地震被害軽減に資するよう地震動予測および断層運動に伴う地表変形に関する調査・研究を実施している。

地震動予測に関する研究では、今年度は、中京地域の地震波連続観測記録の中の雑微動を用いて地震波干渉法解析を適用し、表面波速度の分散曲線を推定し、その結果を発表した。

断層変位に伴う表層地盤の変位・変形予測の研究では、深谷・綾瀬川断層帯において S 波反射法探査を実施した。現在データを解析中である。また、同断層帯で以前実施した S 波反射法探査の結果を論文として公表した。さらに、深谷断層周辺で段丘面の分類を行い、断層運動による変形量の推定を行った。そして、これらの成果やその他の公表済みの成果を総合し、同断層帯で深部および浅部の断層形状、構造モデルを作成し、変形過程の予備解析を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】強震動、長周期地震動、地表変形、数値シミュレーション、物理探査

【テーマ題目8】活断層および地震に関する融合研究
(運営費交付金)

【研究代表者】桑原 保人(地震発生機構研究チーム)

【研究担当者】近藤 久雄、加瀬 祐子、桑原 保人、今西 和俊、長 郁夫、木口 努、丸山 正、安藤 亮輔(常勤職員8名)

【研究内容】

本研究は、地震の発生・災害の予測に有効な研究の中で、特に、専門の異なる研究者が融合する事で研究の著しい進展が期待できる研究テーマとして、活断層の深部形状推定手法の開発と、地震時の地表すべりの多様性の原因解明を目標に、下記2テーマを実施した。

1) 糸静線活断層系・深部形状の解明

糸静線活断層系北部および中部に沿う第四紀以降の変形像を解明するため、これまでに作成した数値標高モデルを利用し、松本盆地東縁断層の詳細位置と犀川丘陵周辺の河成段丘面分布を明らかにした。さらに、段丘面の編年を行うためのボーリング掘削調査を実施し、年代推定試料の検討をおこなった。また、断層モデルの予察的な検討に着手した。今後、段丘編年と河床縦断形の検討を実施し、同地域で得られた応力場の情報等と総合して、同地域の活動様式と深部形状について考察を進めていく予定である。

2) 内陸逆断層の地表すべりの多様性とそのメカニズム

本年度は2008年岩手・宮城内陸地震で出現した地震断層のうち爪木立付近で見られる、バックスラスト断層と撓曲帯の地下構造を明らかにするため、周辺で微動アレイ探査を実施した。その結果、この付近の基盤の深さはおよそ300m程度と推定され、バックスラスト断層と撓曲帯の形状についてのモデルを提案した。結果は学会で発表した。

【分野名】地質

【キーワード】融合研究、糸魚川-静岡構造線、断層深部形状、岩手・宮城内陸地震、地表すべり多様性

【テーマ題目9】23年度3次補正予算(複合地質リスク評価-地震災害リスク)(運営費交付金)

【研究代表者】桑原 保人

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】桑原 保人、吉岡 敏和、丸山 正、近藤 久雄、栗田 泰夫、宮下 由香里、吾妻 崇、堀川 晴央、山口 和雄(地質情報研究部門)、伊藤 忍(地質情報研究部門)、竿本 英貴、吉見 雅行(常勤職員12名)

【研究内容】

2011年東北地方太平洋沖地震により日本列島の応力状態の変化によって、これまで活動度が低いと思われていた各地の断層等で誘発地震が多発している。ここでは、福島県浜通りの湯ノ岳断層と井戸沢断層、今後の活動の可能性が高くなった糸魚川-静岡構造線断層帯での活動履歴の解明、関東平野の伏在活断層(深谷・綾瀬川など)について、活動によって生じる地震動や地盤の変形についての評価のためのデータ整備、その他の東日本一帯の精密地形データの整備を行った。

1) 誘発地震発生域の活断層の活動履歴調査

いわき市周辺の誘発地震で井戸沢断層、湯ノ岳断層沿いに地表地震断層が出現した。ここでは両断層および糸魚川-静岡構造線断層帯トレンチ調査等を実施し、活動履歴を明らかにすることを目的とする。今年度は、対象断層帯での調査地点選定のための調査および、井戸沢断層の西トレースの1箇所についてトレンチ調査を実施した。調査結果は取りまとめ中である。

2) 関東平野に伏在する活断層の構造調査およびボーリング・土質調査

本年度は深谷・綾瀬川断層についての既存調査結果の検討および調査地点の下見等を実施し、調査場所の絞り込みを行った。

3) 航空レーザー測量および変形モデリング

本年度は、関東、新潟県、長野県での、精密地形データの整備状況の詳細調査、および他機関の所有する航空レーザー測量データについてそれらが利用可能かどうかの調査を行った。また、東日本一帯の地層の走向・傾斜資料のデジタイズ作業の準備を行った、

【分野名】地質

【キーワード】東北地方太平洋沖地震、誘発地震、湯ノ岳断層、井戸沢断層、深谷・綾瀬川断層、精密地形データ

【テーマ題目10】「沿岸域地質・活断層調査」地質調査データ情報の統合化(運営費交付金)

【研究代表者】岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】佐藤 智之(地質情報研究部門)、

岡村 行信・井上 卓彦（地質情報研究部門）、荒井晃作（地質情報研究部門）
（常勤職員4名）

【研究内容】

今まで構築してきた海域の音波探査データベースシステムが、2011年東北地方太平洋沖地震によってダメージを受けその修復をかねて、今までのデータの登録方法を大きく見直した。その結果、今まで登録していた位置データをその信頼性の低下を最小限にとどめて、大幅に圧縮することに成功した。それによって、データベースシステムの処理速度、安定性が向上し、データのバックアップも容易になった。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸地質、活断層、音波探査、データベース、白嶺丸

③【地圏資源環境研究部門】

(Institute for Geo-Resources and Environment)

(存続期間：2001.4.1～)

研究部門長：矢野 雄策

副研究部門長：棚橋 学、駒井 武

主幹研究員：當舎 利行、内田 利弘

所在地：つくば中央第7、つくば西

人員：71名 (71名)

経費：1,602,435千円 (257,534千円)

概要：

現代社会の営みは、多くの天然資源の消費の上に成り立っている。しかし、20世紀後半からの我々人類の生産及び消費活動の活発化は著しく、21世紀の近い将来においても天然資源の枯渇が現実的な問題になりつつある。また、化石燃料資源の大量消費による地球温暖化を始めとして、資源と環境の分野は密接に関連しており、それらの関係を見据えた対応が差し迫った課題となっている。このような状況を背景に、地圏資源環境研究部門は、持続発展可能な社会の構築に向けて、環境への負荷を最小化しつつ資源の開発や地圏の利用を行うための研究及び技術開発を行い、その成果を社会に還元することをミッションとする。

ミッション達成のための具体的な研究及び技術開発として、以下のユニット戦略課題を設定して取り組む。

1) 土壌汚染評価技術の開発、2) 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発、3) 地層処分にかかわる評価技術の開発、4) 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価、5) 地下水・地熱資源のポテンシャル評価および、6) 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築に関する研究を進める。

これらの研究の推進にあたっては、独立行政法人の

位置づけを十分に意識し、基礎研究、戦略基礎研究、応用研究、企業化研究とつながる研究発展の流れの中で、戦略基礎研究（第2種基礎研究）を中心に据え、我が国の経済産業が順調に推移するための資源及び環境分野における研究貢献を果たしていく。また、社会ニーズを把握しながら、資源の安定供給や地圏環境の保全に必要な萌芽的・基盤的研究にバランスよく取り組む。

【ユニット戦略課題】

1. 土壌汚染評価技術の開発
2. 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発
3. 地層処分にかかわる評価技術の開発
4. 鉱物・燃料資源のポテンシャル評価
5. 地下水・地熱資源のポテンシャル評価
6. 地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

内部資金：

「重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発」

外部資金：

経済産業省 平成23年度日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業「次世代型地熱エネルギー探査技術の開発」

経済産業省 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「外部振動源による家屋内環境振動の人体感覚評価・予測に関する研究」

経済産業省 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「健康リスク解析のための騒音曝露の長期観測データ収集システムの開発と住民参加型データベース構築手法の研究」

経済産業省 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究）「公共用水域・地下水中窒素を低減するための畜産排水からの窒素除去技術の開発」

経済産業省 平成23年度地層処分技術調査等委託費「地層処分共通技術調査：沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発」

経済産業省 平成23年度地層処分技術調査等委託費「地層処分共通技術調査：海域地質環境調査技術高度化開発」

経済産業省 平成23年度二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業「弾性波探査を補完するCO₂挙動評価技術の開発」

経済産業省 平成23年度二酸化炭素削減技術実証試験事業「CO₂圧入手法の適正評価とCO₂貯留層の健全性評価」

環境省 循環型社会形成推進科学研究費「製鋼スラグと腐植物質による生態系修復技術の受容性と環境リスクの総合評価」

環境省 平成23年度地球温暖化対策技術開発事業「温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究」

農林水産省 平成23年度新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「加温機排気中のCO₂の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「陸域における微生物による嫌気的メタン酸化プロセスの解明」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（若手研究（B））「イオン吸着型希土類鉱床の探査法の確立と資源量の評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（C））「急激な気候変動に対する海底扇状地の発達と二酸化炭素固定能力の応答の評価」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（B））「アジア有害元素汚染地域における食のリスク評価と専用大気PIXE分析システムの構築」

独立行政法人日本学術振興会 科学研究費補助金（基盤研究（A））「深部地下圏を模擬した高压条件下における生物的メタン生成過程の解明」

独立行政法人科学技術振興機構 地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）「新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成22年度希少金属資源開発推進基盤整備事業「レアメタル資源国共同開発」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油・天然ガス基礎研究委託事業「かん水の分析に基づく南関東ガス田の地下微生物の分布及びメタン生成速度の評価」

独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 平成23年度メタンハイドレート開発促進事業「新規取得試料の

微生物学的分析」

財団法人資源・環境観測解析センター 平成23年度希少金属資源開発推進基盤整備事業「グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業に係る再委託（その2）」

日本鉱業協会 受託研究費「磁鉄鉱と硫化鉱物を含有する岩石の電気的特性に関する研究」

発 表：誌上発表152件、口頭発表336件、その他95件

地下水研究グループ

（Groundwater Research Group）

研究グループ長：丸井 敦尚

（つくば中央第7）

概 要：

地球の水循環系を構成する地下水について、その流域規模での量・質・流れ・変動・温度分布等を明らかにする調査研究を実施するとともに、地下水の開発・利用・管理・環境改善に関わる評価手法の開発やモデリングの高度化を行う。また、地下水を主題とする知的基盤情報を水文環境図等により公開するほか、水文・地下温度場データベースを更新する。

研究テーマ：テーマ題目3、テーマ題目5、テーマ題目6

地圏環境評価研究グループ

（Geo-Analysis Research Group）

研究グループ長：今泉 博之

（つくば西）

概 要：

地下環境下の多孔質媒体内における物理、化学、生物現象の把握とその評価・制御に関する基礎研究をベースにして、土壌・地下水汚染等の環境問題を解決するための基盤技術の開発を行い、また音環境の予測・影響評価手法ならびに地圏の計測技術に関する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6

地圏環境リスク研究グループ

（Geo-Environmental Risk Research Group）

研究グループ長：張 銘

（つくば西）

概 要：

土壌・地下水・堆積物・帯水層・貯留層・鉱床などの地質媒体内の物理、化学、生物現象の把握とその制御に関する基礎研究をベースにして、土壌汚染、二酸化炭素地中貯留、核廃棄物地層処分、鉱山廃水、スモールスケールマイニング、生態系や地域社会への影響

等の多様な環境リスク問題を解決するための基盤技術
やリスク評価手法の開発、研究成果の製品化と普及を
行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目
6

CO₂地中貯留研究グループ

(CO₂ Geological Storage Research Group)

研究グループ長：中尾 信典

(つくば中央第7)

概要：

環境に調和した地下の有効利用を促進するために必
要な技術開発を行う。特に、地球温暖化対策としての
二酸化炭素地中貯留に関わる技術の開発を行うととも
に、地層処分や環境に負荷を与えない地下利用・資源
開発のための技術、環境を保全し安全を評価する技術
などについて研究を実施する。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目5、テーマ題目
6

地圏環境システム研究グループ

(Geo-Environmental System Research Group)

研究グループ長：高倉 伸一

(つくば西)

概要：

岩石・岩盤力学、物理探査、地圏流体シミュレーシ
ョンなど主として物理学的実験およびフィールドワー
クの手法を用いて、地層処分安全研究、CO₂地中貯留
研究、地熱等資源研究、地下利用技術研究に取り組み、
地圏環境との調和を考えた地下の有効利用および資源
開発に必要な技術の開発を行う。

研究テーマ：テーマ題目2、テーマ題目3、テーマ題目
4、テーマ題目5、テーマ題目6

物理探査研究グループ

(Exploration Geophysics Research Group)

研究グループ長：内田 利弘

(つくば中央第7)

概要：

地圏の利用や環境保全、資源開発等のための基盤技
術として、各種物理探査手法の高度化と統合的解析手
法の研究を行うとともに、地層処分等における岩盤評
価、地下水環境・地質汚染等における浅部地質環境評
価・監視、地熱・炭化水素資源探査などの分野へ物理
探査法を適用し、対象に即した効果的な探査法の研究
を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目
3、テーマ題目5、テーマ題目6

地圏微生物研究グループ

(Geomicrobiology Research Group)

研究グループ長：坂田 将

(つくば中央第7)

概要：

地圏における微生物の分布と多様性、機能、活性を
評価することにより、元素の生物地球化学的循環に関
する基盤的情報を提供するとともに、天然ガス等の資
源開発、地圏の環境保全や利用に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4、テーマ題目
6

地圏化学研究グループ

(Resource Geochemistry Research Group)

研究グループ長：佐脇 貴幸

(つくば中央第7)

概要：

地圏における化学物質の分布と挙動、特にメタン等
有用物質の生成・集積プロセスに関する地球化学的解
析を通じて、地球システムにおける物質循環に関する
基盤的情報を提供するとともに、資源の成因解明、開
発、環境保全に資する研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目5、テーマ題目
6

燃料資源地質研究グループ

(Fuel Resource Geology Research Group)

研究グループ長：鈴木 祐一郎

(つくば中央第7)

概要：

メタンハイドレート等天然ガス資源を初めとする燃
料地下資源の探査技術高度化を目指し、燃料資源探査
法、燃料鉱床形成機構及び燃料資源ポテンシャル評価
法の研究を行うとともに、我が国土及び周辺海域の3
次元的地質調査情報に基づく燃料資源ポテンシャル把
握の精度向上のための基盤的研究を進める。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

地熱資源研究グループ

(Geothermal Resources Research Group)

研究グループ長：阪口 圭一

(つくば中央第7)

概要：

中小地熱資源開発等、国内外の地熱資源の開発を目
指して、地熱資源の分布、成因、探査、評価、モデル
化、データベース化、利用技術、開発技術等に関わる
総合的な研究業務を行う。また、これらの研究をベー
スに、地下空間利用や地圏環境問題等に関わる応用的
な研究業務を行う。

研究テーマ：テーマ題目5、テーマ題目6

鉱物資源研究グループ

(Mineral Resources Research Group)

研究グループ長：高木 哲一

(つくば中央第7)

概要：

国民生活、日本の産業にとって不可欠な各種の鉱物資源、特に産業界からの要請の強い銅及びレアアース等の希少金属資源の探査手法の開発を行う。また鉱物資源に関する基礎的情報を提供するとともに、鉱物資源のポテンシャル評価を行う。

研究テーマ：テーマ題目4、テーマ題目6

〔テーマ題目1〕 土壤汚染評価技術の開発

〔研究代表者〕 駒井 武

〔研究担当者〕 駒井 武、張 銘、今泉 博之、
内田 利弘、坂田 将
(常勤職員12名、他8名)

〔研究内容〕

わが国の地圏環境における環境リスクを評価するための解析手法として、地圏環境リスク評価システム(GERAS)の開発・改良を行うとともに、日本国内の特定地域における土壤・地質環境の詳細調査により土壤特性等の解析作業を実施して、土壤物理・化学特性データベースの集積と拡充を継続的に行ってきた。これまでに、1200を超える事業所や工場、自治体などでリスク評価ツールとして活用され、わが国の標準的な土壤汚染評価手法として定着している。

本年度は、東日本大震災に伴って発生した大規模な津波堆積物及び広範囲にわたる放射性土壤汚染の調査・研究にも精力的に取込み、津波堆積物に含まれる重金属類のリスク評価や放射性土壤汚染による健康リスク評価などを実施した。これらの成果はグループのウェブサイトやオープンラボ、講演会及び被害地住民との交流会などを介して速やかに公表し、復興支援に力を注げるように努めた。また、東日本大震災による自然起源の津波堆積物試料を被災地6県より取得し、堆積物の物理化学的特性を明らかにしたほか、堆積物に含まれる重金属類の人への健康リスクを明らかにした。さらに、長期的な視点から、地圏環境リスク評価に社会経済学や生態への影響など新しい概念を取り入れ、マルチプルリスク評価手法の継続的な開発・改良を実施している。

地質環境に関する研究では、自然及び人為起源に由来する土壤・表層水の汚染に対する同位体を用いた研究開発を進めるとともに、北海道における堆積物に含まれる自然由来有害物質の存在形態とその溶出メカニズムの解明、道内市街地周辺部の堆積物中の自然由来有害物質に関する評価及び情報整備・解析に携わってきた。また、天然硫化鉄鉱を用いた残留性塩素系化合物に関するより天然に近い環境における浄化メカニズムの解明を進め、特に亜熱帯地域の沿岸硫酸酸性土壤を対象とした浄化効

果の定量的な評価を可能にした。

地圏環境に関する研究では、原発事故に由来する放射性セシウムの土壤・地下水中で移動現象を予測するための調査やパラメータの取得などを実施し、土壤の性質・性状などが吸着挙動に及ぼす影響について定量的に評価してモデルの構築を進めた。さらに、東日本大震災を契機に発生した状況について、災害分析・避難分析・リスク評価領域における研究ポテンシャルを活かした技術解説と分析を行い、その成果を公表した。

土壤中での重金属類の挙動や浄化技術の確立及び土壤汚染リスク評価などを目的として、鉛を代表とする汚染物質の存在形態や酸性水による溶出試験、動電学的浄化試験及び長期溶出試験、現場試験などを実施した。これらの研究により、重金属類の溶出特性は土壤性質だけでなく、汚染の付加される時期や汚染原因などにより汚染の特徴が異なることなどの新たな知見が明らかとなり、土壤浄化やリスク評価モデル構築などにおける汚染土壤からの溶出特性を適切に評価する重要性が示唆された。

土壤汚染のオンサイト計測技術については、実現場への適用を試み、その有効性と実用性が実証された。土壤の鉱物組成及び有機物質が浄化効率に及ぼす影響に関しては、関連評価技術のアプローチの提案と予備的検証ができ、定性的及び定量的な評価に向けた知見整備を進めている。また、酸性電解水及び動電学的手法を用いた浄化技術の開発については、基礎的なデータを収集・解析して、民間企業との共同研究において現場実証試験への適用までに至っている。今後は計画に基づく更なる研究・開発を重ね、共同研究や受託研究の成果を発展させて、関連技術の実用化と産業への普及を推進していく予定である。

〔分野名〕 地質、環境・エネルギー

〔キーワード〕 土壤汚染、地下水汚染、リスク評価

〔テーマ題目2〕 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発

〔研究代表者〕 當舎 利行

〔研究担当者〕 當舎 利行、中尾 信典、内田 利弘、
高倉 伸一(常勤職員25名、他5名)

〔研究内容〕

大気中のCO₂削減のため、大規模発生源に近い沿岸域においてCO₂を地下1,000m程度の深部に圧入する地中貯留技術が期待されている。弾性波補完モニタリング技術の開発では、重力、自然電位、AE(Acoustic Emission)などの多面的なモニタリング技術を適用し、弾性波探査(反射法など)を補完できる技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、大規模CO₂圧入を計画している米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ(SWP)との関係を強化し、現地調査と許認可手続きを進め、テスト・サイト(米国ユタ州)において観測基点の設置とベースライン測定に着手した。最適モデリング技術の開発では、数

値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂飽和度等の変化量を、観測可能な物理量に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO₂挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、汎用貯留層シミュレータ TOUGH2からの出力にポストプロセッサを適用できるよう TOUGH2用インターフェースの開発を行った。

遮蔽性能評価技術の開発のうち、ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、前年度研究対象に選定した長野県松代地域の既存データを整理し、流体流動-ジオメカニクス連成解析用の地質初期モデルを作成し、TOUGH-FLAC を用いて予備的計算を行い実観測に調和した結果を得た。また、北海道・苫小牧の坑井試料を用いた力学実験等を行った。CO₂移行性能評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO₂長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目指し、粒径を制御した人工試料に対する浸透実験を実施しシール圧の評価手法の検討を行うとともに、化学的反応プロセスの評価として、炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行い、炭酸塩鉱物の反応速度データを取得した。

一方、北海道苫小牧における CO₂地中貯留の実証試験の実施に先立ち、CO₂を地中に入れることによる地震の誘発可能性と実証試験地が巨大な地震に襲われたときの安全性について評価を行った。その結果、現在計画されている CCS 実証試験の内容であれば、CO₂圧入に伴う地震誘発や、CO₂が上部の地層に漏洩することを想定する必要性は小さいと評価された。ただし、実証試験地においては、微小震動の観測網を設置し、観測結果を圧入事業に反映することが重要であり、事業への安心・信頼性向上のためには、周辺の微小地震活動についてもモニターすることが肝要と考えられる。

基礎的な研究としては、サイズミック・データによるガス飽和度の推定、モニタリング技術の現場実験、微小地震の再解析、CO₂長期挙動シミュレーション、リスク評価手法の開発を実施した。帯水層に注入された CO₂の挙動を高精度に把握するための貯留層モデリング手法については平成21-23の3年間の共同研究を行っており、本年度は多成分系を扱うための貯留層シミュレータの拡張を完了するとともに、自然電位ポストプロセッサについて、酸化還元電位メカニズムによる坑口まわりの自然電位発生を計算するための機能拡張等を行った。豪州 Surat 堆積盆の概念モデルを用いて CO₂圧入の貯留層シミュレーションを行い、新たな開発機能の確認を行うとともに各手法の適用性を検討し、開発したソフトウェアの検証を行った。

【分野名】地質、環境・エネルギー

【キーワード】二酸化炭素、地中貯留、環境

【テーマ題目3】地層処分にかかわる評価技術の開発

【研究代表者】内田 利弘

【研究担当者】丸井 敦尚、内田 利弘

(常勤職員10名、他5名)

【研究内容】

本研究では、沿岸域において、「原子力政策大綱でいう、地上からの調査」を想定したボーリングによって地質・地下水環境を調査・観測しながら、段階的かつ繰り返しの地下水流動解析を行い、沿岸域における塩淡境界の形状把握と地下水の長期的な流動・滞留状況を評価する。これによって、ボーリングと物理探査との組合せ、関連データベースの活用等を含めた、沿岸域における塩淡境界や断層等の把握及びその長期的な変遷の評価に係る総合的な調査評価手法として構築することを目的としている。塩淡境界/地下水総合評価技術の開発に関しては、北海道幌延町の沿岸域において深度1000m のボーリング調査を実施し、本掘削で得られた地質試料に対して、花粉分析、CNS 分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF 値の違いによる地下水(間隙水)試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果、特に深部環境においては水理境界が明らかに地質境界と異なることがわかり、地下水環境の長期的な安定性評価が大きく前進した。さらに、水理試験や広域超長期地下水流動解析を実施した。その結果、浅海域海底電磁探査によって発見された海底下の淡水地下水領域が形成されたのは氷期の地下水流動によるものであり、海底下の地下水が超長期的に安定して存在していることが判明した。

沿岸域地質構造/断層評価技術の開発に関しては、平成22年度までに開発した海底電磁探査装置を用いた浅海域における調査の実施に主眼を置き、新たに取得される海底電磁探査データとこれまでに取得した海域探査データと陸域の電磁探査データを統合して解析し、海陸接合の比抵抗構造モデルを拡張した。また、本業務において昨年度までに掘削された深部調査井の試料分析結果を参照し、物理探査結果の解釈を実施し、断層構造や塩淡境界に関する地質構造モデルを改訂した。関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における堆積層データベースを完成させ、地下水賦存量や各地の地下水流動解析を実施した。この結果、安定した地下水の存在する領域を示すことに成功し、カスタマイズされた地下水データベースと合わせ、本研究に資するデータベースを発信できるようになった。

海域地質環境調査技術の高度化開発に関しては、物理探査により観測されている堆積平野の沿岸海域に淡水地下水領域(海底湧出地下水)の存在を、広域・超長期的地下水流動解析から証明した。また、地質境界と水理境界が一致しないことが同様に示されているが、これを解

析的に考察し、動的初期条件を使うことで海水準変動を繰り返す沿岸域の地下水環境を解明（再現）することができた。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地層処分、地圏流体、資源、環境

〔テーマ題目4〕鉱物・燃料資源のポテンシャル評価

〔研究代表者〕棚橋 学

〔研究担当者〕高木 哲一、鈴木 祐一郎、坂田 将、佐脇 貴幸、棚橋 学
(常勤職員20名、他5名)

〔研究内容〕

レアメタルに関する資源評価・研修体制構築のため、FE-EPMA等の鉱石分析設備・磁力選鉱器等の初期的選鉱設備整備、ブラジル、アラスカ、モンゴル、タイ等の有望レアアース鉱床の資源ポテンシャル評価を実施した。国際共同研究推進のため、ブラジル鉱産局(DNPM)、米国地質調査所(USGS)、トルコ地質鉱物資源総局との研究協力協定締結を進めた。USGSとは、産総研との包括研究協力協定の下で、レアメタルに関する共同研究を実施する事になった。資源地質学会シンポジウム「レアアースおよびインジウム鉱床の成因と資源評価」を企画・開催するなど、国内外の学会等で多数の講演、普及活動を実施した。中国の生産状況・鉱害等に関する文献調査、コロラド鉱山大学との情報交換等を実施した。レアアース資源評価については豪州、カナダ、スウェーデンにおいて鉱床調査を実施した。グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業では、トルコ西部においてデータ収集を実施した。ベントナイト資源研究として、米国ベントナイト試料の基本的な性質を調べ、廃棄物処分場用途の適性を評価した。骨材資源や粘土鉱物等の非金属鉱物資源の産状等にかかわる現地調査・実験を行い、資源の安定供給と製品化に資する研究開発を実施した。東日本大震災後の採石場の状況に関して調査を行い、保安上の課題を検討し採石場の環境設計について考察した。

上越沖 MH 調査航海で得られた試料・データの解析を引き続き実施し、熱解析では温度構造モデルを構築した。佐渡沖の地震探査データ解析から、海底のマウンドとボックマークの成因を示した。南海トラフ海域で、掘削コアの熱物性値(熱伝導率、熱容量、熱拡散率)を見積もり、海底水温変動のある海域で熱流量を精度良く計測する手法を検討し、隆起に伴う圧力減少によるガスハイドレート分解に関する数値モデルを構築した。三陸沖下北半島東方沖の地質構造解析により、緩傾斜斜面における天然ガスに係わる崩壊型堆積層形成メカニズムを示した。シェールガス鉱床生成条件と国内で対応する地域を検討した。関東地域水溶性天然ガスに関し、坑井地質データを追加収集し深層熱水型温泉水及び水溶性天然ガスの化学分析結果を総合解析した。南関東ガス田以外の

地域にも水溶性天然ガスが賦存し上総層群の他、下位の安房層群・三浦層群等、沖積層などに存在し、基盤深度の大きな地域に水溶性天然ガスを溶存する深層熱水が普遍的に滞留している。地圏微生物研究では、基礎試錐「東海沖～熊野灘」で採取された堆積物中の古細菌脂質の研究を進め、アーキア脂質の起源生物について再検討を行い、ヒドロキシアーキオールの起源生物はメタン生成菌の可能性が高く、アーキア中のメタン生成菌の割合が大きいことが示唆された。水溶性天然ガスの濃集機構と鉱床の形成/保存について検討し、数千 m の半深海堆積物の浅層にメタンが濃集し、若い時代に急速に堆積・陸化した場合のみ鉱床が保存されると解釈した。天然ガスの各炭化水素の同位体比を用いたガスの対比法の改良を行うとともに、メタンを主成分とするガス中の微量非メタン炭化水素測定システムを改良した。ガスハイドレートの相平衡条件を実験的に測定し、メタノール、エチレングリコール等と共存するエタンのハイドレート相平衡条件の実験結果から、溶質濃度の増加に伴い相平衡条件は低温側へシフトすることがわかった。ハイドレート相平衡条件の推定法を改良し、アルコール水溶液等と共存するガスハイドレートの相平衡条件の推定が可能になった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕鉱物資源、レアメタル、レアアース、天然ガス、メタンハイドレート

〔テーマ題目5〕地下水・地熱資源のポテンシャル評価

〔研究代表者〕當舎 利行

〔研究担当者〕丸井 敦尚、阪口 圭一、内田 利弘、當舎 利行、高倉 伸一、中尾 信典
(常勤職員22名、他1名)

〔研究内容〕

地下水資源のポテンシャル評価においては、帯水層蓄熱を利用した地中熱システムのポテンシャル評価手法の開発に着手した。このシステムは、日本で普及が始まったシステムと比較して熱効率の良いことは知られているが、厳しい地下水揚水規制などにより一般的な技術にまで至っていないのが現状である。本研究では、山形盆地を対象として適地指標の検討および各指標による適地評価を試みた。今後は、現地実証試験データを取り込んで、現在得られている適地指標の高度化を行う予定である。

地熱資源のポテンシャル評価においては、八丈島と南伊豆の2つのモデル地域を対象として温泉共生型地熱貯留層管理システム実証試験にて実証研究を行っている。この研究のうち、サブテーマ1)地熱系モデル開発及びシステム統合化では、モニタリング、シミュレーション等のデータの突き合わせを行い、モデルを改良した。南伊豆地域においては、地熱系モデル作成に不足している地質・水理・地化学データを取得して、地熱系モデルを作成した。また、システム統合化に関しては、八丈島地

域におけるモニタリングデータの自然変動幅を把握し、最終成果物となる統合化システムの概念設計を行った。また、2) モニタリング技術開発では、地域の特性等を考慮したモニタリング手法設計などが課題について究明を行った。八丈島地域においては、掘削をした観測井にて水位等のデータや発電所・温泉データの蓄積を開始している。南伊豆地域には約700m 深度の観測井を掘削し、検層と注水試験を行った。微小重力については、八丈島において、3か所の温泉及び観測井での水位等の連続観測、調査井地点での高精度重力計による重力連続観測および、ハイブリッド重力計測を行った。3) 変動予測シミュレーションでは、八丈島での地熱発電所管理用に作成されたシミュレーションモデルに基づき、浅部をより詳細にシミュレーションするためのモデルを設計するとともに、変動予測シミュレーション結果と各種モニタリングデータ等の比較検討を行い、モデルの改良を行った。温泉発電システムの開発と実証では、現地実証試験にともなったモニタリングおよびメカニズムの解析などを行っている。モニタリングについては、温泉発電を実施する温泉井戸ならびに周辺1km の源泉について毎月温泉水を採取し、昨年度に引き続き水質等が安定していることを確認した。また、メカニズムの解析では初期生産量(624L/min)の60%程度の約400L/min の生産は数十年可能と推定され、この流量での生産試験は可能であることを示した。

次世代地熱エネルギー探査技術の開発では、地下に人工の水理系を作成して天然の水理系につなげてエネルギーの抽出を行う EGS 技術のうち、熱交換面を作成するために水圧破砕を実施したときに、どの方向に亀裂が進展して熱交換面が形成されたかをモニタリングする技術の開発を行う。本年度は、EGS でのテストを想定して、米国にて地震計による予備的な観測を行った。また、高精度の亀裂マッピングを行うため模擬計算を行って、亀裂の進展が地震波速度に与える影響を評価した。インバージョン解析ソフトウェアを用いた坑井内圧力遷移データ解析手法に関する研究では、複数坑井による圧力干渉データの解析に主眼を置き、注水流量が浅部フィードゾーンに全量流入するケースと、2つのフィードゾーンに部分流入するケースに分けて解析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】地下水資源環境、地熱資源、地中熱

【テーマ題目6】地圏の資源環境に関する知的基盤の構築

【研究代表者】棚橋 学

【研究担当者】丸井 敦尚、駒井 武、内田 利弘、
坂田 将、佐脇 貴幸、鈴木 祐一郎
阪口 圭一、高木 哲一、棚橋 学
高倉 伸一(常勤職員25名、他5名)

【研究内容】

地圏における水文環境や物質の循環および集積メカニズムの解明を通じて、土壤汚染、地熱資源、鉱物資源、燃料資源等に関する情報を整備し、データベース構築、地圏資源環境に係る各種地球科学図を作成する。また、地圏の諸現象解明に必要な新たな各種基盤的地質調査技術の開発を行う。平成23年度は、以下の研究を行った。

表層土壌評価基本図に関しては、「富山県地域」の調査を進め、地球科学情報およびリスク評価データの公開システムの構築を行うとともに、表層土壌基本図を出版した。また、東日本大震災による津波堆積物の被害を受けた6県の沿岸地域における震災前後の土壤環境特性変化の評価のため、関連図幅の作成・整備を進めており、まず茨城県地域における表層土壌基本情報の出版を目指し、データの収集と整備を進めた。

水文環境図に関しては、従来まで出版してきた水文環境図の内容をさらに充実させ、新基準(地質ニュースにて公表)に基づく作図を開始し、水文環境図第7号「石狩平野」、第8号「熊本平野」の調査出版作業を実施した。平成23年3月には未曾有の大震災を経験し、エンドユーザーが求める情報がより多角化し高精度になってきている。これをふまえ、水の資源・環境・熱利用等に対するデータの拡充を図りながら今後の出版を進める。

鉱物資源関係では、500万分の1アジア地質図を出版した。これは日本からカスピ海周辺までを含む広域地質図であり、統一の規準で編纂された他に類例を見ないものである。また、300万分の1中央アジア鉱物資源図の原稿を提出するとともに、500万分の1アジア鉱物資源図のための鉱物資源データのコンパイルを開始した。

燃料資源関係では、「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」の研究成果について、燃料資源地質図として取りまとめるためのデータ整理、特に坑井地質の整理と温泉の地球化学的特徴に関するデータベース化を行った。また、佐渡南西沖海域における燃料資源地質図を作成するため、熱流量や堆積物の物性データの取得や、本海域の既存データを収集するとともに、筑豊炭田図の編集では、基本図の完成に引き続き、断面図、炭層柱状図や説明書などの編集を進めた。

地熱資源関係では、「全国地熱ポテンシャルマップ」(2009)にまとめられた評価法改良の検討を実施した。その結果、重力基盤深度の大きい地域での資源量が過大に評価される可能性があることを見出した。また、新エネルギー・産業技術総合開発機構が実施した地熱開発促進調査の地化学データをデジタル化したデータベースを作成し、地化学的特徴の整理に着手した。今後は地化学的特徴の整理を継続し、共通利用できるデータベースとしての公開を目指す。

地下空間における岩盤評価のための総合計測技術の開発として、応力計測、岩石試験、物理探査などの技術を

利用し、掘削前あるいは掘削後の地下空間周辺の岩盤評価に有効な計測法の開発を実施している。今年度は、地圧計測データから空洞周りの応力場評価と緩み域との関係について考察する等の研究を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】地質調査、知的基盤、地球科学図

④【地質情報研究部門】

(Institute of Geology and Geoinformation)

(存続期間：2004.5.1～)

研究部門長：栗本 史雄

副研究部門長：牧野 雅彦、宮崎 一博、池原 研

上席研究員：齋藤 文紀

主幹研究員：木村 克己、山元 孝広、竹野 直人

部門付：鹿野 和彦、小笠原 正継、三田 直樹

所在地：つくば中央第7、中国センター

人員：112名 (112名)

経費：735,414千円 (445,938千円)

概要：

1.1 研究目的

日本は、四方を海に囲まれ、大地震や火山噴火が頻発する数少ない先進国である。私たちが暮らし、産業活動を行っている地球の環境を守り、地質災害による被害を少なくするためには、まず、足もとの大地の様子と成り立ちをよく知るための地球システムの深い理解が必要である。どこまで地球のことを理解することができたかによって、将来起きることの予測の精度が決まり、これに応じた対策をとることができる。

地質情報研究部門は、国の「地質の調査」を所掌する産総研地質分野のユニットとして、長期的視点にたって陸と海の研究を一元的に実施し、関連するユニットとともに、国の知的基盤として信頼性の高い地質情報を整備し社会に発信する。知的基盤整備・発信及びその基礎となる研究については、部門全体で取り組む。同時に、人類と地球が共生し、安心・安全で質の高い生活と持続可能な社会の実現に向けて、重点的かつ戦略的に研究に取り組む。

1.2 中期目標・計画達成のための方針

産総研地質分野では第3期中期計画の戦略目標および課題を策定し、平成23年度はその中期計画期間の2年度である。地質情報研究部門は地質分野の中核ユニットとして、その戦略目標および課題に対応して、国土の地質情報を取得・整備するとともに、理論モデル構築による的確な将来予測の実現と社会の要請に応えることを目指して研究課題に取り組む。

研究実施にあたっては、研究グループを基盤とする研究と、これらを横断する重点プロジェクトによるマトリックス方式を採用する。これらの研究を進める中で、陸域と海域の研究の融合を進め、バックグラウンドの異なる研究者間の交流、シーズ研究の創出や次世代の人材育成を進める。

研究グループは専門家集団としての特徴を生かし、研究ポテンシャルの向上を目指すとともに、重点プロジェクト研究の基礎を支える研究、あるいは将来のプロジェクト創出の基となる研究を実施する。一方、重点プロジェクト課題を設定し、グループを横断した協力連携でもって研究を推進する。

1.3 グループ体制と重点課題

平成23年4月の再編により、地圏資源環境研究部門に所属していた深部地質環境研究コアの研究グループが当部門に所属することになり、放射性廃棄物地層処分の安全規制支援研究は当部門に集約されることになった。また、物質循環研究グループとマグマ熱水鉱床研究グループ（一部）を統合して海洋資源環境研究グループを新設し、海洋の資源および環境に関する研究を総合的に進める体制を構築した。これにより平成23年度の当部門の組織体制は、17研究グループ、1連携研究体から構成される。

当部門では研究グループを横断する以下の9プロジェクト（P）を設定し、連携・協力して研究を進める。

- ・陸域地質図 P：国土基本情報としての陸域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海域地質図 P：国土基本情報としての海域の島弧地質と知的基盤整備。
- ・海底鉱物資源 P：海底熱水鉱床ポテンシャル評価。
- ・大陸棚調査 P：大陸棚画定の科学的根拠提示のための地質調査研究。
- ・ジオグリッド P：衛星画像情報の整備と地質情報の統合のための研究。情報・エレクトロニクス分野および環境・エネルギー分野との融合課題。
- ・火山噴火推移予測 P：伊豆大島火山の噴火シナリオと防災に関する研究。
- ・沿岸域の地質・活断層調査 P：陸域－沿岸域－海域をつなぐシームレス地質情報の整備と活断層の評価。地質調査総合センターのユニットが連携協力して平成20年度から取り組む政策課題。
- ・深部地質 P：放射性廃棄物地層処分の安全規制支援。
- ・鉱物資源 P：陸域の鉱物資源ポテンシャル評価。

1.4 内外との連携

社会の要請に積極的に応えるために、地質情報の

信頼性の確保と利便性の向上を図り、国・自治体・産業界との連携を強化して、科学的根拠に基づいて提言などを行う。

他の関連ユニットとの連携を強め、産総研における地質調査総合センター（GSJ）としての機能を十分に果たす中核を担うとともに、産総研内外の連携を推進する。総合科学技術会議などの日本の科学技術政策の中で、産総研地質調査総合センターの果たすべき役割について検討し、必要な働きかけを行う。研究によって形作られる地質情報はもちろんのこと、地球を理解する科学技術は、地質学的にも関連の深いアジアをはじめとする世界にとって共通の財産であり、地質情報研究部門はCCOP（東・東南アジア地球科学計画調整委員会）等の国際組織やIODP（統合国際深海掘削計画）、ICDP（国際陸上科学掘削計画）などの国際プロジェクトを通じて世界に貢献する。また、地震・火山噴火・地すべりなどの緊急課題についても、地質調査総合センターとして迅速に取り組む。

発表：誌上発表184件、口頭発表471件、その他143件

平野地質研究グループ

(Quaternary Basin Research Group)

研究グループ長：水野 清秀

(つくば中央第7)

概要：

堆積平野とその周辺の丘陵地を主な研究対象とし、それらの実体把握と形成プロセスの総合的な理解に努め、地質災害の軽減・産業立地・環境保全等に貢献する地質情報を提供する。この目的のため、特に沿岸域・都市地質プロジェクトの中核となって活動するとともに、陸域地質図プロジェクト等にも積極的に参加し、また関連する内外の諸研究グループや機関とも連携して研究を進める。関東平野、福岡沿岸域、北海道南西部などの沿岸平野及び近江盆地などの内陸盆地を重点的に調査・研究を行っている。平野を構成する地層の詳細な層序、地盤特性、地質構造などを把握し、またそれらの形成プロセスを明らかにするとともに、地質情報のマップ化・データベース化を進める。さらに平野地質に関連した自然災害が発生した場合には、関係諸グループと連携をとり、被害調査などを実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目2、テーマ題目35、
テーマ題目37

層序構造地質研究グループ

(Stratigraphy and Tectonics Research Group)

研究グループ長：中江 訓

(つくば中央第7)

概要：

日本列島（活動的島弧）と周辺の東・東南アジア地域（大陸縁辺域）の地質学的実態を把握し、その長期的地質現象の過程を解明するために、[1] 海溝-前弧域での堆積・造構過程ならびに造山帯の造構作用の解明、[2] 火山弧周辺（前弧-火山フロント-背弧内堆積盆）における堆積環境・火山活動の時空間変遷などの解明、[3] 第四紀島弧内堆積盆における層序区分の高精度化ならびに堆積環境・気候変動の解明、などの地質学的問題を主要な課題と位置づけた「層序構造地質の研究」を、系統的かつ総合的に展開する。さらに国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される「陸域地質図プロジェクト」の中核研究グループとして、「層序構造地質の研究」の成果と最新の地質学的知見を融合し、我が国の知的基盤情報として各種の陸域地質図整備を担当する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目3

地殻岩石研究グループ

(Orogenic Process Research Group)

研究グループ長：宮崎 一博

(つくば中央第7)

概要：

活動的島弧の長期的挙動及び安定性を解明するために地殻岩石の研究を行う。地殻岩石の研究では、変成帯・火成岩体を研究対象とし、その形成において本質的な沈み込み帯での変形・変成作用、島弧地殻での変形・変成・火成作用などを、地層・岩体の地質調査、岩石・鉱物の化学分析・構造解析、及び形成モデリングにより明らかにする。また、国土の基本地質情報整備のために部門重点課題として実行される陸域地質図プロジェクトに、その中核研究グループとして参画する。陸域地質図プロジェクトにおいては、地殻岩石の研究成果及び既存の地質体形成過程に関する知見を融合・適合することにより高精度の地質図の作成を行う。研究成果は論文・地質図・データベースなどを通じて公表する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目4

海洋地質研究グループ

(Marine Geology Research Group)

研究グループ長：荒井 晃作

(つくば中央第7)

概要：

海域地質図プロジェクト及び沿岸域プロジェクトの中核を担って研究を遂行する。日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータを基に日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明を行うことを目的とする。第2白嶺丸を用いた

音波探査、採取堆積物及び岩石を基本データとし、それらの解析によって海洋地質図（海底地質図及び表層堆積図）を出版、インターネットでのデータ公開も進めている。これらの既存データに加え、他機関データや調査船等を活用し、活動的構造運動や古環境変動等の海域における地質現象の解明を目指す。さらに、地質情報に乏しい沿岸海域についても、小型船舶を用いて音波探査と堆積物採取を行い、沖合と陸上の地質情報を統合的に解釈、公開を進める。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目7、テーマ題目36

地球変動史研究グループ

(Paleogeodynamics Research Group)

研究グループ長：山崎 俊嗣

(つくば中央第7)

概 要：

地磁気層序、岩石磁気層序及び微化石層序学的研究を統合した高分解能年代スケールを基盤とし、海陸の地質及び地球物理学的情報を融合して、地質学的時間スケールの地球システム変動及びテクトニクスを解明することを目的とする。これにより、地球科学図、大陸棚調査などの当部門のミッション達成に貢献する。また、統合国際深海掘削計画 (IODP) の推進に、科学と運営の両面から貢献する。

平成23年度は前年度に引き続き、統合高分解能タイムスケールに関する研究、フィリピン海プレートに関わるテクトニス研究、物理探査技術の研究及び、古地磁気・岩石磁気研究を、運営費交付金を用いて実施した。さらに、科学研究費補助金により、統合高分解能タイムスケールに関連する課題1件、物理探査技術及び堆積学に関連する課題2件、古地磁気・岩石磁気研究に関連する課題2件を実施し、受託研究を1件実施した。また、5万分の1及び20万分の1地質図幅の作成、海洋地質図の付図としての重力・地磁気異常図の作成、海洋地球物理データベースの保守を行うとともに、大陸棚調査を分担した。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目6、テーマ題目8、テーマ題目9

シームレス地質情報研究グループ

(Integrated Geo-information Research Group)

研究グループ長：斎藤 眞

(つくば中央第7)

概 要：

陸域地質図プロジェクトの主要グループとして5万分の1及び20万分の1地質図幅の研究を行う。また、20万分の1日本シームレス地質図の改訂作業を行うとともに、次世代20万分の1日本シームレス地質図の凡例の作成を行う。20万分の1日本シームレス地質図をベースとした地球科学図の統合データベースの構築を行

うとともに、5万分の1縮尺のシームレス地質図等をベースとした新たな大縮尺地質図データベース構築のための基礎研究を行う。さらに、地質情報を、社会に役立つ、新たな価値を創出する情報として発信するための研究開発や標準の策定を行う。アジアの地質情報の研究・整備・解析、野外調査を基礎にした地質学的・地球物理学的研究も実施する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目5、テーマ題目10、テーマ題目11、テーマ題目12

地球物理研究グループ

(Geophysics Group)

研究グループ長：牧野 雅彦

(つくば中央第7)

概 要：

地球物理データを取得する調査手法ならびに解析技術の開発・高度化を行い、地下地質構造に関する実態解明を目的とする。地球物理図の作成及び重力データベースの拡充を行い、国土の知的基盤地質情報整備と利活用に貢献する。また、平野部や沿岸域において地震探査や重力探査など物理探査を実施し地層や断層に関する詳細な地下構造を求める。これらの研究成果は論文・地球科学図・データベースや産総研一般公開・地質情報展などを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目13、テーマ題目14

情報地質研究グループ

(Geoinformatics Research Group)

研究グループ長：浦井 稔

(つくば中央第7)

概 要：

衛星情報から潜在的な地質情報を抽出し、これをシームレス化・デジタル化された地質情報と統合することによって、新たな視点の地質情報を得ることを目的とした研究を実施する。この研究には地質資源に関する研究、地質災害軽減に関する研究、地球環境に関する研究、X線CT岩石学に関する研究に加えて、地質情報および衛星情報のシームレス化・データベース化に関する研究が含まれる。

研究テーマ：テーマ題目15

火山活動研究グループ

(Volcanic Activity Research Group)

研究グループ長：中野 俊

(つくば中央第7)

概 要：

中期的な火山噴火予測のため、活動的火山の噴火履歴・成長史を解明し、将来の活動様式・時期を予測するとともに、火山地質図を作成する。また、長期的な

火山活動場変遷の規則性を明らかにするために、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにする研究を実施する。これらに加え、年代測定法や化学分析法などの技術開発および高度化を行うとともに実測定を実施し、物質科学的な見地から火山の総理解を深める。火山噴火あるいは火山活動時においては、社会的要請に応えるための組織的かつ機動的な緊急調査を実施する。また、陸域地質図プロジェクトのコアグループの一つとして、新生代火山岩地域における高精度の地質図作成を行う。これらの研究成果は、論文・地質図・データベースなどを通じて社会に発信する。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目16、テーマ題目17、テーマ題目21

マグマ熱水鉱床研究グループ

(Magma-Hydrothermal Deposits Research Group)

研究グループ長：森下 祐一

(つくば中央第7)

概要：

マグマ熱水鉱床を含む系における元素の移動、分配、沈澱により鉱物の同位体・化学組成が変化する素過程を、同位体比測定や流体包有物の解析等に基づき明らかにし、熱水の進化や鉱床成因を解明することを目指す。岩石・鉱物の同位体・化学組成は微小領域では不均質なため、二次イオン質量分析装置 (SIMS) 等を用いて微小領域同位体・化学分析を行うことにより、現象の本質を解明して鉱物資源の探査法の開発やポテンシャル評価を行う。一方、鉱床の起源となるマグマの性質を解明するため、火山岩等に含まれるメルト包有物の SIMS 分析を実施し、マグマの進化・脱ガス機構やマグマ供給系の深さを明らかにする。また、同位体分析法等の開発に関する研究を行なう。陸域の鉱物資源のポテンシャル評価では微小領域分析や同位体分析等に基づき鉱物資源の成因解明や探査法の開発に関する研究を行う。また、鉄マンガンクラストの成因解明など、海底鉱物資源に関する調査研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目18、テーマ題目19

マグマ活動研究グループ

(Magmatic Activity Research Group)

研究グループ長：篠原 宏志

(つくば中央第7)

概要：

短期的火山噴火予知・活動推移予測の基礎となる、噴火機構・マグマ供給系の物理化学モデルの構築を目指し、マグマ系における化学反応・力学過程などの素過程の実験・理論的研究と活動的火山の観測・調査に基づくマグマ活動の把握及びモデル構築を行う。具体的には、火山ガス放出量・組成観測、放熱量観測、地殻変動観測など活火山の観測研究と、メルト包有物や

斑晶組織・組成の解析によるマグマの性質と進化の研究、地質調査に基づく岩脈貫入や噴火時系列の解析、高温高压実験やアナログ物質を用いた模擬実験などによる素過程の解析などを実施する。研究成果は火山噴火予知連にも報告され、火山活動の評価などの基礎資料としても用いられる。

研究テーマ：テーマ題目20、テーマ題目21

長期変動研究グループ

(Geodynamics Research Group)

研究グループ長：伊藤 順一

(つくば中央第7)

概要：

日本列島における、地殻変動および火山活動の基礎的理解を深めることを目的として、第四紀火山の地質・岩石学・鉱物学的研究、変動地形学的手法による第四紀地殻変動の研究、断層解析による地殻応力場変遷史の研究を行う。これらの調査結果による知見や各種の調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される地質環境の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

研究テーマ：テーマ題目22、テーマ題目23

深部流体研究グループ

(Crustal Fluid Research Group)

研究グループ長：風早 康平

(つくば中央第7)

概要：

日本列島各地における浅層-深層地下水、温泉、ガス等を調査し、その起源、成因や流動状態を解明するための手法を開発することにより、深層に存在する地下水系や深部流体の実態を明らかにすることを目的とする研究を行う。具体的研究手法は、地下水・ガスの各種化学・同位体組成からわかる地下水やガスの物質収支および形成機構の解明、希ガス同位体組成等を用いた超長期地下水年代測定、地質や地質構造と深層地下水流動の関係を明らかにする GIS ベースの DB 開発などである。これらの調査結果による知見や各種地下水調査手法開発による研究結果は、地質情報センターにおいて、深部地質環境研究コアのミッションとして実施される深層地下水系の長期変動予測や安定性評価手法の開発に応用される。さらに、原子力安全保安院による放射性廃棄物地層処分安全規制のためのガイドライン作成等に活用され、国による安全審査を科学的にサポートする。

平成23年度は、全国各地において、地下水および河

川水に関する水文調査および文献調査を行い、地下水に含まれる深部起源成分の同定およびその分布の解明および詳細な地下水年代解析を行った。

研究テーマ：テーマ題目24、テーマ題目25

地下環境機能研究グループ

(Geological Isolation Research Group)

研究グループ長：竹野 直人

(つくば中央第7)

概要：

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全規制を支援する研究として、地層処分システムの性能評価や安全論拠となるセーフティケースの妥当性の判断に求められる地質学的知見を整備し、技術情報として提供し、社会の安全に役立てる。このために、地下実験施設などを利用した観測および地下水・岩石試料の採取とその同位体や化学組成などの各種分析を実施し、それを基にモデル化と数値シミュレーションによる地下環境の変遷についての予測と評価をおこなう。これらの一連の解析を通じて、立地選定段階で必要とされる地下環境のベースラインデータについての調査方法を水理、熱、力学、化学（生物を含む）の各プロセスに応じて取得する手法としてまとめるとともに、今後必要とされる安全評価などの安全性の確認をこれによって検討する上での基礎的知見とする。

研究テーマ：テーマ題目26

沿岸海洋研究グループ

(Coastal Environment and Monitoring Research Group)

研究グループ長：谷本 照己

(中国センター)

概要：

本研究グループでは、疲弊した沿岸生態系を再生し、持続的な利活用が可能な活動空間を取り戻すため、沿岸海域の環境モニタリングの高度化、沿岸域の水質改善や沿岸生態系の回復を目指す技術の開発と実用化支援および数値モデル解析を行う。また、沿岸域環境データの収集・解析およびデータベース化を行い、インターネット等で広く社会に提供する。

平成23年度は、海水流動と海面浮遊物の数値モデル解析および藻場等の現地海洋環境データと衛星情報の収集、解析を行って環境モニタリング手法の高度化や海藻類による水質浄化の効果検証のための生態系モデルなどの沿岸域環境評価技術の開発を行った。

研究テーマ：テーマ題目28

海洋資源環境研究グループ

(Marine Resources and Environment Research

Group)

研究グループ長：鈴木 淳

(つくば中央第7)

概要：

海洋資源の利用と地球環境保全などに関する科学的根拠の提示を目的とした研究を実施する。海洋底資源については、海洋基本計画に則り探査法の開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を行なう。さらに人類活動により影響を受ける将来の環境を考えるため、都市・沿岸の環境、そして影響が広範囲にわたる海洋および地球環境について、その環境変動幅と変動支配因子を明らかにする。これら目標実現に向けて、本研究グループは、地球化学的分析手法の高度化については重点的に取り組む。部門の重点プロジェクト研究に位置づけられている「海域地質図プロジェクト」（沖縄海域プロジェクト）と「海底鉱物資源プロジェクト」については、研究グループとして積極的に参画して研究展開を図るとともに、将来の新たなプロジェクト創出のシーズ探索を推進する。

研究テーマ：テーマ題目6、テーマ題目30

地球化学研究グループ

(Geochemistry Group)

研究グループ長：岡井 貴司

(つくば中央第7)

概要：

地殻における元素の地球化学的挙動の解明を中心とした地球化学情報の集積・活用と高度な分析技術の開発を目的とし、元素の地球化学的挙動解明の基礎となる地球化学図の作成、あらゆる地質試料の分析の基礎となる地球化学標準物質の作製、地質関連試料の高度な分析技術の開発と維持・普及を行う。地球化学図の研究では、大都市市街地における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成するとともに、既に公開している地球化学図データベースの充実を図る。標準物質の研究では、岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、ISO に対応した各種地質試料の認証標準物質の作製を行うとともに、岩石標準試料の各種情報をデータベースとして公開する。また、地球化学の基礎技術として、様々な地質試料中の元素の高度な分析技術の開発と、それらを用いた元素の挙動解明の研究を行う。

研究テーマ：テーマ題目1、テーマ題目31、テーマ題目32、テーマ題目33、テーマ題目34

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体

(Collaborative Research Team for Eco-technology of Seto Inland Sea)

連携研究体長：谷本 照己

(中国センター)

概要:

瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体として、経済産業局や地域行政機関と密接に連携を取りながら、大学や企業等との連携により流況制御技術や製鋼スラグを利用した沿岸海域の環境修復技術の開発およびその技術支援を目指す。また、公開可能な調査・観測データや水理模型実験データをデータベース化し、インターネット等で広く社会に提供する。

平成23年度は、停滞性の強い大阪湾などの内湾奥部の水質・底質を改善し環境修復する流況制御技術、製鋼スラグを利用したアマモ場造成に関わる水槽実験および藻場に適度な人手を加えることにより生物生産性を高める里海検証実験を行った。また、瀬戸内海大型水理模型による流況データの解析とデータベース化を行い、インターネットによる情報公開を行った。

研究テーマ：テーマ題目29

【テーマ題目1】陸域地質図の研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】 宮崎 一博（地殻岩石研究グループ）

【研究担当者】 宮崎 一博、中江 訓、原 英俊、辻野 匠、野田 篤、植木 岳雪、工藤 崇、内野 隆之、松浦 浩久、竹内 圭史、青矢 睦月、山崎 徹、斎藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、吉川 敏之、宝田 晋治、中川 充、利光 誠一、兼子 尚知、中澤 努、坂野 靖行、中野 俊、星住 英夫、松本 哲一、古川 竜太、石塚 吉浩、石塚 治、下司 信夫、及川 輝樹、栗本 史雄、山元 孝広、鹿野 和彦、柳沢 幸夫、高橋 雅紀、渡辺 真人、水野 清秀、小松原 琢、宮地 良典、納谷 友規、大熊 茂雄、駒澤 正夫、尾崎 正紀、高田 亮、安原 正也、脇田 浩二、高橋 浩、中島 礼、酒井 彰、長森 英明、佐藤 大介、七山 太、実松 健造、高木 哲一、宮下由香里、近藤 玲介、久保 和也（常勤職員62名（うち他研究ユニット15名）、他21名）

【研究内容】

「陸域地質図の研究」の実施にあたっては、本部門・他研究ユニット及び外部研究機関の研究者との協体制のもと、「層序構造地質」・「地殻岩石」・「シームレス地質情報」・「火山活動」の4つの研究グループが中心となって推進している。

20万分の1地質図幅については、横須賀・大分・松山・高知の4地域の地質調査を進捗させた。

5万分の1地質図幅に関しては、鴻巣・播州赤穂・観音

寺・新居浜を始めとする22地域の地質調査を進捗させた。榛名山・京都東南部・青森西部・足助・阿仁合の5地域の図幅について地質原図及び報告書原稿を完成した。

【分野名】 地質

【キーワード】 地質図幅、20万分の1地質図、5万分の1地質図

【テーマ題目2】平野地質の研究（運営交付金）

【研究代表者】 水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】 水野 清秀、小松原 琢、田邊 晋、小松原 純子、納谷 友規、中村 洋介、松島 紘子（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究は、平野・盆地内あるいはその周辺の丘陵地・台地や低地地下を構成する主に第四紀堆積物の堆積プロセス、層序、地質構造、あるいは地形の形成プロセス、環境変動などを明らかにすることを目的としている。平成23年度は、以下のような研究を行った。

2011年東北地方太平洋沖地震の被害調査にあたっては、ほかのグループ員らとともに Google Earth 画像を用いてつくば市、土浦市周辺の約70km²の地区を対象として瓦屋根被害状況を調査し、当地区内で7000棟に瓦屋根被害が生じていることを明らかにした。その結果特に、常総台地においても場所によって桜川河口部の沖積低地（土浦市市街地）と同程度の被害が生じていること、表層地質が同様であっても場所によって著しく被害状況が異なること、など注目すべき被害状況が明らかになった。この理由を明らかにするために桜川低地と常総台地を対象として常時微動観測を行った。

近江盆地の地下地質研究においては、KG-NET を主体とする研究会に参加し、近江盆地の基準ボーリングの掘削地点に関する議論に加わった。その結果、長浜市街北部の湖北平野において次年度に基準ボーリングを掘削することに決定した。

関東平野南部の下部更新統ボーリング試料及び四国のせき止め堆積物に挟まるテフラの対比を行うため、火山ガラスの化学分析などを行った。しかし既存データにない分析値も得られたため、同定することができないテフラがあった。今後さらに標準テフラの分析値を増やしていく必要がある。

【分野名】 地質

【キーワード】 平野地質、地下地質、テフラ、地震被害、関東平野、近江盆地

【テーマ題目3】層序構造地質の研究（運営費交付金）

【研究代表者】 中江 訓（層序構造地質研究グループ）

【研究担当者】 中江 訓、植木 岳雪、中島 礼、原 英俊、辻野 匠、工藤 崇、内野 隆之、近藤 玲介

(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

日本列島を構成する活動的島弧と周辺の東・東南アジア諸国を含む大陸縁辺域における様々な地質現象を解明するための地質調査・研究を行なった。その結果、本年度は以下のような成果を得た。

- (1) タイ北部のペルム紀～三畳紀付加体・前弧海盆堆積物の起源を探るため、砂岩・頁岩の岩石学的・地球化学的検討を行った。その結果、主に珪長質火山岩からなる火山弧と石英に富む大陸縁部を後背地に持つことが判明した。
- (2) 紀伊半島四万十帯白亜系に含まれる苦鉄質火山岩の生成時期と起源を解明するため、微化石年代分析と化学組成分析を実施した。その結果、120Ma 以前の E-type MORB である可能性を見出した。
- (3) 北上山地のオルドビス系島弧基盤岩と石炭系付加体の関係を解明するために、境界域剪断帯の構造解析を行った。その結果、左横ずれ剪断センスを追認し、この運動時期が白亜紀である可能性を見出した。
- (4) 東北弧・千島弧衝突帯の構造を解明するために音波探査記録を解析した。その結果、襟裳岬沖西側では前縁褶曲帯が、また東側は北東傾斜の単斜構造が発達していることが判明した。
- (5) 八甲田～十和田地域の第三紀～第四紀火山活動史解明に向けた調査・研究の結果、十和田火山のより詳細な噴火史編年を行い、本地域に分布する大規模火砕流堆積物の層序・対比に関する新たなデータを取得した。
- (6) 海生二枚貝オウナガイと淡水生二枚貝イケチョウガイの貝殻構造と化学組成を分析した結果は、これら二枚貝の生息環境の変化を示し、化石を用いた過去の環境変動に応用できることが明らかとなった。
- (7) i) 関東平野のボーリングコアの古地磁気・岩石磁気測定から、鮮新世～更新世の古地磁気層序を確立した。ii) 三重県の宮川流域におけるせき止め湖堆積物の掘削によって、6,000年前以降の山体崩壊の履歴を復元した。
- (8) 北海道北部において古環境と地形発達の関係を解明するため、海成段丘や化石周氷河現象の記載とルミネッセンス年代測定を行った。その結果、最終間氷期以前に形成された段丘や段丘面上に残された周氷河現象の年代が判明した。

【分野名】地質

【キーワード】層序、構造地質、活動的島弧

【テーマ題目4】地殻岩石の研究（運営費交付金）

【研究代表者】宮崎 一博（地殻岩石研究グループ）

【研究担当者】宮崎 一博、松浦 浩久、竹内 圭史、高橋 浩、青矢 睦月、山崎 徹、佐藤 大介、鈴木 文枝

(常勤職員7名、他1名)

【研究内容】

島弧地殻形成において重要な変形作用・変成作用・火成作用の進行過程を明らかにするため、日本列島の主要な変成帯・火成岩体の野外調査、岩石試料の分析・解析、地質体及び岩石の形成モデリングを行い、以下のような成果を得た。1) 付加体及び変成帯の温度構造の確定に有効なレーザーラマン顕微鏡炭質物温度計の開発では、低温域でのラマン炭質物温度計の開発を他機関の共同研究者と行った。2) 領家帯における深成・変成・変形作用の研究では、長野県飯田市周辺に存在する卯月山苦鉄質岩体を対象として、キュムレイトとしての岩石学的特徴についての記載と鉱物化学組成分析を行い、結晶分化作用と親マグマ・起源マンツルの性質に関する現時点での知見を取りまとめた。3) 高压型変成岩と高温型変成岩の形成場について、野外地質と熱モデリングから検討を行い、火山弧から海溝への下部地殻流動の可能性を指摘した。

【分野名】地質

【キーワード】島弧、沈み込み帯、変成作用、火成作用

【テーマ題目5】「地層・岩体・火山」事典／地層名検索データベース

【研究代表者】鹿野 和彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】鹿野 和彦、巖谷 敏光、松浦 浩久、中野 俊、宮崎 一博、中江 訓、尾崎 正紀（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

膨大な数の地層・岩体・火山 (>10,000件) の名称を検索して、それらの定義、内容などを調べるためのデータベースを構築する。本データベースは、地層命名規約に基づく新たな地層名の提案、地質文献読解などにあたって必要とするもので、辞書機能のほか、地層などの分布位置からも検索可能な機能を持ち、地質分野に携わる者にとって不可欠なデータベースとして期待されている。平成23年度は、1) 地層名登録など、地層名データの入力・校正・更新・編集、2) 第四紀火山データベースのバージョンアップ、3) 地層名漢字変換辞書（ATOK 用地層名ユーザー辞書ファイル）の編集と公開を行った。本データベースは研究情報公開データベースとして公開しており、現時点での月間アクセス件数は2万件を越える。

【分野名】地質

【キーワード】研究情報公開データベース、地層、岩体、火山

【テーマ題目6】海域地質図プロジェクト（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、荒井 晃作、片山 肇、

井上 卓彦、板木 拓也、佐藤 智之、
 天野 敦子、山崎 俊嗣、小田 啓邦、
 佐藤 太一、鈴木 淳、長尾 正之、
 兼子 尚知、野田 篤、辻野 匠、
 岡村 行信、村上 文敏、松本 弾、
 西田 尚央、山岡 香子、多恵 朝子
 (常勤職員16名、他5名)

〔研究内容〕

日本周辺海域の地球科学的調査・研究を通じて、地殻を中心とした海洋地球に関する基盤的情報を系統的に整備し、広く社会へ提供する。特に、海洋地質図の整備、海洋地質データベースの構築とインターネット公開、これらを支え発展・高度化させる基礎的基盤的研究に関して世界をリードする研究に取り組む。なお、海洋地球に関する基盤的情報及び科学的知見は、国や社会の持続的発展を支える基本的公共財として、産業立地を含む各種海洋開発・災害軽減・環境管理などに対する基礎的資料となる。

本年度は、東シナ海沖縄トラフ中～北部海域の調査航海を実施するとともに、これまでの調査航海の結果に基づき、海洋地質図の整備を進めた。その結果、2130海里的の航走観測と27地点での底質試料採取を行い、その概要は速報にとりまとめ中である。また、釧路沖海底地質図、落石岬沖海底地質図、天売島周辺海底地質図、積丹半島付近表層堆積図を CD 出版し、日高舟状海盆海底地質図、宗谷岬西方海底地質図、野間岬沖表層堆積図の出版準備作業を進めた(海底地質図には重力異常図・地磁気異常図も添付)。

データベースに関しては、海域地質構造断面(音波探査記録)データ、表層地層探査記録のデジタル化を進め、順次公開した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海底地質図、表層堆積図、重力・地磁気異常図、データベース、日本周辺海域、第2白嶺丸

〔テーマ題目7〕海洋地質の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕荒井 晃作(海洋地質研究グループ)

〔研究担当者〕荒井 晃作、中村 光一、片山 肇、井上 卓彦、佐藤 智之、天野 敦子、松本 弾、西田 尚央、多恵 朝子、板木 拓也(常勤職員7名、他3名)

〔研究内容〕

日本周辺海域の海洋地質情報を整備公開するとともに、それらデータ及び海洋地質調査を実施して日本周辺海域の活断層評価、古環境変動の解明、地質構造発達史、及び海底火山や熱水活動等に伴う地質現象の解明を目指している。今年度は以下のような成果を得た。

日本周辺海域の地質構造発達史に関する研究では、沖縄トラフにおいて調査を行い、背弧海盆の形成史に関す

る成果を得た。琉球弧前弧斜面における活動的構造運動に関して、沖縄島南方沖の沈降運動に関して、慶良間海裂の急激な沈降運動に関する研究を進めた。古環境変動の解明では、コア試料、ボーリング試料及び表層堆積物試料の岩相、化石、放射性炭素年代の結果などを基に海洋環境の変化の詳細と、その環境変化の原因並びに相互関係を検討した。海底火山や熱水活動に伴う地質現象の解明では、日本周辺の海底熱水活動に伴う揮発性成分の挙動の解明を目指し、マリアナ島弧の海底熱水に含まれる熔融硫黄の挙動に関する成果を公表できた。ケイマントラフの世界最深の海底熱水活動の発見にも貢献した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋地質、日本周辺海域、海底地質構造、海域活断層、海域古環境、テクトニクス

〔テーマ題目8〕大陸棚調査「大陸棚画定調査に関わる基盤岩による海山等の形成史および潜在的な資源に関する研究」(運営費交付金：重点プロジェクト)

〔研究代表者〕岸本 清行(地質情報研究部門)

〔研究担当者〕岸本 清行、西村 昭、湯浅 真人、上嶋 正人、石塚 治、下田 玄、棚橋 学、森尻 理恵、斉藤 英二、石原 丈実、飯笹 幸吉
 (常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

部門プロジェクトである本課題は、大陸棚チーム員およびその所属グループの協力のもとに以下の2課題を実施した。1. 国の大陸棚画定調査の内の基盤岩調査の一環として、同海域試資料・情報の整備管理。2. 国連へ提出された延長大陸棚申請の審査進捗に伴う作業分担(審査対応部会への参加)。

- (1) 大陸棚画定調査の一環として実施した海域で採取した岩石試料等の分析解析を進めるとともに、調査データとりまとめ、論文化などを行い、延長大陸棚申請の審査に資する情報管理など環境整備を進めた。
- (2) 審査対応部会に参加し、定例会、及びWG 会合において活動した。日本の延長大陸棚申請文書は平成20年11月12日に国連の「大陸棚の限界に関する委員会」に提出・受領された。それに伴い大陸棚チーム員は、平成21年1月より、国連での日本の大陸棚限界に関する審査における説明・質問の回答作成・審査情報の収集解析等を行う審査対応部会(関係各省庁が作る大陸棚審査対応委員会の下の作業部会)に移行し、継続して参加することとなった。一方、平成21年8月に設置された、日本の申請の審査を担当する小委員会による本格的審査が継続中であつたが、平成23年中に審議を終え、上部本委員会「大陸棚の限界に関する委員会(CLCS)」に上程され、平成23年8月に最終の審議過

程に移り、採択は平成24年4月の本委員会に持ち越された。当該小委員会への詳細説明・応答を行うにあたり、審査対応部会としてその説明資料の作成等作業を行った。さらに、平成24年4月に開催の本委員会での審議に向け、日本の対応のための検討・作業を実施した。(注追記：政府は我国の延長大陸棚申請に対する「勧告」を平成24年4月27日に受領した。)

〔分野名〕地質

〔キーワード〕海洋地質調査、大陸棚画定、大陸棚限界、国連

〔テーマ題目9〕地球変動史の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕山崎 俊嗣(地球変動史研究グループ)

〔研究担当者〕山崎 俊嗣、柳沢 幸夫、岸本 清行、高橋 雅紀、渡邊 真人、七山 太、小田 啓邦、下野 貴也、佐々木 智弘(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

(1) 新生代統合高分解能タイムスケールの研究

微化石層序、古地磁気層序、火山灰層序および放射年代など、個々の年代層序の精度と確度を向上させるとともに、複数の年代層序を複合して年代層序の高度化をはかり、それを基に複合年代尺度の標準化を行うことを目的とする。今年度は、高分解能日本海側新第三紀～第四紀タイムスケールを作成し、珪藻化石層序の論文や資料として公表した。この成果は、5万分の1地質図幅「加茂」の高精度化に寄与した。

(2) フィリピン海プレートに関わるテクトニクス研究

過去から現在までのフィリピン海プレートの運動を、高分解能タイムスケールに基づく陸域の地質学的情報と海域の地球物理学的情報を総合して復元する。そして、プレート運動が日本列島のテクトニクスを支配してきたことを明確にすることを目的とする。今年度は、過去1億4000万年間に渡る世界中のプレートの運動をコンピュータ上で再現することが可能となり、研究者間で異論がある太平洋プレートとフィリピン海プレートの運動について、どのモデルがより妥当であるのか、視覚的に見当可能となった。

(3) 物理探査の研究

海底地球物理マッピング技術の研究及び有人・無人潜水艇を用いた海底近傍物理探査の研究を行い、海底構造探査の高分解能化をはかる。また、地中レーダーを用いた沿岸域堆積物のイメージングに関する研究及び、その基礎となる堆積学研究を行う。今年度は、自律型無人潜水機 R2D4で取得した地磁気データの処理を行い、熱水噴出域での磁化強度の変化が推定された。また、南インド洋の拡大史研究を目的として、昨年度に取得されたコンラッドライズ周辺の地磁気・重力探査解析を行った。さらに、デジタル画像解析法 CAMSIZER による地質試料の分析の実用化研究を行

った。

(4) 古地磁気・岩石磁気研究

過去の地磁気変動の解明、特に、数千年～数十万年の時間スケールを持つ古地磁気強度・方位の永年変動及び地磁気エクスカージョンの実態解明を進めるとともに、これらの基礎となる磁気顕微鏡に関する基礎技術開発、岩石磁気学研究及び、岩石磁気手法の古環境研究への応用も行う。今年度は、東 MI 顕微鏡による極微細古地磁気層序を試みた。また、ブルン・松山地球磁場逆転のモデル計算を行った。さらに、環境磁気学手法により、南大洋堆積物における磁化率変化は生物源磁性鉱物量の変動を反映していて、これは氷期の風成塵フラックス増加による鉄肥沃化に起因することを明らかにした。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕複合年代層序、タイムスケール、フィリピン海プレート、テクトニクス、物理探査、地球物理マッピング、古地磁気、岩石磁気

〔テーマ題目10〕シームレス地質情報の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕斎藤 眞

(シームレス地質情報研究グループ)

〔研究担当者〕斎藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之、伏島 祐一郎、中川 充(常勤職員8名、他3名)

〔研究内容〕

20万分の1のシームレス地質図の改訂に必要な基礎的な野外調査を行う。20万分の1シームレス地質図(基本版・詳細版)の整備・公開を主導すると共に、次世代シームレス地質図のための凡例を整える。地質図をデジタルデータで整備するために、紙の地質図を新たに作成する際に、平行してデジタルデータをスムーズに作成できるシステムの開発を行う。また、地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムの開発を行う。標準化の国際動向を把握して、シームレス地質図や地質情報のアジア地域での共通化に関する研究を行う。

本年度は、1992年の1/100万日本地質図に準拠した現20万分の1のシームレス地質図の凡例に替わって、時代と岩相・岩石種の区分で構造化された次世代20万分の1シームレス地質図の凡例の最終案を作成し、これで大きく区分の変わる可能性がある九州南部等で調査研究を行った。地質調査の際にデータをデジタルデータとして直接収集するシステムは、実際に野外でテストを行って開発状況を公表した。

JISA0204、A0205の改正原案については原案作成委員会の運営を行い、日本工業標準調査会の審査を終えた。アジア太平洋地域大規模地震・火山噴火リスク対策国際

ワークショップ (G-EVER) の運営に寄与した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕シームレス地質図、統合、数値地質図、標準化、データベース、JIS

〔テーマ題目11〕シームレス地質図データベースの研究
(運営費交付金)

〔研究代表者〕斎藤 眞

(シームレス地質情報研究グループ)

〔研究担当者〕斎藤 眞、巖谷 敏光、森尻 理恵、西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之、石塚 吉浩、尾崎 正紀、星住 英夫、松浦 浩久、宮崎 一博、中江 訓、兼子 尚知、鹿野 和彦、利光 誠一
(常勤職員15名、他2名)

〔研究内容〕

RIO-DB に登録されている20万分の1日本シームレス地質図のデータベースの更新と公開に関わる研究開発、より利用しやすいシステムの開発を行う。

昨年度データの差し替え作業を行った中之島及び宝島、魚釣島、石垣島、徳之島、小笠原諸島、名古屋(第3版)、伊勢、静岡及び御前崎(第2版)の各区画を含む20万分の1日本シームレス地質図から、公開用のタイル画像を作成し、GoogleMaps 版、GeomapDB 版(基本版及び詳細版)を公開した。さらに新たに発刊された20万分の1地質図幅に基づいて、中津、与論及び那覇、八代及び野母崎の一部、西郷の各区画について差し替え作業を行うとともに、島嶼部の位置の修正を行い、ベクトルデータを完成させた。

また、20万分の1シームレス地質図のサイトでは、クライアントが閲覧したい地質だけを選択表示できるシステムを開発したほか、スマートフォン版を公開し、GPS と連動して現在地の地質が表示できるようにした。さらに社会への普及に務めた結果、当該サイトに年間1200万回のアクセスがあった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕シームレス地質図、数値地質図、地理情報システム、グーグルマップ、GPS

〔テーマ題目12〕国際標準に基づく地質情報表示のWebサイト構築(運営交付金)

〔研究代表者〕西岡 芳晴

(シームレス地質情報研究グループ)

〔研究担当者〕西岡 芳晴、宝田 晋治、吉川 敏之
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

GEO Grid 及び国際標準に基づく地質情報発信の統合化に向けて、既存のデータ形式・サービスを見直し、必要な標準化やデータ変換・メタデータ整備等を行い、統合化 Web サイトを構築する。

本年度は国際規格 WMTS に基づいた配信を準備し、WMTS を利用したシームレス地質図スマートフォン・タブレット PC 版ウェブサイトを公開した。さらに高速表示技術スマートタイルを開発し、ユーザが地質単元を選択して表示する機能として公開サイトで提供を開始した。

また、地理情報ベクトルデータフォーマットである KML を活用し、活断層データベースからデータを取得してシームレス地質図に重ねて表示する機能を実装した。

さらに、地質用語解説を、軽量データフォーマットである JSON (JavaScript Object Notation) で作成し、ユーザ閲覧時に必要なリンクを自動的に生成する方法での解説表示機能を実装した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕GEO Grid、統合化、標準化、シームレス地質図、グーグルマップ、WMTS、KML、JSON

〔テーマ題目13〕地球物理の研究(運営費交付金)

〔研究代表者〕牧野 雅彦(地球物理研究グループ)

〔研究担当者〕牧野 雅彦、駒澤 正夫、加野 直巳、高橋 学、大熊 茂雄、山口 和雄、村田 泰章、名和 一成、伊藤 忍、大滝 壽樹、大谷 竜、住田 達哉、岡田 真介、中塚 正、横倉 隆伸、金谷 弘、稲崎 富士
(常勤職員12名、他5名)

〔研究内容〕

地殻構造調査、変位・歪・重磁力・物性など様々な地球物理学的データを総合し、地球内部の構造・現象を解明する研究を進めている。23年度は、2011年3月の東北地方太平洋沖地震に伴う重力変化について成果を公表した。また、水理-変形-透水連成試験の妥当性を検証し、その成果を国際誌に発表した。さらに、インドネシア等の既存地震データを基に南極下の内核境界付近の地震波構造を求め、その結果を国際誌に発表した。地震波干渉法では東北地方太平洋沖地震の余震データを多く含む群馬県館林付近のデータ処理を行い、自然地震と車両振動の特性の違いを検出した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地球物理、地殻構造、重力、GPS、歪、地震探査、地震波干渉法、S波速度構造

〔テーマ題目14〕地球物理図(運営費交付金)

〔研究代表者〕牧野 雅彦(地球物理研究グループ)

〔研究担当者〕牧野 雅彦、駒澤 正夫、大熊 茂雄、村田 泰章、名和 一成、中塚 正、金谷 弘(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

活動的島弧に位置する国土の地下地質構造を体系的に

解明するために重力図、空中磁気図、データベースなどの作成を行う。20万分の1重力図については、姫路・隠岐地域について陸域データと船上データを再処理して編集作業を行い、徳島、京都・大阪、和歌山、金沢地域などの調査・編集を進捗した。日本重力 CD-ROM 改定版として海陸合わせたブーゲー異常とフリーエア異常のメッシュデータを作成し、日本重力データベース DVD 版の編集を進めた。空中磁気図については、福井平野地域や有珠火山の磁気異常解析を進め、その成果を国際学会等で公表した。重力データベース (RIO-DB) では、維持・管理用に開発したメンテナンスツールの知的財産登録を行った。日本列島基盤岩類物性データベース (RIO-DB) では、142件のデータを追加登録した。

【分 野 名】地質

【キーワード】地球物理図、重力図、空中磁気図、岩石物性、データベース

【テーマ題目15】情報地質の研究 (運営費交付金)

【研究代表者】浦井 稔 (情報地質研究グループ)

【研究担当者】浦井 稔、佐藤 功、尾崎 正紀、中野 司、二宮 芳樹、川畑 大作 (常勤職員6名)

【研究内容】

サリチェフ火山2009年噴火に伴う噴出物量を衛星リモートセンシングによって推定した結果を国際誌に発表した。ASTER を用いた DEM・オルソデータセットの作成、地質インデックスマップの作成および火山衛星画像データベース開発・運用を着実に実施した。InSAR 解析結果から岡田や茂木モデルなどの代表的な解析モデルにおけるパラメータ推定手法の検討のため、遺伝的アルゴリズムなどによる推定実験を行った結果、パラメータ推定精度が事前知識の活用の有無に大きく依存することが分かった。チベット地域等における ASTER データの岩相マッピング処理画像において散見される、石英指標と苦鉄質指標が共に高い岩体について、検討・解析を実施した。シームレス地質情報を元にした携帯電話向けサービスのデータ効率化を行った。野外地質調査情報の基礎となるクリノメータの計測を行えるスマートフォン用アプリケーションの改良を行った。シームレス地質図の WMTS 対応作業を行った。様々な存在確実度と位置正確度を持つ地質境界が同じ区分で表示されていることが、数値地質図と空間情報間との解析可能な統合を阻害していることが明らかとなったため、平成23年度末改訂予定の地質図 JIS の原案に、従来の実在と推定のみで表現していた曖昧な地質界線の細分を全面的に改め、存在確実度と位置正確度の組合せによる細分を盛り込んだ。地質図類を裸眼3次元ディスプレイに立体表示するためのソフトウェアのプロトタイプを開発した。高輝度光科学研究センター SPring-8 の放射光を用いた超高分解能 X 線 CT 装置によって発泡したマグマと、「ハヤブサ計画」

で得られた小惑星イトカワの岩石試料を撮影し、それらの化学組成や内部構造を解析した。

【分 野 名】地質

【キーワード】地質情報と衛星情報の統合、干渉 SAR 技術、シームレス地質図、岩石指標、地質標準、リモートセンシング、画像データベース、画像解析、X 線 CT 岩石学、小惑星イトカワ

【テーマ題目16】火山活動の研究 (運営費交付金)

【研究代表者】中野 俊 (火山活動研究グループ)

【研究担当者】中野 俊、星住 英夫、川辺 禎久、石塚 治、下司 信夫、古川 竜太、石塚 吉浩、松本 哲一、及川 輝樹、工藤 崇 (常勤職員10名)

【研究内容】

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに、日本の第四紀火山活動の時間空間分布を明らかにし、火山の総合理解を深める研究の実施を目的としている。平成23年度は、活火山の活動史や第四紀火山の時間空間分布を明らかにするために、中部九州や北海道などの新第三紀ないし第四紀火山岩類の K-Ar および Ar/Ar 年代測定や化学分析を実施した。また、霧島山新燃岳噴火に際しては22年度に引き続き緊急調査を実施した。第四紀火山データベースについては年3回の定期更新を行うとともに、検索可能な新データベースを目指した基本設計するとともに、九州および山陰地域についてデータコンパイルを行った。活火山データベースについては、火山研究解説集：有珠山を活火山データベース中で公開し、1万年噴火イベント集の更新作業を実施した。

【分 野 名】地質

【キーワード】活火山、噴火履歴、第四紀火山活動、年代測定、活火山データベース、第四紀火山データベース

【テーマ題目17】火山地質図 (運営費交付金)

【研究代表者】中野 俊 (火山活動研究グループ)

【研究担当者】中野 俊、星住 英夫、川辺 禎久、下司 信夫、及川 輝樹、伊藤 順一、山元 孝広、宇都 浩三 (九州センター) (常勤職員8名、他5名)

【研究内容】

国の火山噴火予知研究を分担し、活動的火山の噴火履歴を明らかにするとともに火山地質図を作成する。平成23年度においては、九重火山および蔵王火山の2火山について火山地質図作成のための野外調査を実施した。諏訪之瀬島火山については火山地質図原稿を完成した。また、桜島火山地質図の改訂作業を開始した。

【分 野 名】地質

[キーワード] 活火山、噴火履歴、火山地質図、火山防災、噴火予知

[テーマ題目18] マグマ熱水鉱床に関する研究（運営費交付金）

[研究代表者] 森下 祐一

（マグマ熱水鉱床研究グループ）

[研究担当者] 森下 祐一、濱崎 聡志、清水 徹、後藤 孝介、斎藤 元治、宮城 磯治（常勤職員6名、他1名）

[研究内容]

地球科学では鉱物内に複雑な構造を持つ試料を扱う必要がある。このような地質試料を簡単な系で代表させることは困難であり、微小領域において現象の本質を研究する必要がある。このため、高感度・高質量分解能の大型二次イオン質量分析装置（SIMS）を研究手法とし、鉱物資源探査や火山の噴火メカニズム研究等の社会的に重要な課題に適用した。

大分県野矢金鉱床地域における試錐コアの炭素・酸素同位体比の解析と鉱床ポテンシャル評価のためのデータコンパイルを実施した。一方、SIMS 微小領域同位体分析法に関する外部との共同研究として、堆積岩中の黄鉄鉱の SIMS 微小領域硫黄同位体分析に基づく論文が公表された。また、浅熱水性鉱床の成因と火山活動との相互関係を明らかにすることを目的に、活火山である雲仙火山に掘削されたボーリング試料を用い、岩相、および熱水性二次鉱物、微細脈の記載を行い、火山体内部に形成される熱水系の解析を進めた。

北海道豊羽一無意根山地域の重金属鉱脈の硫化鉱物（黄鉄鉱、閃亜鉛鉱および方鉛鉱）の硫黄同位体比測定結果をまとめた。その結果、過去250万年間における重複マグマ-熱水活動によって濃集した硫化物硫黄及び金属は、マグマからの供給とともに、古い鉱床からのリサイクルによってもたらされたことを明らかにした。また、熱水変質岩の硫黄の一部は、古海水起源であることを明らかにした。以上の成果論文は国際誌に受理された。

鉄マンガンクラスト試料を対象とした密なオスミウム同位体分析は、海底鉱物資源として期待される鉄マンガンクラストの成因解明に供する。本年度は、鉄マンガンクラスト試料の密なオスミウム同位体分析を確立するために、径の細い（1mm 以下）金属製ドリルを用いた試料作成方法の検討を海洋研究開発機構との共同研究で開始した。予察的に行った分析では、ドリルの材質により無視できない量のオスミウムが、ドリルより混入する可能性があることが分かった。

代表的な大規模カルデラ火山である北海道の屈斜路・摩周火山の噴出物を対象に、SIMS および EPMA を用いて斑晶ガラス包有物の揮発性成分の組成を測定した。これと熱力学的検討により、マグマ供給系の深さ、大きさ、蓄積機構、揮発成分の量、種類、濃集機構を推定し

た結果、従来の火山学における知見に比べて桁違いに多量の火山ガス成分が、比較的浅所に存在するマグマ供給系に蓄積することが示された。この成果は国際誌に受理された。SIMS でメルト包有物の H₂O および CO₂濃度を正確に測定するには、対象とするメルト包有物と同様な主成分元素組成を持つガラス試料を用いて検量線を作成する必要があるが、昨年度に高圧実験により作成した安山岩およびデイサイト組成ガラス試料10個について、H₂O および CO₂濃度の検定を行うための顕微赤外分光分析用試料を作成した。

[分野名] 地質

[キーワード] 熱水性鉱床、二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素同位体比、硫黄同位体比、金、オスミウム同位体分析、メルト包有物

[テーマ題目19] 陸域の鉱物資源のポテンシャル評価に関する研究（運営費交付金：重点プロジェクト）

[研究代表者] 森下 祐一

（マグマ熱水鉱床研究グループ）

[研究担当者] 森下 祐一、濱崎 聡志、清水 徹、後藤 孝介（常勤職員4名、他1名）

[研究内容]

白金、パラジウム、インジウムや金などを対象とする鉱物資源探査に資するため、微小領域分析や同位体分析手法等を開発し、陸域の鉱物資源の成因を解明して新しい探査法を提出するための研究を行う。特に、鉱物中でのレアメタルの存在形態を詳細に把握して低品位鉱の処理など環境への負荷の低い開発に貢献するため、高感度・高質量分解能二次イオン質量分析装置（SIMS）を用いた鉱物の微小領域分析法の開発を重点的に進める。

南アフリカ共和国で採取した白金族鉱石のパラジウム分析法を東京大学と共同で開発した。同大学とはレアアースの微小領域分析法の開発も行っている。また南ア最大の金鉱床地域であるヴィッツウオーターズブランド盆地の5鉱山の調査を行い、地質層序の観察を行った。金鉱石からは微小領域分析用の研磨薄片を作成した。米国アラスカ州のポゴ金鉱床では昨年度末に坑内調査を行ったが、本年度は鉱床地域から採取した炭酸塩鉱物の X 線粉末法による鉱物組成分析を行い、さらに炭素・酸素同位体比分析を開始した。安定同位体分析により鉱床生成に関連する炭酸塩鉱物の評価を行い、今後鉱石中の金の生成形態を SIMS 分析する計画である。北薩地域の菱刈鉱山と南薩地域に分布する春日鉱山、岩戸鉱山、赤石鉱山では、すべての鉱床に共通する主な硫化鉱物は黄鉄鉱であり、黄鉄鉱中の「見えない金」を探るため、SIMS 微小領域分析を実施した。

豊羽重金属鉱床産のインジウム閃亜鉛鉱を用いて、X線顕微鏡による元素分析及び赤外線顕微鏡観察を行い、

昨年度までに得られた流体包有物データを併せて、インジウム濃集環境を考察した。その結果、インジウム閃亜鉛鉱の形成温度は、インジウムを伴わない場合よりも20℃ほど高く、最高305℃であることを明らかにした。さらには、鉱化熱水系において温度及びインジウム起源の異なる2種類の濃集環境が存在することがわかった。以上の成果論文は国際誌に受理された。

海底鉱物資源として期待されている鉄マンガングラストのポテンシャル評価のためには、その成因解明が必要である。本年度は、鉄マンガングラストの形成年代決定に必要な、鉄マンガングラスト試料を対象としたオスミウム同位体分析の手法確立を、海洋研究開発機構や東京大学との共同研究によって行った。この結果、先行研究より粗い解像度（3mm 間隔）で鉄マンガングラストのオスミウム同位体分析を行うことでも、年代決定が可能であることが分かった。

【分野名】地質

【キーワード】鉱物資源、二次イオン質量分析装置、SIMS、炭素・酸素同位体比、金、プラチナ、パラジウム、インジウム、鉄マンガングラスト

【テーマ題目20】 マグマ活動の研究（運営費交付金）

【研究代表者】篠原 宏志（マグマ活動研究グループ）

【研究担当者】篠原 宏志、高田 亮、田中 明子、齋藤 元治、松島 喜雄、東宮 昭彦、大石 雅之、Nicolas VINET
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

活動的な火山において放熱量等の熱的観測や電磁氣的観測を行い、地質構造や、他の地球科学的観測を参照しつつマグマ放熱過程のモデル化を行うことを目的に研究を進めている。昨年度までにまとめた、脱ガス活動がきわめて活発な薩摩硫黄島をモデルフィールドとした熱水系数値シミュレーションの結果を利用して、マグマの脱ガスに伴う自然電位異常の発生様式についての検討を進めた。火山噴火推移予測の高度化で実施している、伊豆大島での自然電位連続測定による熱水系変動予測を可能にするための基礎的な情報を取得した。

薩摩硫黄島火山の後カルデラ期噴火噴出物についてメルト包有物の化学分析のための試料調整を実施した。霧島火山新燃岳の2011年3-6月の小規模噴火噴出物について EPMA を用いた岩石学的解析を行い、3-6月の噴火マグマは1月の準プリニー式噴火マグマと同様な化学的特徴を持つこと、準プリニー式噴火以降も高温マグマがマグマ溜まりに注入していた可能性を示した。霧島山新燃岳2011年噴火噴出物の斑晶分析の結果、噴出物の大半を占める混合マグマは数十日以上前に形成されたこと、マグマ溜まり本体より流動性の高いこの部分が選択的に噴出したと考えられること、などが分かった。

富士山山体に露出する岩脈には、爆発的噴火をもたらしたものと非爆発的噴火によるものがあることが明らかとなった。インドネシアのカルデラ形成を伴う大規模噴火をした火山を、カルデラ形成を行った回数とカルデラ形成後の活動様式で分類した。

箱根、薩摩硫黄島、口永良部島において連続地殻変動観測を実施し、口永良部島では山頂部の地殻変動の継続を把握した。衛星干渉 SAR 法や PSInSAR 法を用いることにより、2011年3月 Kamoamo 噴火や口永良部島火山における地殻変動の時空間分布を明らかにした。

【分野名】地質

【キーワード】火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目21】 火山噴火推移予測の高度化（運営費交付金：重点プロジェクト）

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、松島 喜雄、川辺 禎久、石塚 治、古川 竜太、及川 輝樹、下司 信夫、高倉 伸一、西 祐司、石戸 恒雄、大石 雅之、Nicolas VINET
（常勤職員9名、他3名）

【研究内容】

伊豆大島火山における地殻内マグマ長距離移動の検討と側火口へのマグマ供給システムを解明する目的で、東海大学と共同で、大島南東沿岸で海底観察と岩石試料採取を実施した。地形調査で火口様地形が発見された地域でアグルチネートと思われる岩石露頭を発見する成果があったが、トラブルが発生したため詳細は来年度以降の観察に委ねた。一方陸上調査では、約3000年以前の古期大島の噴出物に精密な時間軸を入れて、噴出物組成の時間変化を解明することを目指した。海食崖や、地層大切断面において、噴出物と¹⁴C 年代測定試料の採取を行った。分析結果は、明瞭な過去数千年間のマグマの系統的な組成変化を明らかにしつつある。

伊豆大島をテストフィールドとして、地球物理学的観測から地下構造、地下水系を把握し、噴火活動期のマグマ上昇、脱ガスに伴う熱水系変動についてモデリングを行う。特に地下の熱水流動を反映する観測量である自然電位（SP）に着目した研究を進めている。三原山火口原に設置した自然電位の地表測線での連続観測、および坑井（GSJ-OSM-1）を利用した鉛直分布の連続観測を引き続き実施した。また自然電位の時間変化から熱水系変動を考察するための3次元数値シミュレーションの実行環境を整備した。

三宅島火山において、昨年に引き続き、2500年前のカルデラ形成噴火以降の噴出物の分布調査及び年代測定を行い、三宅島火山の噴火推移予測に資するデータの蓄積に務めた。本年度は、歴史記録があるが、その記述の乏しい9世紀以降、17世紀までの噴火について層序とリン

クさせた¹⁴C年代測定を行った。その結果、従来1085年、1154年の記録に対比が間違っていることが明らかとなり、かつ11-12世紀、13-14世紀、14世紀に噴火した新たな噴火堆積物が発見された。これらの成果により、従来の考えより三宅島の噴火頻度は高いことが明らかとなった。

2000年に開始し規模を縮小しながらも現在まで継続している、三宅島火山の大規模火山ガス放出活動について、長期的な活動推移及びその変動過程の取りまとめを実施した。最近11年間で2桁以上も減少しているが、火山ガス組成には大きな変化は見られていない。火山ガス中のH₂O濃度は上昇傾向にあるが、地表近傍での天水の付加による可能性が高い。マグマから放出されている火山ガス組成は一定であり、マグマ供給系には大きな変化はないと推定された。

霧島山新燃岳火山に展開しているリアルタイム降灰観測網を維持し、噴火監視を継続的にこなった。また桜島昭和火口からの爆発的噴火による降灰を準リアルタイムで広域的に調査し、地層に残らない微量の降灰域を含めた噴出量を把握することに成功した。

桜島昭和火口や霧島新燃岳の火山灰粒子構成物の解析から、火道浅部における爆発的噴火駆動過程の解明を試みた。桜島昭和火口における個々の爆発的噴火に対応した噴出物の採取を行い、個々の噴火における噴出物構成粒子の構成比や構成粒子の岩石学的特徴の時間変化を明らかにした。また噴出物の微細変形構造の解析から噴出直前のマグマの減圧速度を定量的に評価することに成功した。霧島新燃岳2011年噴出物の解析では、噴火様式の推移に伴う噴出物構成比の時間変化を抽出し、準プリニー式噴火とブルカノ式噴火を駆動する共通したメカニズムの抽出を行った。桜島・霧島山の噴出物の構成粒子の特徴を取りまとめ、噴火様式との対応付けを行ない、それを利用した、火山灰粒子の物質科学的モニタリングを用いた火山活動評価手法を開発し、気象庁による火山噴火活動観測業務への技術協力を行った。

噴火シナリオ作成と高度化のために産総研が整備すべき地質情報についての検討を行った。主要な活火山の噴火活動について、活動履歴、噴出物分布、被害状況などを文献記録、地質調査結果から明らかにし、時間推移を整理した「噴火推移データ集」を整備する方針を提案し、いくつかの活火山について試作の準備を進めた。

【分野名】地質

【キーワード】火山、マグマ、噴火予知

【テーマ題目22】長期的な地質変動に関する基礎研究
(運営費交付金)

【研究代表者】伊藤 順一 (長期変動研究グループ)

【研究担当者】伊藤 順一、宮城 磯治、大坪 誠、城谷 和代、西来 邦章、藤内 智士、山口 直文 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

長期的な地質変動に関する基礎研究として、八ヶ岳地域の火成岩脈群の産状(走向傾斜や火山噴出物との貫入関係)と全岩化学組成にもとづいて、この地域の北部と南部で岩脈群が形成した時期が異なることと、北部と南部の岩脈群が異なる応力状態で貫入したことを明らかにした。長期的な地形変形(侵食速度)定量手法の開発のため、東北地方(北上花崗岩)での丘陵尾根部をテストフィールドとして、宇宙線生成核種を用いた予察的検討を行ない、宇宙線照射生成核種が侵食速度定量手法として有効であることを確認した。2011年4月11日に福島県いわき市で発生した福島県浜通りの地震(Mw=6.8)に関する地震断層調査を実施した結果、過去に水平方向の断層活動を示唆する断層運動が、地表に露出した井戸沢断層の断層面で認められ、2011年4月11日の地震の断層運動は過去の地質断層が活動した当時とは異なる方向に活動した可能性が明らかとなった。霧島火山の噴出物の化学組成を用いてマグマの熱力学的解析を行ない、霧島火山のマグマ供給系の温度、深さ、含水量を推定した。桜島昭和火口の火山灰の色と付着水溶性成分の検討を行ない、火口直下におけるマグマの脱ガス・滞留・対流に関するモデルを作成した。夜間の火山監視カメラの映像から温度を見積る方法を考案し、2009年の浅間山の噴出物温度を見積った。

【分野名】地質

【キーワード】長期変動、岩脈、八ヶ岳、侵食速度、宇宙線生成核種、地震断層、井戸沢断層、霧島、桜島、浅間山、脱ガス

【テーマ題目23】日本列島スケールの長期的構造発達史の研究：深部地質環境研究コア(運営費交付金)

【研究代表者】伊藤 順一 (長期変動研究グループ)

【研究担当者】伊藤 順一、宮城 磯治、大坪 誠、城谷 和代、西来 邦章、藤内 智士、山口 直文、Ngyuen Hoang、風早 康平、宮下 由香里、松本 哲一、中野 俊、間中 光雄、亀井 淳志、福士 圭介、小林 健太、山口 珠美、牧野 雅彦、住田 達哉
(常勤職員11名、他8名)

【研究内容】

日本列島スケールの長期的構造発達史の研究として、地層から堆積環境と古水理条件を推定する際に重要となる粒子配列について、3次元的な特徴を調べ、斜面上での堆積過程、特になだれによる影響がその特徴に反映されていることを明らかにした。海溝型巨大地震発生による上盤側プレートの地殻応力場変化とそれに伴う地質断層の再活動の関係を理解するため、2011年4月11日に福島県いわき市で発生した福島県浜通りの地震

(Mw=6.8)を引き起こした井戸沢断層の正断層活動を事例研究として検討を行った。2011年3月11日から4月11日までの福島県いわき市周辺の地震の発震機構に対して応力テンソルインバージョンを適用した結果、応力場が2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(Mw=9.0)の発生後に、井戸沢断層を正断層として活動させるようなNW-SE方向に最小圧縮応力軸をもつ正断層応力場に変化したことが明らかとなった。長野県と岐阜県にまたがる阿寺断層系周辺で、微小地震データを使って地下応力を求め、地表で観察される変形構造との関係について調べた。その結果、地表の主断層面直近では地下応力で出来たと考えられる変形構造が卓越するのに対して、主断層面から数10cm~2.5m離れた場所では地下応力とは異なる応力で出来た変形構造が発達することが明らかになった。マグマに含まれる水の量の空間分布を把握するため、東北日本の火山を対象に噴出物の採取と現地調査を行ない、水素同位体比測定用に適した含水鉱物(角閃石・黒雲母)を得た。

【分野名】地質

【キーワード】堆積環境、海溝型超巨大地震、断層の再活動、井戸沢断層、応力テンソルインバージョン、東北地方太平洋沖地震、阿寺断層、微小地震、水素同位体比、マグマ水

【テーマ題目24】深部流体の研究(運営費交付金)

【研究代表者】風早 康平(深部流体研究グループ)

【研究担当者】風早 康平、安原 正也、高橋 正明、佐藤 努、森川 徳敏、高橋 浩、戸崎 裕貴、堀口 桂香(常勤職員6名、他2名)

【研究内容】

福島県いわき市で生じたM7.0の2011年4月11日の内陸地震により、噴出した温泉水の定期採取、分析および流量の繰り返し観測を行った。その結果、約1年後においても噴出する湯量は減少していない。温泉水の組成には変化が見られ、降水起源の淡水と深部にある「鹹水的深部水」の混合により温泉水が形成されていることがわかった。同時に、徐々に深部水の割合が増えていることもわかった。また、福島県の沿岸部におけるデータの整理再解析を行った。その結果、東北日本沿岸域の地下水は特徴的な低いヘリウム同位体比を持つが、福島沿岸域では、高めの値を示すこともわかった。「鹹水的深部水」は海水と同位体組成は似ているが、塩濃度は半分以下であった。

【分野名】地質

【キーワード】内陸地震、地下水、湧出量、ヘリウム同位体比

【テーマ題目25】深層地下水の研究：深部地質環境研究コア(運営費交付金)

【研究代表者】風早 康平(深部流体研究グループ)

【研究担当者】風早 康平、安原 正也、高橋 正明、佐藤 努、森川 徳敏、高橋 浩、戸崎 裕貴、堀口 桂香、切田 司、(常勤職員6名、他4名)

【研究内容】

東北地方の内陸部において、深部流体調査を行った。特に、孤立型深部低周波地震を生じている地域を中心に調査し、深部起源の塩水の分布を調べた。その結果、多くの深部低周波地震分布域において、新たにLi/Cl比の高い深部起源の熱水成分を含む地下水が分布していることが確認された。また、瀬戸内海沿岸部とその周辺域における地下水、温泉水の滞留時間を詳細なヘリウムによる地下水年代測定により解析した。その結果、瀬戸内海周辺の深層地下水は、氷期の天水起源の淡水に、海面上昇によって内海化した後に侵入した海水の混合により形成された深層地下水が広域に存在していることがわかった。

【分野名】地質

【キーワード】深部流体、ヘリウム、年代測定、海水、地下水起源

【テーマ題目26】地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発

【研究代表者】竹野 直人

(地下環境機能研究グループ)

【研究担当者】竹野 直人、関 陽児、富島 康夫、内藤 一樹、間中 光雄、竹田 幹郎、東郷 洋子、鈴木 庸平、幸塚 麻里子、今野 祐多、朴 赫(常勤職員7名、他4名)

【研究内容】

放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備として以下の研究を実施した。堆積岩地域における間隙水圧分布形成と地下水流動駆動力に関する検討として、岩石試料の反射係数を測定し、それをBreslerモデルを用いて解釈した。その結果、試料の比表面積や陽イオン交換容量によらず反射係数が適切に表現され、かなり一般化した定式として利用できることが明らかになった。また、本モデルにより評価した平均開口幅と水銀圧入法により測定した岩石の細孔分布を比較した結果、平均間隙幅が大きな岩石あるいは空隙構造が二元細孔分布を有する岩石は化学的浸透による浸透圧発生の可能性が低いことが明らかになった。またこのモデルを3次元地下流体移動解析コードTOUGH2に実装してコードの検証を実施した。微生物の影響評価及び微生物と有機物との相互作用の検討として、微生物の核種移行に及ぼす影響評価としてネプツニウム等の分配係

数を得た。また、有機物およびコロイドの分析手法を検討し分析に適した濃縮法の開発が課題であることを明らかにした。DNAに基づく微生物群集解析の効率化に向けて、DNAのアルカリ抽出法の改良およびデータベース検索機能の強化を行うとともにFISH解析と比較することで今回開発したDNA微生物群集解析の有効性を確認した。地下の水理環境及び地下水水質の変動要因と将来予測技術では、既存地下研究施設データに基づく検討および事象・要因の将来予測手法の検討を行った。地下深部において水素資化炭酸還元が起こっている可能性をDNA解析から推定するとともに代謝機能の有無を培養とNano SIMSを用いた実験により確認することができた。地理的に異なる花崗岩岩体深部の地下水に分布する微生物に共通するDNAの特徴を確認するとともに新規の微生物種である可能性を認めた。これらは、これまで知られた近縁の環境クローンとの比較から深部の地下水に固有の種である可能性が高いものと判断された。また、微生物の代謝活動を取り込んだ反応-流動シミュレーションを一次元モデルで実施し、そのフィージビリティを確認した。自然事象等の外的因子を考慮した地質環境条件評価モデルの作成と不確かさの把握では、水理・熱・力学・化学に関する場の把握モデルの作成および場の評価の不確かさ検討・モデルの検証手法の検討として、水・岩石反応試験を加熱あるいは封圧下で実施し、改良した連成モデルと比較して一定の再現性を得た。個別要素法を用いた数値シミュレーションによって、堆積岩の組織と応力-歪み挙動の関係について解析の目処を得ることができた。安全評価における各種要因の影響評価では、微生物が核種移行に及ぼす影響をプロセスごとにあげ、移行経路終端での核種移行量に対する分配係数の感度解析によって微生物が有意な影響を及ぼす場合がありうることを示した。堆積岩における水理地質構造モデルの構築技術の検証(原位置データの取得)においては、水文地質構造モデルの高度化のための解析手法の整備と、広域地下水流動概念モデルの構築のための地下水水質形成機構解明のための研究を行った。

【分野名】地質

【キーワード】地層処分、天然バリア、ベースライン

【テーマ題目27】アジアの海岸沿岸域における基礎地質情報と環境保全に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】齋藤 文紀(上席研究員)

【研究担当者】齋藤 文紀、西村 清和、斉藤 弘美(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

東南アジアから東アジア沿岸域の保全と防災に資するため、これらの地域を対象に、CCOP-DelSEA プロジェクト「東南アジアと東アジアのデルタにおける統合的地質アセスメント研究」を推進するとともに、関係国と

連携して国際共同研究を遂行し、海岸沿岸域における基礎地質情報の収集と解析を行った。CCOP-DelSEA プロジェクトの会合は、沿岸侵食に焦点をあてて平成23年11月にマレーシアで開催予定であったが、震災の影響で予算的に困難なことから平成24年度に延期した。中国地質調査局青島海洋研究所との共同研究では、黄海の旧黄河沖から採取したボーリングコアや音波探査記録の解析を共同で行い、同海域における音波探査層序と黄河の河道変化に伴う環境変化についてとりまとめた。また黄河の河道変遷の渤海への影響、及び長江デルタの完新世における環境変遷や人間活動の影響に関しては、中国国家海洋局第一海洋研究所と華東師範大学と共同で、それぞれとりまとめて発表した。東アジアから東南アジアの五大河川については、中国海洋大学と共同で人間活動の土砂運搬量への影響を数千年と数十年の時間スケールでとりまとめて発表した。

【分野名】地質

【キーワード】アジア、デルタ、沿岸、平野、地球環境

【テーマ題目28】沿岸生物と物理環境のモニタリングと数値モデルの構築(運営費交付金)

【研究代表者】谷本 照己(沿岸海洋研究グループ)

【研究担当者】谷本 照己、橋本 英資、山崎 宗広、高橋 暁(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

気象変動による海面浮遊物の挙動を数値モデルにより解析した。播磨灘を対象として台風・季節風・低気圧による風が流動に及ぼす影響と海岸に漂着する浮遊ゴミ量を解析した結果、北風と西風の時に淡路島の播磨灘側の海岸へのゴミの集積が多いことを明らかにした。また、衛星画像を三津口湾現地藻場分布と比較しながら画像処理を行い、衛星情報から広域的藻場分布を解析する手法の目処を立てた。

アマモ場再生のためのアマモ培養水槽実験を開始し、水槽内の生態系を評価するモデル作成について必要な海藻類データ、パラメータを収集し、モデルの基本設計を行った。また、仙台湾周辺の水深、地形、海象データ、潮位などのデータ収集を行い、仙台湾津波リスク評価のための数値モデルと水理モデルの基本設計を行った。

【分野名】地質

【キーワード】物理環境、海洋ゴミ、藻場分布、衛星情報、生態系モデル、仙台湾数値モデル

【テーマ題目29】流況制御と鉄鋼スラグを利用した沿岸環境保全と再生に関する研究(運営費交付金)

【研究代表者】谷本 照己(沿岸海洋研究グループ)

【研究担当者】谷本 照己、橋本 英資、山崎 宗広、高橋 暁(常勤職員4名)

【研究内容】

海砂に替わる人工アマモ場基盤材として鉄鋼スラグの適応性を調べるため、鉄分を多く含む製鋼スラグ（脱炭スラグと脱リンスラグ）と浚渫土の各種混合比から成る土壤基盤におけるアマモ水槽実験を行った。その結果、脱炭スラグを多く含む混合土壤では pH が上昇しやすく、早期に土壤が固化することが判明した。アマモは地下茎を伸長させて成長することから、脱炭スラグを多く含む土壤はアマモ造成土壤として不適であることを明らかにした。脱リンスラグ混合基盤におけるアマモは、浚渫土100%のアマモとほぼ同等な成長を示したことから、脱リンスラグはアマモ造成土壤として適用できると判断された。

停滞性の強い堺北泊地港湾内の環境保全と再生のために、大和川の流れを構造物で制御する技術を水理実験により検討し、構造物に対する流況変化や港内へ流入する浮遊物量を明らかにした。また、瀬戸内海大型水理模型実験で得られた潮流データの解析を進め、瀬戸内海全域の1時間毎の潮流分布図や最大潮流図、成層強度図を作成し、インターネットによる情報公開を行った。

【分野名】地質

【キーワード】製鋼スラグ、アマモ場造成、アマモ水槽実験、停滞水域、流況制御技術

【テーマ題目30】海洋資源環境の研究（運営費交付金）

【研究代表者】鈴木 淳（海洋資源環境研究グループ）

【研究担当者】鈴木 淳、丸茂 克美、長尾 正之、
下田 玄、田村 亨、針金 由美子、
石村 豊穂、山岡 香子
（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

平成23年度は、海洋環境研究に関しては、実験室の効率化を図り、分析装置の移転・整備を進めた。気候変動の復元解析のための、酸素炭素安定同位体分析手法の高度化と標準化の検討を進めた。海洋酸性化が炭酸塩殻生物、特にサンゴ礁棲の有孔虫に与える影響の多様性について飼育実験手法により明らかにした。

海底鉱物資源の調査研究を行う上で不可欠な前処理のための化学実験室を設計し完成させた。また、水曜凹地で得られた堆積物試料の分析を行った。その結果、タリウムと銀が熱水活動域の探査に有効な指標になり得る可能性を示すことができた。

アジアデルタ等の海岸における侵食や堆積に起因する地形環境変化の定量化や予測に資するための調査を実施し、ベナン海岸の浜堤堆積物の光ルミネッセンス（OSL）年代測定を行なった。

鉱工業活動や火山活動に起因する有害重金属の放出現象の影響を調べるため、鹿児島市の土壤や鹿児島湾の海水、底質中の砒素や水銀濃度に関する情報を検索すると

ともに、鹿児島湾の海水や底質に含まれる砒素と水銀の分析を実施し、既存データとの比較を行った。

【分野名】地質

【キーワード】海底鉱物資源、有害重金属、土壤、沿岸、地球温暖化、海洋酸性化、炭素循環、気候変動、古海洋学、サンゴ礁

【テーマ題目31】地球化学の研究（運営費交付金）

【研究代表者】岡井 貴司（地球化学研究グループ）

【研究担当者】岡井 貴司、今井 登、金井 豊、
御子柴 真澄、太田 充恒
（常勤職員5名）

【研究内容】

地殻における元素の地球化学的挙動解明の研究として、日本の土壤・堆積物における微量元素の研究、放射性核種の地球科学的挙動の研究、炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究、火成岩の地球化学的研究、鉄・マンガン水酸化物中の元素の挙動の研究を行った。

日本の土壤・堆積物における微量元素の研究では、環境汚染の元となる元素の分布と移動過程及び環境への影響について検討を進めた。放射性核種の地球科学的挙動の研究では、環境試料中の極微量な鉛同位体等の測定を目的に、環境ガンマ放射線測定用井戸型ゲルマニウム検出器による低レベル放射線測定システムを立上げたが、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所の事故により放射能測定装置が汚染されたため、汚染の除去及びバックグラウンドへの影響の検討を行い、低濃度の堆積物中 Pb-210 について良好な測定を可能にした。また、産総研敷地内において、エアロゾル試料の採取を行い、人工放射性核種の観測・測定について検討した。炭酸塩中の元素の挙動と分析法の研究では、現世及び化石サンゴ試料中の Sr/Ca 比等の分析及び古生代炭酸塩中のリン等主要成分について分析を行った。火成岩の地球化学的研究では、北上山地の代表的な花崗岩体の岩石学的特徴について、構成岩石の化学組成や Sr 同位体組成から、主要な花崗岩類は、活動的大陸縁や島弧の火山岩と共通の特徴を示すこと及び、岩体の中心部相から前期白亜紀の Rb-Sr 全岩年代が得られたことを明らかにした。鉄・マンガン水酸化物中の元素の挙動の研究では、重金属元素の化学形態について、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設を利用した測定等を行い、特に、堆積物中の腐植物質と六価クロム間の反応について、赤外分光及び放射光 X 線を用いた解析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学、土壤、炭酸塩、放射性核種、火成岩、鉄・マンガン水酸化物

【テーマ題目32】地球化学図（運営費交付金）

【研究代表者】今井 登（地球化学研究グループ）

【研究担当者】今井 登、岡井 貴司、金井 豊、

御子柴 真澄、太田 充恒、立花 好子
(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

都市市街地を含む関東地域における元素のバックグラウンドを明らかにするために、従来の10倍の精度を持つ精密地球化学図を作成する。

本年度は、関東南部地域の試料採取を行うとともに既存試料の分析を行った。試料は関東南部地域（神奈川県・千葉県南部）から河川堆積物試料228試料を採取した。試料は各河川の指定された地点の周辺において、その河川の上流域から供給された細粒の堆積物（最大粒径3mm程度以下）約1kgをスコップ等で採取した。採取した河川堆積物は実験室で乾燥したのち80メッシュ以下の成分を篩分け、自然乾燥した後粉碎し分析試料とした。分析はICP発光分析法で主成分元素を、微量成分元素はICP質量分析法で行った。試料の分解は硝酸、過塩素酸、フッ化水素酸で行った。

これまでに収集・採取した試料総数は合計して関東地方から約1300個である。分析で得られた元素濃度を元に地理情報システムを用いて地球化学図を作成した。地球化学図は53元素について作成することができ、図面操作は地球化学図の作成、解析は距離計測、断面図作成等を行うことができる。この他に3次元のメッシュマップ、メッシュ補間マップ、コンターマップを作成することができる。

これまでに作成した地域における地球化学図において、カドミウムの地球化学図においては、東京及び神奈川県人口密集地域と、鉱床が存在する関東北部の日立周辺で濃度が高くなっている。特に、これまでに作成した東京湾の海底堆積物を用いて作成した海のカドミウムの地球化学図と比較すると、京浜地区の陸域の高濃度域と海域の東京湾奥の泥質部で濃度が高く、陸域と海域の地球化学図は河川を通して高濃度域が繋がっていることが分かった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地球化学図、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

〔テーマ題目33〕地球化学標準試料 ISO (運営費交付金)

〔研究代表者〕岡井 貴司（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕岡井 貴司、今井 登、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、寺島 滋、立花 好子（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

地質情報研究部門は岩石標準試料の国内唯一の発行機関として、1964年以来40年以上にわたって地質関連試料の標準試料を作製し、世界各国の研究機関との共同研究により、化学組成や同位体組成、年代値の信頼性の高い

データを定め公表してきた。この標準試料は世界中で活用されており、分析精度を高める標準として世界的に大きな貢献をしている。しかしながら、近年の国際化の動きの中で、標準物質は国際的な標準であるISOのガイドラインに対応することが必要とされるようになってきたため、当部門発行の岩石標準試料についても、NITE認定センターより、ISOに対応した標準物質生産者としての認定（ASNITE認定）を取得し、ISOの規定に則った認証標準物質とした。

本年度は、昨年度作製した超塩基性岩のかんらん岩標準試料JP-2について、均質性の確認及び共同分析による仮認証値の設定を行った。均質性の確認は、試料作成時に3つに分割した各スプリットからランダムに各4本ずつ抜き取り、計12本を用いて行ったが、特段の問題は見られなかった。共同分析は、外部8機関及び産総研内2分析室の計10機関で、主成分（11成分）について行ったが、かんらん岩試料は、難溶解性のクロマイト FeCr_2O_4 を含むため、通常の酸分解のみでは分解が不十分で、アルカリ融解が必須になる成分もあること及び、カリウムやリン等は含有量が非常に少ないため、正確な分析が難しく、全体的にばらつきが大きくなった。このため、一部の成分については、認証値を設定せず、参考値に止めることを検討する。

標準物質生産者としてのISO認定の維持に必要な各種文書やデータ類の管理においては、マニュアル・記録類の維持・管理を行うとともに、過去の分析データの再点検や文書の改善を行い、品質管理を一層向上させ、NITE認定センターによる検査を受審し、認定の継続を認められた。また、標準試料の各種情報をデータベースとしてインターネット上で公開した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕国際標準、標準物質、地球化学、岩石、土壌、化学組成

〔テーマ題目34〕地球化学図データベース（運営費交付金）

〔研究代表者〕今井 登（地球化学研究グループ）

〔研究担当者〕今井 登、岡井 貴司、金井 豊、御子柴 真澄、太田 充恒、立花 好子（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

近年問題となっている土壌汚染などの環境問題に対応するため、日本全国のヒ素、水銀、カドミウムなどの有害元素をはじめとする53元素の濃度分布の全データをデータベース化し、インターネットを通して活用できるようにするとともに、日本における地球化学基盤情報を提供する。

本年度はクラウド化に伴う新データベースシステムに移行するため、地球化学図データベースの新システムへの移植を行った。新システムのオペレーションシステム

は CentOS で、主な開発言語および実行環境は Java、データベースは PostgreSQL を用いた。これにより、Oracle を用いたこれまでのシステムとほぼ同等のデータベース機能を持った新システムを作成することができた。

地球化学図データベース上の表示システムの改善として、陸域のみの地球化学図の ZOOMA による拡大縮小システムを作成し、陸域データのみを切り出して拡大縮小するシステムを作成した。これにより、従来は海陸一体の表示のみであって、特に陸域のデータが見にくい場合があったのを改善した。

また、要望の高かった全国3000試料の河川堆積物の 0.1N 塩酸による酸抽出データを、新たにホームページ上で公開し、データのダウンロードができるようにした。さらに53元素の地球化学図の PDF データを新たに作成して公開し、ダウンロードできるように改訂を行った。

【分野名】地質

【キーワード】地球化学図、データベース、有害元素、バックグラウンド、環境汚染、元素分布

【テーマ題目35】関東平野地下地質調査手法開発（運営費交付金：政策予算—沿岸域調査）

【研究代表者】水野 清秀（平野地質研究グループ）

【研究担当者】水野 清秀、木村 克己、安原 正也、山口 和雄、駒澤 正夫、尾崎 正紀、伊藤 忍、小松原純子、納谷 友規、植木 岳雪、松島 紘子、稲村 明彦、森川 徳敏、高橋 浩、戸崎 裕貴、竹村 貴人・磯前 陽介（日本大学）、石原 与四郎（福岡大学）、関口 春子（京都大学防災科研）

（常勤職員12名、他7名）

【研究内容】

関東平野沿岸域・大都市圏の安全と環境保全に資する地質学的総合研究の実施を目標に、関東平野の浅層地盤（地下100m 以浅）と中深層地盤（1,000m 程度まで）について、総合的な調査研究を実施し、地下調査研究手法の研究開発を進める。平成23年度は特に以下の3つの研究を重点的に行った。

(1) 沖積層の三次元モデル作成手法の高度化として、古地形面モデルおよび仮想面の補填による基底面のサーフェスマデルの作成手法を開発し、東京低地北部・中川低地南部域の同モデルを作成し、学術論文としてまとめた。また沖積層の三次元グリッドモデルを再構築し、地盤の N 値と層相から S 波速度に換算する経験式を既存データとの比較によってテストし、最適な経験式を求めた。

(2) 利根川低地部（茨城県南部・千葉県北部）の既存地下水試料を対象に、D/O、3H、13C、14C、36Cl/Cl、3He/4He を測定することによって、地下水システム

の解明を試みた。その結果、沖積層（深度30-40m 付近）中に存在する高 Cl 濃度地下水について、①水は約9,000年前から縄文海進期にかけての温暖期に涵養されたものであること、②Cl も同じ時期に起こった海進によってもたらされた海水を起源とすることが明らかとなった。一方、沖積層下位の下総層群最下部から上総層群上部（深度80-150m）にかけて存在する高 Cl 濃度地下水については、①水は約20,000年前の最終氷期最寒冷期の天水に起源があること、②含まれる Cl については、下総層群堆積時に地層中に取り残された海水中の Cl が、最寒冷期に活発化した地下水流動によってこれらのより下位の層準にもたらされたものと推定された。対照的に、周辺の洪積台地の下総層群下部から上総層群上部の地下水（Cl 濃度；5mg/L 程度）の¹⁴C 年代は約1,000年-7,000年前と新しく、また Cl も現在もしくはより新しい時代の天水中の Cl を主な起源とすることがわかった。すなわち、洪積台地で卓越する早い循環速度を有する地下水流動系からは孤立する形で、滞留時間がより長くかつ高い Cl 濃度を有する地下水が利根川下流域の低地部の地下にスポット状に取り残されているという水文地質構造が明らかとなった。

(3) 関東平野中央部での深度300~600m 級の既存ボーリングコアの古地磁気測定を行い、それらの結果を基に、火山灰の対比や生層序を補って、地質年代と地質構造の推定を行った。コア中で、ブリューン・松山・ガウス境界はほぼ押さえることができ、そのほかにマイナーイベントと考えられる層準も確認されたが、コアの上下方向があいまいな試料もあり、いくつかの問題が残された。

これらのほか、シームレス地質図や重力異常図の編集、反射法探査結果の検討、沖積層の層序や堆積モデルの検討などを行い、研究成果を DVD-ROM としてまとめる準備を進めた。

【分野名】地質

【キーワード】関東平野、地下地質、沖積層、更新統、堆積モデル、三次元モデル、グリッドモデル、地下水システム、塩化物イオン、古地磁気層序、地質構造、重力、反射法探査、シームレス地質図

【テーマ題目36】沿岸海域の海洋地質の研究（運営費交付金：政策予算—沿岸域調査）

【研究代表者】池原 研（地質情報研究部門）

【研究担当者】池原 研、片山 肇、荒井 晃作、井上 卓彦、天野 敦子、佐藤 智之、岡村 行信、村上 文敏、西田 尚央、松本 弾、宇佐見 和子、多恵 朝子（常勤職員7名、他5名）

〔研究内容〕

地質情報に乏しい沿岸域の地質情報の整備と沿岸域のよりよい調査手法の確立が本調査研究の目的である。本年度は、昨年度福岡沖の調査結果を DVD 出版するための原稿作成を行った。また、沿岸域海底への地震／津波の影響を評価するため、2011年東北地方太平洋沖地震後に三陸沖海域で採取された表層堆積物試料の解析を行い、仙台沖において地震動により変形した堆積層を確認した。沿岸域調査で今後取得される及びこれまでに産総研で取得してきた反射法音波探査記録のためのデータベースは、現時点までの記録の登録を終了したほか、より利用しやすい形態への再整理作業を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕沿岸域、活断層、音波探査、堆積作用、福岡沖

〔テーマ題目37〕沿岸域の地質・活断層調査－陸域の地質調査（運営費交付金：政策予算－沿岸域調査）

〔研究代表者〕水野 清秀（平野地質研究グループ）

〔研究担当者〕水野 清秀、小松原 琢、小松原 純子、中村 洋介、松島 紘子（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

陸域と沿岸海域とをつないだシームレス地質図を作成し、活断層や地下地質を含めた統合化された地質情報を提供することを目的として、本研究では陸域の地質調査を行う。平成23年度は、北海道勇払平野におけるボーリング調査を実施するとともに、福岡沿岸域の第四系および活断層についてのとりまとめを行った。

北海道勇払平野の海岸沿いの地質構造調査と対応して、第四紀後期の変位の有無や平均変位速度を明らかにするために、平成22年度に掘削した背斜軸上（苫小牧市弁天地内）の80m ボーリングコアを解析するとともに、新たに苫小牧市勇払地内の向斜軸近傍で80m のオールコアボーリングを掘削した。22年度掘削の弁天ボーリングにおいては、深度19m 付近に **Toya** テフラを、深度54～65m 付近にブナを含む冷温帯落葉広葉樹花粉を多産する層準を見出した。両者は対比の上で鍵となる可能性が高い。また、23年度に掘削した勇払地内のボーリングコアでは、深度約40m 以浅の層準に **Spfl** の2次堆積物が散在し、最終氷期に作られた谷地形を厚い堆積物が埋積している可能性が強く示唆された一方、**Toya** テフラは見出されなかった。この知見は¹⁴C年代値とも矛盾しない。以上から、勇払地内の最終氷期の埋没谷は最終間氷期の海成堆積物を侵食している可能性が高いと想定された。

福岡沿岸域の活断層と段丘堆積物・沖積層の分布については地質図上にとりまとめた。また主要な平野部では既存ボーリング資料による断面図作成や文献資料に基づき、第四紀堆積物基底高度分布図を作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕ボーリング調査、活断層、活褶曲、第四紀堆積物、シームレス地質情報、勇払平野、福岡沿岸域

⑤【地質調査情報センター】

(Geoinformation Center)

所在地：つくば中央第7

人員：17名（4名）

概要：

地質調査情報センターは、産業技術総合研究所内の地質分野の研究部門・研究センター・研究コア・地質分野研究企画室・地質標本館等との密接な連携のもとに、地質・地球科学に関する信頼性の高い、公正な地質情報を国民に提供している。また、国土の利用、地震・火山噴火等の災害対策、資源の確保、環境問題などへの対応に効果的に使われるべき公共財として、地質情報の活用の利便性向上を図っている。

機構図（2012/3/31現在）

〔地質調査情報センター〕センター長 脇田 浩二

次長 渡部 芳夫

総括主幹 前田 康司

〔地質情報出版室〕 室長 松浦 浩久

〔地質情報整備室〕 室長 菅原 義明

〔地質・衛星情報統合室〕 室長 松岡 昌志

地質情報出版室（Geoinformation Publishing Office）

（つくば中央第7）

概要：

地質情報出版室は、産総研の「地質の調査」業務に基づく地質・地球科学に関する研究成果の出版及び管理、地質情報の標準化整備及び数値化、並びにこれら研究成果の普及に関する業務を行った。

研究部門・センターで作成された地質図・地球科学図の編集と出版、研究報告書の編集と出版、数値地質図やデータ集の CD-ROM 出版を行った。

また、既刊出版物の管理・頒布・払い出し・オンデマンド印刷を継続して行った。地質出版物・データベースの著作物利用申請には77件対応した。

地質情報整備では地質情報に関する標準化を進めており、既刊地質図類のラスターデータ整備を実施した。

また、地質標本館及び地質分野研究企画室と協力して地質情報展等の地質関連イベントに参加し、成果普及活動を行うとともに、地質図類のより一層の利活用促進を目指し、Web 等を通じて研究成果品の紹介・普及を進めた。

地質情報整備室

(Geoinformation Arrangement and Services Office)
(つくば中央第7)

概 要 :

地質情報整備室は、「地質の調査」に関わるメタデータの整備及び提供、地質文献資料・地質図等の収集・管理に関する業務を掌る。メタデータの整備については、地質文献データベース、地質情報総合メタデータおよび政府クリアリングハウスにおいて、それぞれの管理・運営とデータの追加更新およびシステム改修等を行った。文献資料・地質図等の収集活動については、国内外関連機関との文献交換等を通じて行った。文献収集活動等の情報の整備とデータベースによる提供を組織的に行うことにより、地質情報の活用を促進した。特に今年度は震災による散逸した資料類の整理・復旧等の作業を行った。

地質・衛星情報統合室

(Geoscience and Satellite Data Integration Office)
(つくば中央第7)

概 要 :

地質・衛星情報統合室は、地質の調査に係る数値情報の統合及び提供に関すること、地質の調査に係るデータベースの統合及び提供に関すること、衛星情報のアーカイブと地質情報との統合に関すること、地質の情報に係る連携及び融合に関することを担当する組織として、地質調査総合センター全体における研究情報の集約・共有・発信のあり方を検討するとともに、GEO Grid 融合課題の推進、地理空間情報にかかるデータ整理と Web GIS システムの運用を行った。

また、地質調査総合センターにおける活動の発信と内容の効果的管理のために、コンテンツ管理システムによる新しい HP を構築して運用を開始した。そして、平成18年度に開始した Web GIS システムの機能後継を目指すと共に衛星情報等の地理空間情報との統合化に向けて、OGC (Open Geospatial Consortium) 標準に基づき、地質情報の WMS 配信と閲覧ポータルのプロトタイプを構築した。

地質の調査

① 地球科学図

本年度の各種地質図類の編集・発行は、5万分の1地質図幅4件、海洋地質図5件、数値地質図1件、海外地球科学図1件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
	図類・冊子		
20万分の1地質図幅	0・0	各0	
5万分の1地質図幅	3・3	各1,500	熱海、加茂、戸賀及び船川（図のみ）、榛名山（冊子のみ）
海洋地質図	CD-ROM 5	各1,000	No. 72 襟裳岬表層堆積図 No. 73 釧路沖海底地質図 No. 74 落石岬海底地質図 No. 75 天売島周辺海底地質図 No. 76 積丹半島付近表層堆積図
重力図	0・0	0	
空中磁気図	0・0	0	
数値地質図	CD-ROM 1	1,000	E-5 表層土壌評価基本図～富山地域～
	DVD-ROM 0	0	
海外地球科学図	1・0	1,200	アジア地質図

② 地球科学研究報告

本年度の研究報告書は、地質調査研究報告が第62巻3/4号～第62巻-11/12号5件、活断層・古地震研究報告1件、地質調査総合センター速報4件である。

刊行物名	件数	発行部数	摘要
地質調査研究報告	5	各1,350	Vol. 62 No. 3/4, 5/6, 7/8, 9/10, 11/12
活断層・古地震研究報告	1	1,550	活断層・古地震研究報告 第11号（2011年）
地質調査総合センター速報	4	300 300 300 150	No. 54 平成21年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No. 55 沖縄周辺海域の海洋地質学的研究平成22年度研究概要報告書 No. 56 平成22年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 No. 57 海洋ごみ対策の確立に向けた情報支援システムの構築に関する研究

③ 刊行物販売状況

研究成果普及品のうち「地質の調査」に係るものは、地質情報等有料頒布要領（21要領第61号）により、地質調査情報センター及び地質標本館が有料頒布業務を遂行することになっている。平成23年度は、下記のように有料頒布を実施し、収入を得た。

○平成23年度 研究成果普及品頒布収入

地球科学図及び地球科学データ集

9,377,334 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
委託販売収入（4社合計）	4,796	7,802,544
直接販売収入（地球科学図ほか）	445	987,105
直接販売収入（オン・デマンド）	419	587,685
合 計	5,660	9,377,334

普及出版物及び絵葉書

670,286 円

内 訳	頒布部数	頒布金額
直接販売収入（普及出版物ほか）	1,155	670,286

○平成23年度 シリーズ別 頒布部数トップ5

シリーズ名	頒布部数
5万分の1地質図幅	2,371
20万分の1地質図幅	886
数値地質図	759
火山地質図	293
単独(シリーズ外)	197

○平成23年度 出版物別 頒布部数トップ10

シリーズ名	出版物名	頒布部数
数値地質図	20万分の1日本シームレス地質図 DVD版	93
単独	海と陸の地球化学図	72
5万分の1地質図幅	野田	70
数値地質図	日本温泉・鉱泉分布図及び一覧	61
5万分の1地質図幅	戸賀及び船川	59
火山地質図	阿蘇火山地質図	55
数値地質図	20万分の1数値地質図幅集「北海道北部」	54
200万分の1地質図幅	日本地質図	53
5万分の1地質図幅	熱海	50
数値地質図	20万分の1数値地質図幅集「北海道南部」	49

④ 文献交換

「地質の調査」に係わる研究成果物をもとに、国内外の「地質の調査」に係る機関と文献交換を行い、地質文献資料の網羅的収集に努めている。さらに、収集資料の明確化と広範囲の利用者の利便性を考慮して、地質文献データベースを構築し、インターネットで公開を行っている。

国内外交換先

	計	JAPAN	EUROPE	ASIA	AFRICA	U.S.A.	CANADA & C. AMERICA	SOUTH AMERICA	OCEANIA
国数	157	1	36	40	44	1	12	12	11
機関数	1,248	557	234	180	65	85	37	50	40

交換文献内訳

	計	地質調査研究報告	その他報告類	地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅)	その他図幅	CD-ROM
件数	19	5	1	4	4	5
所外送付部数	4,464	2,351	216	436	422	1039
国外送付部数	6,140	2,606	223	943	944	1424

⑤ 文献情報活動

文献交換等で収集した地質文献資料の効果的・効率的な利用を目指して、地質文献データベースを構築し Web 公開している。昨年度開発した統合版 GEOLIS 検索システム(旧 GEOLIS+と G-MAPI を統合)の公開を継続し、改良等を行った。今年度は新にこの統合版入力システムの開発を行い、業務の効率化を行った。また研究情報公開データベース(RIO-DB)の方針変更によるデータベースの脱オラクル化及びクラウド化の準備を行った。統合版 GEOLIS(旧 GEOLIS 及び G-MAPI を含む)の蓄積データ数は407,457件(うち位置情報データは41,989件)、Web 公開で年間516,669件のアクセス数である。貴重資料データベースを一般公開し、外部未公開であった明治時代からの地質資料を公開した。当データベースは全てフルテキスト公開を前提としている。Web 公開のアクセス件数は22,539件、登録件数は387件であった。

受 入

	単行本 (冊)	雑誌 (冊)	地図類 (枚)	研究資料集・ 受託研究資料	電子媒体資料 (個)
購 入	201	61	25	0	51
寄贈・交換	471	5277	1194	10	877
計	672	5388	1219	10	928

製本・修理 (冊) 520

地質文献データベース

	採録数	登録数	アクセス件数
統合版 GEOLIS (GELIS+ ・G-MAPI 含む)	17,252	407,457	516,669
貴重資料データベース	387	387	22,539
計	17,639	407,844	539,208

閲覧・貸出など情報提供

所外閲覧者	入館者 (括弧内外国人)	閲覧件数	貸出件数	返却件数
201	4,776(48)	5,722	2,897	2,550

地質文献複写外部委託

件数 (件)	通常コピー (枚)	カラーコピー (枚)	電子媒体 (部)
681	12,090	416	5

⑥ メタデータ及びデータベースの整備

「地質の調査」の成果である地質図・地球科学図等の情報に関し、インターネットを通じて利活用出来るよう、メタデータ作成、数値化及びデータベース化を行っている。

メタデータ整備業務では、電子政府クリアリングハウスのノードサーバーの改修を行った。地理標準フォーマット JMP 第2版に基づくメタデータを1,600件整備し Web 公開した。また、RIO-DB の地質情報総合メタデータシステムに、日本版2,709件・アジア版5,032件のメタデータを整備し Web 公開した。

⑦ 数値化・地理空間情報の配信

地質図類ベクトル数値化整備業務では、20万分の1地質図幅3図幅、海洋地質図11図幅をベクトル数値化し、データの校正・編集を行った。

WMS 配信については、20万分の1地質図幅の約100図幅、ラスタ画像118図幅、5万分の1地質図幅のラスタ画像706図幅等を閲覧するポータルプロトタイプを構築した。その他に、統合地質図データベース (GeoMapDB) の維持管理を継続し、20万分の1シームレス地質図 (詳細版) の更新、5万分の1地質図 (ラスタ) 2面を登録した。

平成23年度 地質図・地球科学図データベース及びメタデータ整備

1. 地質図・地球科学図データベース整備 (件数)	
5万分の1地質図幅、20万分の1地質図幅等の数値化数	24
2. メタデータ整備 (件数)	
電子政府クリアリングハウス：メタデータ登録数	1,600
地質情報総合メタデータ (日本版)：メタデータ登録数	2,709
同 上 (アジア版)：メタデータ登録数	5,032

⑥【地質標本館】

(Geological Museum)

所在地：つくば中央第7

人 員：17名（11名）

概 要：

地質標本館は、世界的にユニークな地球科学専門の博物館として、地質標本、地球科学全般と地球の歴史・変動のメカニズム、人間生活との関わりについて展示し、土・日・祝日も開館している。また、地球科学の普及、地質調査に関する広報および地質相談業務、地質試料等の整備・調製、並びにこれらに係る研究などに関する業務を行っている。

機構図（2012/3/31現在）

[地質標本館] 館長 利光 誠一
副館長 下川 浩一
総括主幹 古谷美智明
[企画運営グループ]
グループ長 (兼) 古谷美智明 他
[アウトリーチ推進グループ]
グループ長 渡辺 真人
[地質試料管理調製グループ]
グループ長 角井 朝昭 他

企画運営グループ

(Museum Management Group)

(つくば中央第7)

概 要：

企画運営グループは、展示施設の維持管理、館内での特別展示や行事・外部イベント出展などの企画・調整・運営を行っている。

アウトリーチ推進グループ

(Outreach Activities Promotion Group)

(つくば中央第7)

概 要：

アウトリーチ推進グループは、ジオパーク、ジオネットワークつくば、地質情報展など、産総研地質分野を代表して、外部機関との連携をとりながらアウトリーチの推進業務を行っている。また、「地質相談所」を窓口として、所内外からのさまざまな階層の地質相談業務を行っている。

地質試料管理調製グループ

(Specimen Archive and Research Promotion Group)

(つくば中央第7)

概 要：

地質試料管理調製グループは2つのチームで業務を行っており、地質試料管理チームは、地質試料の整備、管理・保管、登録、利用支援、並びにこれらに関する研究を行い、地質試料調製チームは、地質試料の調製業務（薄片・研磨片など）を行っている。

産業技術総合研究所

平成23年度 地質標本館行事一覧

実施期間	特別展および速報	講演会	移動地質標本館	イベント	入館者・参加者
2011/4/19～ 2011/7/11	春の特別展「速報展示 霧島山新燃岳2011年噴 火・平成23年東北地方太 平洋沖地震速報展示				入館者 6,043人
2011/5/8				地質の日関連：ポップア ート作り	参加者 57人
2011/5/14～ 2011/5/15			つくばフェスティバル 2011		来場者 12,000人
2010/5/28				ジオネットワークつくば第20回 サイエンスカフェ「身近な熱の話	
2011/6/24				ジオネットワークつくば第21回 サイエンスカフェ「もののデザイ ンから」	
2011/7/20～ 2011/9/25	夏の特別展「世界石紀 行」				入場者12,986人
2011/7/23				つくばセンター一般公 開	入館者2,207人
2011/7/23		特別講演会：世界石紀行 「地球の記憶を訪ねる」 「石の造形に見るジオ多 様性」			入場者 86人
2011/7/28			関西センター（池田） 一般公開		入場者2,300人
2011/8/5			関西センター（尼崎） 一般公開		入場者 600人
2011/8/6			中部センター一般公開		入場者 2,370人
2011/8/6				ジオネットワークつくば第9回 野外観察会「放射能測 定 in 筑波山周辺」	
2011/8/20			東北センター一般公開		入場者 486人
2011/8/20				石をみがいてみよう	参加者 13人
2011/8/26				化石クラブ教室	参加者 15人
2011/8/26				ジオネットワークつくば第22回 サイエンスカフェ「これからの 食の供給と農地利用の 実態—人工衛星の画像 から見える世界の農業	
2011/8/27				地球何でも相談日	相談数 15件
2011/9/10～ 2011/9/11			地質情報展2011み と		来場者 926人
2011/9/23～ 2011/9/24			特別展 OCEAN「謎の 絶滅哺乳類テラスモスチ ルのワークショップ」		イベント参加者330人
2011/9/30				ジオネットワークつくば第23回 サイエンスカフェ・第1回ジオ 「石から探る筑波山の 過去—石や好物からわ かることは？—」	
2011/10/14		オープンラボ講演会「地震災 害からの復興と防災を考 慮した土地利用に向けて ～地質・衛星情報の活用 ～」			
2011/10/28			中国センター一般公開		
2011/10/28				ジオネットワークつくば第24回 サイエンスカフェ・第2回ジオ 「地球温暖化とヒートアイラ ンド—つくば市の環境を 考える	
2011/11/12～ 2011/11/13			つくば科学フェスティバ ル		
2011/11/13		ジオマスター第1回野外実習			
2011/11/19				ジオネットワークつくば第25回 サイエンスカフェ・土木の日ス ペシャル「土砂災害危険道路 を見分ける法」	
2012/1/24～ 2012/3/25	特別展示地質情報展みと —未来に生かそう大地の 鳴動				入場者 4,159人
2012/1/28				ジオネットワークつくば第26回 サイエンスカフェ「サイエンスのまわ りで人をつなげ」	

研 究

実施期間	特別展および速報	講演会	移動地質標本館	イベント	入館者・参加者
2012/2/4			うしくサイエンス フェスタ2012		
2012/2/26				ジオネットの日絵画コンテスト表彰	
2012/2/26				ジオネットの日「エキスポセンター 周辺の石めぐり」 野外観察会：ジオネットワーク つくばと共催)	
2012/2/26				ジオネットワークつくば「親子 で遊ぼうジオネットの日」	
2012/3/17				化石レプリカ作り	参加者 49人
2012/3/24			山形県立博物館 「春休み子供わく わく講座移動地質 標本館」		

地質標本館 平成23年度 入館者総数 33,452人

地域別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
市内	138	492	514	2,664	3,485	442	528	707	474	225	362	560	10,591
県内	205	1,313	1,007	1,366	1,720	818	955	1,137	501	351	443	432	10,248
都内	52	259	123	351	400	255	213	557	165	72	470	327	3,244
他県	159	538	382	1,344	1,463	464	854	1,093	658	365	703	941	8,964
外国	2	18	5	50	31	28	71	107	13	12	48	20	405
計	556	2,620	2,031	5,775	7,099	2,007	2,621	3,601	1,811	1,025	2,026	2,280	33,452

職業別入館者数内訳

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
小学	65	652	272	1,663	2,433	430	554	409	85	168	155	353	7,239
中学	14	254	224	249	372	28	152	147	408	44	200	88	2,180
高校	5	22	87	42	347	4	48	601	202	7	323	163	1,851
大学	35	163	269	105	127	195	93	77	89	81	84	155	1,473
教諭	17	88	64	173	238	101	62	178	60	63	67	103	1,214
家庭	217	803	664	1,912	2,661	788	861	1,429	612	343	597	785	11,672
一般	203	638	451	1,631	921	461	851	760	355	319	600	633	7,823
計	556	2,620	2,031	5,775	7,099	2,007	2,621	3,601	1,811	1,025	2,026	2,280	33,452

団体見学への館内説明対応件数 355件

団体見学への館内説明対応実績内訳

	区分	回数	講演内容
学校関係	小学校	89	地層の話
	中学校	31	地層の話
	高校	65	地域の地質・館内説明
	高等専門学校	0	地域の地質・館内説明
	大学	4	地域の地質・館内説明
視察・VIP	視察・VIP	11	地域の地質・館内説明
海外研修生	海外研修生	0	地域の地質・館内説明
その他（一般団体）	その他（一般団体）	152	地域の地質・館内説明
合計		352	

職場体験学習生・研修受入

職場体験学習生	なし	
---------	----	--

博物館実習	千葉大学 2人	9日間 (2人)	博物館業務に係わる試・資料の収集・保管・展示等の指導
	筑波大学 7人	12日間 (5人)	
		5日間 (2人)	
		1日間 (1人)	
	川村学園女子大学 7人	9日間 (7人)	
	神奈川工科大学 1人	9日間 (1人)	
茨城大学 1人	10日間 (1人)		

薄片技術指導	アースサイエンス (株) 1人	4日間 (1人)	岩石試料の薄片、研磨片作成技術の指導
--------	-----------------	----------	--------------------

⑦【深部地質環境研究コア】

(Research Core for Deep Geological Environments)

(存続期間：2007. 4. 1～)

研究コア代表：渡部 芳夫

所在地：つくば中央第7

人員：1名 (1名)

経費：395,758千円 (14,668千円)

概要：

研究コアとしての設立の要件は、原子力安全・保安院より、産総研が実施する放射性廃棄物地層処分に対する安全規制の技術的支援研究を、代表制を持って統括するしくみを強く要請され、政策当局、関連機関等との調整、協力において、組織的的代表制が不可欠となったことによる。

本研究コアの課題とミッションは、産総研地質分野において、放射性廃棄物地層処分事業の概要調査結果の規制庁レビュー等における、地層処分の安全基準を策定していくために必要となる調査研究を実施することであり、産総研地質分野の研究戦略（戦略課題3-(2)高レベル放射性廃棄物の地層処分のための地質環境評価）に基づき、活断層・地震研究センター、地圏資源環境研究部門、地質情報研究部門、地質調査情報センターの研究者44名（常勤職員35名、契約研究職員9名）が研究コアメンバーとして実施した。

本研究コアの対外的な代表性に基づく活動は、原子力安全・保安院や原子力安全委員会等の安全規制機関への技術支援等の活動と、規制支援研究機関との協力、ならびに上記の外部要請に基づいた外部資金プロジェクトの運営・統括等からなる。

政策原課（原子力安全・保安院放射性廃棄物規制課）への協力としては、総合資源エネルギー調査会廃棄物安全小委員会事務局が国の地層処分の規制ならびにその支援研究計画の策定作業を行う際に、原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構と共同で支援した。

一方、原子力の安全研究の推進を目的として、地層処分の安全規制支援研究機関である原子力安全基盤機構、日本原子力研究開発機構との間で平成19年10月4日に締結された、独法間研究協力協定「放射性廃棄物地層処分の安全性に関する研究協力協定」の協定協力委員会を開催し、今後の研究協力の方針と共同研究計画の策定を行った。また本協定の下で実施中の共同研究活動として、3協定機関の共同研究「幌延深地層研究計画における安全評価手法の適用性に関する研究」を継続するとともに、日本原子力研究開発機構との間の共同研究「深部地質環境における水-岩石-微生物相互作用に関する調査技術開発」（平成23年3月末まで）、ならび

に「低活動性断層の調査・評価技術の開発」（平成21年10月～平成24年3月末）を実施した。

なお、研究プロジェクト自体の成果は、研究コアメンバーの所属する研究ユニット等の業務の一環として実施したものであり、詳細な内容は各研究ユニットの項に記述した。本項では、研究ユニットでは実施とりまとめがなされない、本研究コア自体が実施した以下の外部資金プロジェクトの1項目について記述する。

外部資金：

原子力安全・保安院 委託研究費「平成23年度核燃料サイクル施設安全対策技術調査（放射性廃棄物処分安全技術調査等のうち地層処分に係る地質評価手法等の整備）」

独立行政法人原子力安全基盤機構 委託研究費「平成23年度地下水流動解析モデルの総合的検証手法の検討（幌延変動観測調査）」

独立行政法人原子力安全基盤機構 委託研究費「平成23年度地質・気候関連事象の時間スケールに対する不確実性の検討」

【テーマ題目1】我が国の過去の自然事象についてのデータベース化

【研究代表者】内藤 一樹（地質情報研究部門）

【研究担当者】内藤 一樹、伊藤 順一、風早 康平、中野 俊、松本 哲一、高橋 正明、岸本 清行、高橋 雅紀、西来 邦章、尾山 洋一、中田 和枝、切田 司、大丸 純、竹内 久子、仲間 純子、半田 宙子、稲村 明彦（常勤職員9名、他8名）

【研究内容】

目標：

標準的な立地調査段階の国内地質情報を整備する。このために、産総研出版の地球科学図類を中心とした地質データ、第四紀火山データ、深層地下水データについて、安全評価に有用な形で情報を整備する。

計画の概要：

- 1) 第四紀火山データベースの更新：平成22年度に出版公表された日本の第四紀火山に関する文献を抽出し、火山毎に文献リストを作成する。さらに、既存文献のレビューにより明確な噴火年代が不明確な火山岩体に対しては、新たに年代測定を実施し第四紀火山であるか否かの判定を行う。これまで整備を継続してきた第四紀火山地質データベースに対して得られたデータを使って更新し、判断指標の「火山・マグマ活動」における第四紀火山の確認に備える。
- 2) 地質データベースの整備：これまで産総研の整備し

てきた地質データベースを最新の地質情報に更新するとともに、電子データ作成及び登録業務を円滑に実施するために地質データベースシステムの管理運用をおこなう。事業者による概要調査結果を判断する作業に有用な地質データ出力機能を作成する。今後整備すべきデータ項目として、長期的な構造運動による影響のデータ化手法について検討する。本検討結果は、判断指標の「隆起・沈降」及び「断層活動」における将来のテクトニクスの安定性の評価に反映させる。

- 3) 深層地下水データベースの更新：深層地下水データベースを更新するため、新規に公表されたデータを収集するとともに、既存の深層地下水試料の分析を行い一定の品質を満たすデータを追加する。特に、平成22年度に流出域の抽出に有効な指標として抽出した温泉・鉱泉・湧水などのデータを基に地下水流出地点の分布・特性をデータベース化する。

成果の概要：

- 1) 第四紀火山データベースの更新では、2011年6月13日、10月27日にデータ更新作業を行い、2012年2月の更新により Version 1.47となった。本年度の作業では、92火山について計479件の火山文献データを追加した。また、第四紀の開始時期を2.59Ma とする新たな年代定義に準拠した第四紀火山の認定作業も併せて実施した。
- 2) 地質データベースの更新では、データベースを平成22年度末での最新の地質情報に更新するとともに、データベースの利便性を向上する機能を追加した。また、構造運動の解析技術の開発では、オイラー極を仮定しプレート移動を計算・可視化する機能を作成し、これを用いてプレート運動に関するデータを整備することで、プレート運動の将来予測についての検討を行った。
- 3) 深層地下水データベースの更新では、我が国の深層地下水に関する新規データを収集・分析し、分析データあるいは観測値の品質管理を行い深層地下水データベースに登録した。本年度新規に加えたのは3,001点であり、現在の登録件数は23,713件である。また、深層地下水の流出域の地理的分布と特徴を把握するため新たに「流出域データベース」の構築に着手した。

【分野名】地質

【キーワード】地質データベース、第四紀火山、深層地下水

⑧【地質調査総合センター】

(Geological Survey of Japan)

所在地：〒305-8567 つくば市東1-1-1 中央第7 他

概要：

産業技術総合研究所地質調査総合センターは、以下に示すように地質調査総合センター代表のもとに

構成される研究ユニット及び関連部署からなる産総研内の「地質の調査」に関連する組織の総称である。この組織はほぼ旧工業技術院地質調査所を引き継いでおり、対外的には“Geological Survey of Japan”の名称の基で、各国地質調査所に対して我が国を代表する窓口となっている。

「地質の調査」は、産総研のミッションの一つとして位置付けられている。地質学及び関連科学の幅広い分野にわたる研究者の属する地質調査総合センターは、学際的・境界領域的研究分野の積極的開拓を目指した連携体制を構築し、国の知的基盤整備の一翼を担うとともに、地震・火山噴火等の突発的地質災害発生時の緊急調査・観測体制に対応する機能を持っている。また、地質調査総合センターは、構成する研究ユニットの地質分野における研究成果を一つの出口としてまとめ、旧工業技術院地質調査所の出版物刊行を引き継いだ出版活動及び成果普及活動を実施している。さらに、産学官連携活動の一環として、経済産業省知的基盤課との適宜意見交換、関連業界団体である(社)全国地質調査業協会連合会、地方公共団体等との定期懇談会、産総研コンソーシアム「地質地盤情報協議会」、産技連知的基盤部・環境エネルギー部会等を開催している。地質調査総合センターでは、各研究ユニット等及び研究管理・関連部署間の意思の疎通を図るために、毎月、連絡会議を開催し、情報交換・意見交換等を行っている。

関連組織 (2012/3/31現在)

[地質調査総合センター]

代表 佃 栄吉

研究ユニット等

[活断層・地震研究センター]

研究センター長 岡村 行信 他

[地圏資源環境研究部門]

研究部門長 矢野 雄策 他

[地質情報研究部門]

研究部門長 栗本 史雄 他

[深部地質環境研究コア]

代表 渡部 芳夫

研究管理・関連部署

[地質調査情報センター]

センター長 脇田 浩二 他

[地質標本館]

館長 利光 誠一 他

事務局

[地質分野研究企画室]

研究企画室長 光畑 裕司 他

業務報告データ

- 日付 地質調査総合センター行事
- H23. 9. 10 ~ 9. 11 「地質情報展2011- 未来に活かそう 大地の鳴動 (めいどう) -」(水戸市 堀原運動公園 武道館)
- H24. 1. 12 第18回地質調査総合センターシンポジウム「地質学で読み解く過去の巨大地震と将来の予測 -どこまでわかったか-」(秋葉原ダイビル)
- H24. 1. 31 第19回地質調査総合センターシンポジウム「社会ニーズに応える地質地盤情報-都市平野部の地質地盤情報をめぐる最新の動向-」(東京大学 小柴ホール)
- H24. 2. 22 ~ 2. 25 「第1回アジア太平洋大規模地震・火山噴火リスク対策ワークショップ」(産総研つくば中央第1事業所 共用講堂)

7) フェロー

【フェロー】

(AIST Fellow)

所在地：つくば中央第2、第4、第7、西

概 要：

フェローは、理事長の諮問を受けて、研究者の代表として他の研究者の指導にあたりるとともに、特別な研究を行っている。

平成23年度は、6人のフェローを置いている。

機構図

フェロー	大津 展之
フェロー	十倉 好紀
フェロー	浅島 誠
フェロー	加藤 碩一
フェロー	安藤 功兒
フェロー	中西 準子

(2) 内部資金

【研究題目】パワー半導体モジュール用高耐熱性実装部材の先導開発

【研究代表者】平尾 喜代司
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】明渡 純、鈴木 宗泰、平尾 喜代司、周 游、日向 秀樹、申 ウソク、伊豆 典哉、伊藤 敏雄、青柳 昌宏
(ナノエレクトロニクス研究部門)、鈴木 基史 (ナノエレクトロニクス研究部門)、菊地 克弥 (ナノエレクトロニクス研究部門) (常勤職員11名、他1名)

【研究内容】

炭化ケイ素 (SiC) 半導体を使ったパワー半導体モジュールは、300℃程度の高温でも動作可能であるため、車載用モジュール等への応用が期待されている。現状では、SiC 半導体自身の開発は進められているが、高温動作に対応可能な電子部品や実装技術の開発が遅れている。本研究では、SiC 素子の容量電力密度が最大となる250℃程度での高温動作を想定した、1) 高耐熱性・高耐電圧コンデンサ、2) 高強度・高熱伝導セラミック放熱基板、3) 高信頼性接合技術、4) パワーエレクトロニクス用配線技術に係るシーズ技術を創出することを目的とした。本年度の主要な成果は下記の通りである。

高温下での誘電・耐圧特性を評価できる特殊プローブを導入し、評価装置の基本特性を確認した。また、AD法により、キャパシターとして高温特性に優れた層状複合酸化物材料の緻密薄膜化に成功した。放熱基板については、優れた機械特性と世界最高水準の高い熱伝導率 ($177\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) を併せ持つ、窒化ケイ素素材の開発に成功し、放熱基板への実用化を目指した開発に着手した。接合技術については、基板とチップを銀ナノ粒子の低温焼結性を利用して接着する接合プロセス技術の条件を検討し、銀ナノ粒子ペーストの乾燥速度及び流動性と接合部の空孔等の欠陥発生との相関を評価した。配線技術については課題抽出のための技術文献、学会発表などの技術調査と構造解析シミュレーションによる予備検討を行った。LTCC 多層基板について、300℃、500時間後の特性保持の報告を確認した。また、熱応力による変形シミュレーションにより、300℃以上の環境温度において、片面配線では大きな変形が発生し、両面配線では配線パターンに異存した変形が発生することを明らかにした。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】AD 法、高耐熱キャパシター、層状複合酸化物、高熱伝導基板、窒化ケイ素、銀ナノ粒子、ペースト、配線、多層基板

【研究題目】ミニマルファブ試作ラインの開発

【研究代表者】原 史朗
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】前川 仁、池田 伸一、

クンプアン ソマワシ、吉田 知也、長尾 昌善、行村 健、今岡 和典、昌原 明植、遠藤 和彦、青柳 昌宏、渡辺 直也、神代 暁、山森 弘毅、中野 禅、小木曾 久人、岡崎 祐一、三島 望、増井 慶次郎、清水 禎樹、大平 俊行、鈴木 良一、伊藤 寿浩、高木 秀樹、銘苅 春隆、鈴木 章夫、前田 龍太郎、宮下 和雄、松本 光崇、秋永 広幸、石川 浩、鋤塚 治彦、金高 健二、鹿田 真一、安部 英一、井上 道弘 (常勤職員30名、他4名)

【研究内容】

集積回路製造工場 (半導体ファブ) では、設備投資の巨大化で採算性が悪化し新規参入が困難になり、また、研究開発とファブの生産能力の乖離が顕著となり、死の谷が益々大きくなりつつある。さらに、少量の需要に対して高コスト化が顕著になり、少量生産へほとんど対応できなくなっている課題がある。これに対して、産総研では、IC を1個1個作るのに最適なハーフィンチュエハを用い、かつ巨大なクリーンルームに代わる局所クリーン化技術を導入して、数億円の投資で半導体生産を可能にするミニマルファブを提案している。本研究では、ミニマルファブ方式で実用的な半導体生産ラインを構築できることを実証する。ミニマルプロセス技術の要素となる約10種類のプロセス装置の内、コアとなる CVD 装置、露光装置、エッチング装置、洗浄装置、コータ・ディベロッパ装置開発と、実用搬送装置開発、実用ウェハを完成させることで、ラインとして稼働させ、基本デバイスを試作する。また、イオン注入技術など研究開発要素の高い要素技術については、ミニマル化へ向けて基礎技術開発を行う。平成23年度は、上記コア装置群のうち、リソグラフィの中核をなす塗布装置、露光装置、現像装置のプロトタイプを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】ミニマルファブ、局所クリーン化、搬送システム、マイクロファクトリ、デスクトップファクトリ、アジャイルファブ、生産技術、多品種少量、変種変量、1個流し、オンデマンド、ミニマルマニファクチャリング、低コスト化、小型化、CMOS、MEMS、洗浄、エッチング、スパッタ、塗布・現像、CVD、露光、リソグラフィ、イオン注入、プラズマアッシング、マイクロプラズマ、CMP、接合、実装、ウェハ、シリコン、ハーフィンチ

〔研究題目〕革新的次世代 TCAD プラットフォームの開発

〔研究代表者〕福田 浩一（ナノデバイスセンター）

〔研究担当者〕福田 浩一、井上 靖朗、鈴木 爾
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

TCAD (Technology CAD) は、半導体のプロセス/デバイス設計を物理モデルに基づく計算科学をベースとして、コンピュータ上で短期間で仮想実験を行うツールとして使用されてきている。近年半導体デバイスの研究開発は、シリコンをベースとした集積回路の単純なスケールアップ（微細化）から、シリコン以外の材料を用いたパワーエレクトロニクスや光電子混載デバイスなど多様化してきており、新しいデバイス開発のための TCAD 環境の構築が求められている。このために従来のシリコン CMOS 用のプロセス/デバイス シミュレータをベースに、新しい構造を持つデバイスや新動作原理に基づくデバイス、さらに新しい材料を導入したデバイスなどをシミュレーションにより検討を行うため、新しい物理モデルの組み込みや大規模計算に対応するための高速化を進めている。今年度、情報技術研究部門と連携して MPI (Message Passing Interface) と呼ばれる技術を用いて10倍の大規模高速化を実証した。2年後にはさらに100倍高速化への期待が寄せられている。また、パワーデバイスなどの新材料に必要なイオン注入モジュールの高精度化に着手している。低炭素社会実現に向けた低消費電力トランジスタを実現する新しいメカニズムで動作するトランジスタ開発を進めている FIRST プログラム GNC (Green Nano-electronics Center) でのグリーンデバイス設計に寄与する TCAD 環境を提供し、集積回路素子の低消費電力化検討にも威力を発揮することを実証した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕計算論的デバイス設計、計算論のプロセス設計、テクノロジーCAD、コンピュータ・シミュレーション

〔研究題目〕重点研究加速予算（戦略予算）/高性能磁石の資源循環プロセスの開発

〔研究代表者〕中村 守
（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕中村 守、小林 慶三、尾崎 公洋、西尾 敏幸、高木 健太、中山 博行、森下 翔、多井 豊、三木 健、多田 周二
（サステナブルマテリアル研究部門）、赤井 智子
（ユビキタスエネルギー研究部門）、田中 幹也、小山 和也、成田 弘一、石 哲雄、大木 達也、古屋仲 茂樹、

西須 佳宏、林 直人
（環境管理技術研究部門）、森本 慎一郎
（イノベーション推進本部）
（常勤職員20名）

〔研究内容〕

グリーンイノベーションに不可欠な高性能磁石 (Nd-Fe-B 系磁石) を安定供給するための技術開発を産業界の意見（産業競争力懇話会）も聞きながら推進する。これまでに、廃棄ハードディスクなどの小型電子部材から磁石を物理的に選択・粉砕する技術を確立しているが、この物理的プロセスの高度化、元素毎の回収を目指した化学処理プロセスの開発、物理的プロセスで回収した粉末から低コストで高性能磁石を再生するための技術開発を行った。

物理的プロセスの高度化においては、開発したハードディスクドライブからネオジウム磁石を含むボイスコイルモータを自動で取り出す HDD-CS について、プレス発表を行った。またこれに続き、エアコンのコンプレッサ内のロータから、ネオジウム磁石を回収するため、コンプレッサに使われる磁石の種類、形、ロータの形状を調べた。さらに、非破壊で、ネオジウム磁石とフェライト磁石を識別する複数の方法を検証し、識別の可能性が高い方法を見極めた。

化学処理プロセスの開発においては、ネオジウムとジスプロシウムを相互分離の最適条件を求めるとして、酸性有機リン試薬である PC88A による両元素の溶媒抽出における平衡定数を、PC88A の有機相における非理想性を考慮して求め、両元素の抽出挙動を定量的に計算することを可能とした。

さらに低コストでの磁石再生を目指して、粉末を超微細粉砕によりアモルファス化し、再焼結プロセスにおいて磁性相を結晶成長させる手法について検討した。この方法におけるアモルファス粉末の形成技術は機械的合金化法を応用して確立した。得られた粉末をパルス通電焼結により固化成形することで、バルク状の磁石を作製した。結晶の異方性が十分でないため、BHmax は低い値であった。また、使用済磁石を想定し、Nd-Fe-B 磁石を加熱脱磁して、再着磁した際の磁性測定を行った。加熱脱磁からの再着磁では磁性がほぼ復元することが確認できた。廃棄磁石の再生技術としては、磁石を粉砕して再焼結することで可能であることが確認できた。

ただ、磁石を利用する民間企業の意見としては、回収した磁石からは有用成分のみを抽出し、省使用化技術と組み合わせ再生利用することが形状自由度の高い応用製品につながり、我が国産業界の競争力強化になるのではないかと意見をいただいた。高性能磁石の資源循環に関してはリサイクル技術の強化へシフトするとともに、重希土類の省使用化技術と連携した技術開発を行う。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 高性能磁石、重希土類元素、リサイクル、粉砕、HDD、コンプレッサ、ネオジム、ジスプロシウム、溶媒抽出、焼結、資源循環

[研究題目] 次世代シリコンデバイス設計環境の構築

[研究代表者] 昌原 明植

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 昌原 明植、五十嵐 泰史、大内 真一
(常勤職員3名、他6名)

[研究内容]

産総研では、つくばイノベーションアリーナ (TIA) を初めとして、次世代デバイス開発が幅広く行われている。デバイス技術は集積回路設計に結びついて初めて実用化されるものであり、並行して設計技術・回路技術の開発を進める必要がある。本プロジェクトでは、次世代デバイスとして早期の実用化が期待される平面型 FD-SOI (完全空乏型 Silicon On Insulator) トランジスタを選択し、回路開発に向けた研究を行った。平面型 FD-SOI トランジスタを用いた集積回路では、回路設計の難度が高いアナログ・RF (高周波) 分野の検討が遅れている。この理由として、トランジスタや受動素子 (抵抗、インダクタ、キャパシタ) の周波数特性も考慮した高精度なシミュレーションモデルなどを含む設計環境の整備が遅れていることが挙げられる。本プロジェクトでは、FD-SOI を用いたアナログ・RF 回路設計環境 (PDK: Process Design Kit および IP: Intellectual Property) の構築を第一の目標とする。

平成23年度は設計環境の整備として、アナログ・RF 回路の動作点を考慮したトランジスタパラメータ作成を行った。また、アナログ・RF 回路で求められる広い電圧範囲で安定した動作が可能な平面型 FD-SOI トランジスタ構造について検討し、設計環境に取り込むべく試作を行った。

さらに、今後の微細化に対応した縦型 FD-SOI トランジスタ (FinFET と呼ばれる) の適用も考慮した回路構成を考案した。ロジック基本回路への適用では、従来のバルクトランジスタに比較して性能や占有面積で有利な、耐宇宙線用ラッチ回路やフリップフロップ回路などを新規開発した。また、アナログ回路の検討では、従来のバルクトランジスタに比較してロスが少ない動作を目指して電圧昇圧回路への FD-SOI トランジスタの適用を検討し試作を行った。

将来の高精度デバイスモデルとして期待されている HiSIM-SOI の国際標準化活動の技術的支援も行っており、開発されたモデルによるデバイス動作と回路動作の検証で協力した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 半導体、FD-SOI、PDK、設計環境、アナログ回路、高周波回路、HiSIM

[研究題目] 次世代型高容量・高出力二次電池の研究開発に関する研究

[研究代表者] 境 哲男

(ユビキタスエネルギー研究部門)

[研究担当者] 境 哲男、柳田 昌宏、齋藤 唯理亜
(常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

高容量化と高出力化の両立が可能で、安全性に優れ、かつ、資源的な制約が少ない、プラグインハイブリッド車用の次世代型二次電池の開発をめざして、電池材料や電極構造、電池構成などから総合的に検討して、プロトタイプ電池を試作して、性能実証と安全性評価を行った。具体的には、①高容量化と高出力化の可能性を有し、かつ、レアメタルを用いない鉄系正極材料及びシリコン系負極材料を選定して、これらの性能を最大限に発揮させるための電極構造や構成材料を検討、②最適な電解液組成の検討、③耐熱性や安全性に優れたセパレータ材料・構造の検討を行った。さらに、大型電極試作装置を用いて、1Ah クラスの電池を試作し、性能実証した。また、電池安全性試験評価装置を用いて、電池の安全性評価を行った結果、プロトタイプ電池の高い安全性を実証できた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リチウムイオン電池、高容量、高出力、安全性

[研究題目] 重金属類土壌汚染調査評価及びリスク低減方策に関する技術開発

[研究代表者] 張 銘 (地圏資源環境研究部門)

[研究担当者] 張 銘、川辺 能成、原 淳子、坂本 靖英、保高 徹生、井本 由香利、杉田 創、星野 美保子、昆 慶明、高木 哲一、鈴木 正哉、末益 巧、駒井 武、月村 勝宏
(常勤職員13名、他1名)

[研究内容]

「土壌汚染対策法」の改正に伴う土壌汚染の原位置浄化の高いニーズと、東日本大震災の津波によって発生した大量の津波堆積物に含まれる汚染物質への緊急対策を背景に、本研究では、関連調査技術、浄化技術及びリスク評価技術に関する体系的な研究開発を民間企業および他研究機関との研究協力のもと実施し、技術の実用化と普及による社会への還元を目指す。具体的には、汚染物質濃度のオンサイト計測技術、汚染物質のミクロな存在形態に関する検討、土壌有機物質の存在や鉱物組成が浄化効率に及ぼす影響の検討、酸性電解水及び動電学的手法を用いた浄化技術の開発並びに地盤における汚染物質の移行評価と環境リスク評価技術の開発を行う。本年度は1年目として、体系的な研究環境の整備を行い、初歩的な成果が得られた。

汚染物質濃度のオンサイト計測技術については、実現場への適用を試み、その有効性と実用性が実証された。土壌の鉱物組成及び有機物質が浄化効率に及ぼす影響に関しては、関連評価技術のアプローチの提案と予備的検証ができ、定性的及び定量的な評価に向けた知見整備を進めた。また、酸性電解水及び動電学的手法を用いた浄化技術の開発については、基礎的なデータの取得ができ、民間企業による現場実証試験への適用までに至っている。今後は計画に基づく更なる研究・開発を重ね、現状の民間企業との共同研究を拡大し、関連技術の実用化と普及を推進していく予定である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、重金属類、調査技術、浄化技術、リスク軽減

【研究題目】生物・情報融合解析システム

【研究代表者】町田 雅之（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】町田 雅之、小山 芳典、小池 英明、梅村 舞子、玉野 孝一、浅井 潔、堀本 勝久、光山 統泰、福井 一彦、関口 智嗣、小島 功、池上 努、油井 誠（常勤職員13名、他2名）

【研究内容】

次世代シーケンサーなどの革新的な生物解析技術を背景として、これまでに経験したことのない大規模な情報が短時間で生産されるようになった。この情報を効果的に利用して競争力を維持・向上させるためには、情報処理技術を中心として生物解析と密接な連携に基づいた総合的な技術体系、およびこれに基づいた解析システムの構築が必須である。

今年度は、アセンブリを自動化し、遺伝子発見、アノテーションを含めて、未知微生物からの基本的な二次代謝遺伝子予測のためのパイプラインを構築し、数種の微生物の解析を実施した。これにより、これまで不明であった化合物の生合成遺伝子の同定に成功した。また、新たに比較ゲノム解析手法を用いた二次代謝遺伝子予測技術を開発し、多数の未知の二次代謝遺伝子の予測に成功した。これらの情報処理技術を用いて、アレイ解析と酵母のタンパク質生産性の向上に関わる遺伝子の解析、放線菌が生産する抗菌活性を有する低分子化合物の生産に関わる遺伝子の予測を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】次世代シーケンサー、バイオインフォマティクス、天然物化学、タンパク質生産、二次代謝

【研究題目】生物・情報融合解析システム（バイオCAD）

【研究代表者】関口 智嗣（情報技術研究部門）

【研究担当者】小島 功、池上 勉、油井 誠

【研究内容】

本研究は、次世代シーケンサーの開発などに伴う爆発的なバイオ関連のデータ増大に対し、大規模な情報解析基盤技術の研究開発によりスケーラビリティを達成すると共に、シーケンサーのアセンブル処理をはじめとしたバイオ分野の解析プロセスにおいて、情報の解析処理を高速化してステップを短縮することで研究開発の加速を図るものであり、生物プロセス研究部門を中心として生命情報工学研究センターと情報技術研究部門が協力して研究開発を行っている。

本年度は2年目であり、昨年度に行ったアセンブルパイプラインの一部高速化を踏まえ、ソフトウェア全体の解析を進めて高速化の方針をまとめた。具体的には、アセンブルパイプラインのうち velvet と呼ばれるモジュールについてアルゴリズムとプログラムの詳細な解析を行い、高速化のための問題抽出を行い、大規模なクラスタ上での並列処理についての基本方針をまとめた。また並行して、実験を行う応用研究者との議論を開始し、実験プロセスにおける情報処理ステップとそのワークフローについて調査を行った。その結果、いくつかのタスクにおいてワークフローシステムの適用可能性を検証した。今後プロトタイプ実験を行って評価に供する予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】バイオインフォマティクス、次世代シーケンサー、アセンブル、ワークフロー

【研究題目】南海・東南海地震の前兆現象検出精度向上のための共同研究

【研究代表者】松本 則夫

（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】松本 則夫、小泉 尚嗣、桑原 保人、高橋 誠、今西 和俊、北川 有一、板場 智史、武田 直人（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

本研究は、南海・東南海地震予測に資するために、深部ゆっくりすべり・深部低周波微動の分布や発生間隔の解析精度の向上を目標として、産総研・防災科研の歪・傾斜データを共有し、同すべりの高度な解析やメカニズム解明のために平成22年度から開始した。平成23年度には、産総研と防災科研とのデータ交換を開始した。主に紀伊半島で発生した深部ゆっくりすべりの位置を歪計・傾斜計双方を用いて決定し、地震調査委員会・地震防災対策強化地域判定会等に報告した。さらに、深部低周波微動の詳細な分布を明らかにするために、三重県松阪市の飯高赤桶観測点周辺で、50-100m 間隔で39点の高感度地震計の観測を継続した。

【分野名】地質

【キーワード】地震予測、歪、傾斜、深部ゆっくりすべ

り、東南海地震、南海地震

【研究題目】放射線障害の防護方法の開発

【研究代表者】 今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 今村 亨、浅田 眞弘、岡田 知子、
古川 功治、松田 知栄、鈴木 理、
中山 文明、明石 真吾、今井 高志、
隠岐 潤子、織田 裕子
(常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

近年、放射線障害の予防・治療の必要性が広く認識されている。我々は、高線量放射線被ばくによる障害の予防・治療に向けた細胞増殖因子の利用を目指してきた。これまでに、繊維芽細胞増殖因子 (fibroblast growth factor (FGF)) 群のなかで FGF1、FGF7、FGF10に、X線照射後のマウス空腸の生存クリプト数減少を抑制し、骨髄におけるアポトーシスマーカー出現を抑える効果を確認した。さらに、FGF1/FGF2キメラの最適化分子 FGFC を創製し、FGF1と類似の生物特性を持つだけでなく、構造的に FGF1よりも安定であることを示した。

本研究では、放射線障害の予防・治療における FGFC の防護剤としての有効性を検証する一環として、個体の生存率に対する効果を検討した。BALB/c マウスに FGFC を腹腔内投与し、その24時間後に X線を全身照射した。そして、経時的に個体の生存を追跡した。まず、X線の照射線量と、FGFCの投与用量について、生存率への影響を調べた。その結果、X線照射の24時間前に FGFC を投与することによって、8Gy または6Gy の X線照射による個体死が、有意に、かつ投与 FGFC の用量依存的に遅延することが観察された。一方、10Gy の照射では、有意な効果は認められなかった。

これらの結果から、放射線被ばくの線量や FGFC 投与の量や時期が一定範囲内にある場合、細胞増殖因子 FGFC を用いた予防・治療が有効であることが示された。今後は、投与の回数や他の処置との併用などを検討し、実用的使用に向けて条件を整備していく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 繊維芽細胞増殖因子、X線、生存率

【大項目名】 融合・連携推進予算 (戦略予算)

【研究題目】 MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用

【研究代表者】 鈴木 良一

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 鈴木 良一、浮辺 雅弘
(常勤職員2名)

【研究内容】

福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が飛散し、放射線被曝のリスクが懸念されている。個人が自分の被曝の状況を日常的に把握するために、産総研全体

の研究ポテンシャルを結集し、小型で装着負担の少ない個人用線量計の開発を行った。本研究開発では、シリコンダイオードを放射線検出素子として、ボタン電池1個で半年以上動作可能で、重量20g以下で高線量下でブザーやLEDで警告を出すことができる電子式線量計を開発した。この線量計は、光通信によってパソコンで過去の被ばく量の時系列データを読み込み、表示することができる。また、衝撃等のノイズによる誤動作を防ぐため衝撃センサーによって誤動作を抑える機構も入っている。これを常に持ち歩くことによって、どのような活動をしたときに被ばく量が多いかを把握でき、行動を変えることによって被ばく量を低減化できる。

【分野名】 計測・標準

【キーワード】 放射線線量計、電子式、放射線被ばく量

【研究題目】 MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用

【研究代表者】 市川 直樹

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 市川 直樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が飛散し、放射線被曝のリスクが懸念されている。個人が自分の被曝の状況を日常的に把握するために、産総研全体の研究ポテンシャルを結集し、電子式個人用線量計の開発を行った。この線量計のセンサ技術を基に、本研究開発では、位置情報をGPSを用いて同時に測定、記録する事で、位置と放射線量率の計測と結果の地図上への表示が簡便にできるシステムを開発した。それにより地域におけるホットスポットの洗い出しと行政による除染計画のための基礎情報提供などが可能になると考えている。システムの構築とそれを用いての予備実証実験を通して、移動しながら計測する事での計測限界など、実際に使う上での問題点を明らかにするとともに、こうした問題を解決するための線量率算定の高精度化の方式などについて検討した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 放射線線量計、GPS、位置情報

【研究題目】 MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用

【研究代表者】 一村 信吾 (理事)

【研究担当者】 八瀬 清志、池上 敬一、川本 徹
(常勤職員3名)

【研究内容】

福島第一原子力発電所の事故によって放射性物質が飛散し、放射線被曝のリスクが懸念されている。産総研では、被災者個人が自分の被曝の状況を日常的に把握することを支援するために、研究所全体のポテンシャルを糾合して、電子式個人用線量計やその運用システムの開発

を行っている。本研究では、この開発段階において試作されたバッチ型検出器やスタンドアロン検出器を、セシウム除染関連研究などで福島県を訪問する際に携帯し、その積算放射線量計としての性能の現場実証を行った。特に、開発初期段階においては、振動による影響、電磁ノイズによる影響、光の影響などについての条件を変えた実証実験を行った。

一方、バッチ型検出器をセシウム除染プラントにおける線量管理用に用いることのできる可能性にも着目し、必要となる性能・機能について検討を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 福島復興、積算放射線量計、実証実験、除染プラント、線量管理

【研究題目】 MEMS 技術を用いた携帯型放射線検出器の開発とその応用

【研究代表者】 田澤 真人

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 田澤 真人 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

携帯型放射線検出器の開発と応用においては、携帯者の移動と共に検出器も移動するが、携帯者は1日のうちの約1/3を住宅内で過ごすと思われる。したがって、携帯型放射線検出器には住宅内での線量が影響する。本研究では、住宅内における線量の影響の調査並びに放射線に対する建築部材の遮蔽効果について実施した。各種建材について Cs137からのガンマ線を想定し、建材の主要元素、代表的な使用形態を基にして遮蔽効果を見積もった。その結果、建築物の主要部位が放射線遮蔽効果に与える影響についての知見を得ることができた。これにより、木造住宅および鉄筋コンクリート集合住宅の総合的な遮蔽効果を見積もった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 住宅、放射線量、建築部材、遮蔽効果

【研究題目】 エネルギー資源を活用した分散型エネルギーマネジメント技術の開発

【研究代表者】 安芸 裕久 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 安芸 裕久、村田 晃伸、近藤 潤次 (常勤職員3名)

【研究内容】

住宅部門の二酸化炭素排出削減や省エネルギーを達成するために、太陽光発電、CO₂ヒートポンプ給湯器、家庭用蓄電装置などの様々な創エネ・省エネ機器が開発され、さらには住宅内の省エネルギー行動を支援するエネルギーマネジメントシステムの開発も進められている。しかし、全住宅に創エネ・省エネ機器を普及させることには困難があるうえ、住宅どうしの連携を欠いた個別的な省エネルギー行動の効果には限界が予想される。

本研究では、市民が個々に努力をするだけでなく、近

隣住宅と協力しあってエネルギーの有効利用を図ることで低炭素社会を実現するために、複数住宅間でエネルギー（電気や温水）の融通やエネルギー機器の共有と統合的な最適制御を可能とするエネルギーマネジメントのための統合運用システム技術の開発を行う。

平成23年度は、エネルギーマネジメント技術を実証するためのプラットフォームとして、太陽光発電、CO₂ヒートポンプ給湯器、太陽熱温水器などを備えた住宅4戸からなる住宅用エネルギーネットワークの実験設備を構築した。なお、実験設備の竣工が東日本大震災により予定より遅れたため、実験施設の試運転調整と実験の準備までを完了した。また、平成22年度に構築した住宅エネルギー需要データベースに蓄積された需要データをもとに、気温など天候との相関および世帯別の特性に着目した解析を行い、エネルギー需要予測手法と予測精度に関する予備的知見を得た。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エネルギーネットワーク、住宅地域、統合運用システム、データベース、シミュレーション、実証実験設備

【研究題目】 スマートメータ用 PLC の実証試験

【研究代表者】 樋口 哲也 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 村川 正宏、岩田 昌也、樋口 哲也、鈴木 綾子 (研究職員3名、他1名)

【研究内容】

電力量計の中に通信装置を組み込んだスマートメータは、自動検針だけでなく、家庭内のエアコンや太陽光発電の制御にも活用可能であるため、スマートグリッドの根幹技術の一つとされている。スマートメータで用いる通信手段には、無線の他に、電力線通信 (PLC) が有望視されている。情報技術研究部門では、これまでキロヘルツ帯 PLC において、高ノイズ環境や長距離伝送に強い PLC 通信装置を開発してきており、現在の課題は PLC 通信装置の性能評価試験を行うとともに、大規模集積回路 (LSI) の開発を行うことである。

平成23年度には、実験により、ホワイトノイズに対しては S/N 比-15dB まで通信可能であることを示すことができた。また、家電ノイズに対しては模擬一軒屋での実験においてメータと家電間で、すべての家電を動作させた状態から信号強度をさらに51dB 減衰させても通信可能であり、いずれも非常に高いノイズ耐性を示すことができた。加えて、長距離伝送においては、ケーブル直結状態で3.5km 以上の通信が可能であるとの見通しを得ており、スマートメータの通信手段としての実用性を示すことができた。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スマートメータ、PLC、スマートグリッド

〔研究題目〕 セキュリティ用カラー暗視カメラシステムの研究開発

〔研究代表者〕 八瀬 清志（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 永宗 靖、時崎 高志、太田 敏隆
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

セキュリティ分野では赤外線投光型の暗視カメラが広く利用されているが、現状で取得できる映像はモノクロであり、犯人特定につながる車や服装の色判別が可能な「カラー撮影機能」が求められていた。一方、ライフイノベーション分野では入院患者の夜間監視などのへの応用、また、安心・安全分野への応用のひとつとして車載カメラの高機能化、などへの期待が高まっている。当部門では、「赤外線カラー暗視カメラ」と称して、赤外線照明のみを用いて暗闇中でカラーの動画情報が得られる原理を見出してきた。本プロジェクトではこの原理を元に、高フレームレート化、分解能（解像度）向上、長距離撮影のための光源改良を行い、業務用暗視セキュリティカメラとして実用可能なレベルのカラー暗視カメラシステムの開発を行う。

本年度の成果は以下の通りである。フレームレートの向上を目的として、受像素子部分の高感度化などの改良、ならびにカラー画像処理装置の改善を行い、赤外線照射のみの条件で30フレーム/秒の標準的なカラービデオ信号（640×480ピクセル、NTSC 信号）を得ることに成功した。また、赤外線投光機の出力を強化するとともに、カメラ全体の強度を高めることにより、屋外での撮影にも耐えられるカメラシステムとした。このカメラを用いて屋外でのカラー暗視撮影を実証した。さらに、高精細化を目指してハイビジョンクラスの映像がリアルタイムに得られるカメラの設計を行った。平成24年度に試作を行う予定である。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 赤外線カメラ、高感度受像、画像処理、NTSC 信号

〔研究題目〕 つながり（絆）の活性化支援技術の研究

〔研究代表者〕 大場 光太郎（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 大場 光太郎、谷川 民生、小島 一浩、梶谷 勇、麻生 英樹、松本 吉央、永見 武司、橋田 浩一（社会知能ラボ）、本村 陽一（サービス工学研究センター）、西村 拓一（サービス工学研究センター）、小林 吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）
（常勤職員11名）

〔研究内容〕

災害時のコミュニティの重要性は、これまで阪神淡路大震災の際の孤独死等の問題を機に注目されるに至った。今回の東日本大震災ではその経験を活かして、避難者を

地域コミュニティ単位で避難所や仮設住宅へ割り振る等の処置がとられたが、コミュニティ形成の持つ問題を根本的に解決しているとは言い難いのが現状である。実際、被災地ではコミュニティの崩壊により、廃用症候群による高齢者の孤独死が深刻化しつつある。

一方で企業などが注目しているスマートコミュニティ技術は、エネルギー・情報・交通をつなぐことで、自律的な都市を構築し、活力あるコミュニティを構築する総合基盤インフラ技術であり、平成24年度科学技術重要施策アクションプランにも盛り込まれている。

しかしながら、ここでいうスマートコミュニティ技術は、コミュニティ形成の基盤インフラとはなりえるが、本来、街の基本となる人と人とのつながりを重視したコミュニティ（“つながり（絆）”）形成の支援方法としては十分ではない。つながり（絆）は基盤インフラの上に乗る具体的サービスコンテンツの一つと考えられ、このようなスマートコミュニティ技術上における具体的なサービスモデルについては、これまであまり議論がなされてこなかった。

そこで、産総研のような総合的に技術を有する機関が、スマートコミュニティ技術を被災地のモデル地区に導入し、そのインフラ上において、地域住民が本当に求める“つながり（絆）”形成といった具体的サービスの実証実験を先駆けて行い、その知見やノウハウを蓄積することで、企業が被災都市にスマートコミュニティ技術を導入する際の一助となることが早期に期待される。

平成23年度は、震災によりコミュニティが崩壊した被災地の復興において、“つながり（絆）”を支援するサービスコンテンツを乗せるためのプラットフォームとして、被災地仮設住宅近くに、企業が提供する支援拠点設備および産総研が有するセンサーネットワークシステムなどを導入したトレーラ拠点を整備し、次年度以降の情報の解析・分析のためのプラットフォームを整備し、人間工学実験申請など実験開始のための準備を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 生活支援ロボット、復興支援、つながり、絆、コミュニティ

〔研究題目〕 地理空間情報メタデータおよびWEB配信方式の国際標準策定

〔研究代表者〕 小島 功（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 小島 功（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、国際標準化フォーラム組織 OGC（Open Geospatial Consortium）が策定する地理空間情報のメタデータ（データに関連する情報）の検索と Web 配信方式の標準規格に対し、ソフトウェアの実装や経済省の衛星データに対する適用経験に基づき改善点を提案し、新たな仕様の策定（Catalog Service 3.0）に貢献するものである。OGC 標準は、ISO TC211（あるいは

ISO/IEC JTC1など)へ持ち込まれてデジュール標準となり、最終的に JIS 化されるのが通例になっており、本研究成果も同様の展開が期待される。H23年度は、以下のような研究開発を行った。

1) ソフトウェアの開発及び経産省衛星データへの適用：提案予定の機能に準拠した独自ソフトウェアの開発を進め、産総研オープンラボおよび地理空間情報システムの国際会議においてデモ発表を行い、開発へのフィードバックの参考とした。引き続き大規模なデータを生成する経産省の衛星センサへの適用を行いながら機能改良中である。各種衛星データの適用については、内閣府において進行中の衛星データ利用促進プラットフォームの実験環境や、小型衛星用プラットフォームの予備実験へソフトウェアを供し、ASTER, PALSAR, AVNIR-2, JERS-1と言った衛星センサのデータへの適用を評価し高速なメタデータ検索と配信方式の実装の有用性を検証することができた。

2) 仕様改善点の検討と OGC での提案：

さらに高速な処理を行うため、分散処理やインターネット検索との連携の部分において仕様の改善点の検討を進めると共に、OGC のカタログサービスのワーキンググループへの参加・発表を通して、本仕様に関わる問題や仕様の周知に努め、提案の準備を行った。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 地理空間情報、メタデータ、OGC

【研究 題目】 食品中の機能性成分分析法マニュアルを基礎にした地域食品産業の活性化

【研究代表者】 三木 啓司 (四国センター)

【研究担当者】 廣津 孝弘、苑田 晃成、中島 芳浩、安部 博子、垣田 浩孝、小比賀 秀樹、内海 明博 (健康工学研究部門)、仲山 賢一、森田 直樹、奥田 徹哉 (生物プロセス研究部門)、衣笠 晋一、沼田 雅彦、福本 夏生、高橋 淳子、前田 恒昭 (計量標準総合センター)

【コーディネーター等】 細川 純、松浦 晃久 (四国センター)、北野 邦尋、千葉 繁生 (北海道センター) (常勤職員18名、他2名)

【研究 内容】

食品の高付加価値化による地域経済活性化をめざして作成した、“食品中の機能性成分分析法マニュアル”は全国的に大きな注目を浴びている。平成22年度には、産総研四国センターと四国の公設研に加え、北海道センターおよび北海道の公設研、さらに計量標準総合センターが参画し、広域連携が達成されて対象とする産物の多様性が拡大した。また、マニュアルの信頼性向上に向けてメカジキアンセリンのラウンドロビンテストにも着手した。共通試料を用いた室間共同分析による定量法の妥当性確認は、マニュアルの分析法がいわゆる“標準”法と

して活用されることを目標としたものである。

平成23年度においては、マニュアルの拡充とメカジキアンセリンの室間共同分析を継続するとともに、分析法の“標準化”に向けた取り組みに重点を置いた。四国と北海道から企業ニーズにもとづいて地域特産食品を選定し、これを共通分析用の試料となるテストマテリアルとして製作すること、および、“フォーラム標準”として分析法をデファクト化するための、全国の公的試験研究機関などからなる任意団体(フォーラム)創設に向けた準備である。この結果、産業技術連携推進会議四国地域部会における討議、承認を経て、平成24年度から同部会内に分科会「食品分析フォーラム」設立をすることとなった。

科学的裏づけのある機能性成分分析法の確立、デファクト化、さらにこの裏付けをもとにして、商品に機能性成分量のラベル表示を可能にし、日本各地の食品のブランド化・高付加価値化に貢献するための第一歩といえる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 食品、機能性成分、ラウンドロビンテスト、フォーラム標準、デファクト標準

【研究 題目】 大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発

【研究代表者】 清水 博 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 清水 博、蓬田 芳樹、塚田 英幸 (他3名)

【研究 内容】

目標：

大量型高せん断成形加工装置の開発およびナノコンポジット材料の商品開発を目標とする。

研究計画：

- 1) 大量型高せん断成形加工装置の共同開発
 - すでに全自動小型の装置を開発しているが、処理量を10~100倍にするための装置最適化を行い、大量型装置を開発する。
- 2) 既研究開発済みナノコンポジット材料の商品化に向けての開発
 - 以下4系統の材料の商品開発を進める。
 - ① 透明樹脂ブレンドによる光学材料の開発
 - ② 高導電性エラストマーの開発
 - ③ 高濃度 CNT 含有マスターバッチの開発
 - ④ エコマテリアルの開発：ポリ乳酸をブレンドしたエコマテリアルの開発

年度進捗状況：

- 1) 大量型高せん断成形加工装置の共同開発
 - せん断流動場と伸長場とを周期的に付与可能なスクリーン構造を提案し、今後、レオロジー的なシミュレーションと連動させながら試作機プロトタイプの開発を進める。
- 2) 既研究開発済みナノコンポジット材料の商品化に向

けての開発

- ① 透明ブレンド材料については、自動車メーカーから無機ガラスに代替可能な窓材として、検討したい旨の提案があり、現在サンプルを提供し、その評価を進めている。
- ② フレキシブル回路基板を製造しているメーカーから高導電性エラストマーのサンプル提供を求められており、添加する多層 CNT の選定を進めている。
- ③ 上記材料 (②) における高濃度 CNT 含有マスターバッチの作製も求められている。
- ④ 高せん断成形加工法によりバイオマス由来ポリマー同士のブレンド化を図る研究は、JST/A-STEP の研究に移行して進めた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 高せん断成形加工、ナノコンポジット、透明樹脂ブレンド、自動車用窓材、高導電性エラストマー

〔研究題目〕 新世代ロボット技術を駆使する超高精度定量プロテオミクス解析

〔研究代表者〕 夏目 徹 (バイオメディシナル情報研究センター)

〔研究担当者〕 夏目 徹、五島 直樹、堀本 勝久 (CBRC)、佐々木 直幸 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

バイオ研究産業に関わる作業は煩雑で複雑な作業の連続である。近年の飛躍的な測定技術の進歩 (高感度化・微量化) にともない、求められる作業精度は高まる一方である。また、実験は大規模化する傾向にあり、複雑な作業の膨大な繰り返しが求められる。このような要請に、手作業での人海戦術で対応しては、逆に実験精度の信頼性の低下を招き、様々な局面で限界に達している。汎用ヒト型ロボットを、これまで培ってきた産総研独自のコア技術である、超高精度質量分析システムやバイオインフォマティクス技術に融合し、診断・創薬支援技術開発のための、超高精度定量プロテオミクス解析プラットフォームを構築し、産業界へ幅広く技術提供することを目指す。それとともに、新世代ロボットの汎用性をより高め、簡便にバイオ作業全般に応用可能なロボット技術として完成させ産業化することも目指す。

本研究では、2年以内に解析プラットフォームを最適化させ、多検体を解析可能な体制を構築し、幅広く製薬企業との共同研究を実施する。また、新世代ロボットは、将来、手作業に頼ってきた全てのバイオ関連作業全てに応用可能であるため、汎用性バイオロボットとして幅広く普及することを目指し事業化を開始する。

今年度は、汎用ヒト型ロボットの実証実験をさらに進め強固な企業連携を構築した。その結果、本ロボットシステムが飛躍的に実験精度を高められることを検証した。

また、汎用性を高めるためのティーチングインターフェースを開発した。また、大手製薬一社との共同研究もスタートした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 タンパク質、プロテオーム、質量分析、ロボット、自動化

〔研究題目〕 生活行動計測による生活遷移パターンの自動生成技術の開発と省エネ制御への応用

〔研究代表者〕 吉野 公三 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 吉野 公三、佐藤 稔久、二谷 博美 (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

住宅内に生活している家族の生活行動遷移パターンから生活行動を予測することが出来れば、それに合わせて家電機器を制御することで、無理せずに省エネを実現できる可能性がある。さらに、温熱的に不快な状態を自動検知することができれば、快適性を担保した家電機器の省エネ制御が可能となる。本研究では、生活行動予測技術と温熱不快状態自動検知技術を開発し、生活者にとって快適な省エネ制御システムを開発することを目的とする。以前の国プロの中で、産総研関西センター内の実験住宅で計測した半年間の4名家族の生活行動データを解析に用いた。リビング、洗面所、1階トイレへの移動回数を説明変数に用いて、長時間の不在と短時間の不在を判別するアルゴリズムのプロトタイプを開発した。判別精度は88%であった。さらに、お風呂から上がる前のリビングへの移動回数をを用いて、長時間の入浴時間間隔と短時間の入浴時間間隔を判別するアルゴリズムのプロトタイプを開発した。判別精度は90%であった。さらに、温熱不快状態を自動検知する技術を開発するために、普段の室温条件、室温が上昇する条件、室温が低下する条件の3条件下の体振動数、体姿勢変化回数、心拍数の変動パターンを比較した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 生活行動、行動予測、温熱不快、心拍、人感センサ、住宅

〔研究題目〕 生活習慣病の早期診断のためのマルチマーカー計測システムの開発

〔研究代表者〕 吉田 康一 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 吉田 康一、片岡 正俊、萩原 義久、大家 利彦、脇田 慎一、七里 元督、田中 正人、永井 秀典、田中 喜秀、岩橋 均、田和 圭子、細川 千絵、吉野 公三 (健康工学研究部門 常勤13名、他9名)
丹羽 修、栗田 僚二、佐藤 緑、吉岡 恭子、田中 睦生、矢吹 聡一

(バイオメディカル研究部門 常勤6名、他2名)

水谷 亘、山添 泰宗 (ナノシステム研究部門 常勤2名、他1名)

藤巻 真、福田 伸子 (光技術研究部門 常勤2名、他1名)

横井 孝志、小峰 秀彦、菅原 順、赤穂 昭太郎、宇津木 明男

(ヒューマンライフテクノロジー研究部門 常勤5名)

持丸 正明、森田 孝男、河内 眞紀子 (デジタルヒューマン研究センター 常勤3名、他1名)

橋田 浩一 (社会知能研究ラボ 常勤1名、他1名)

【研究内容】

糖尿病に代表される生活習慣病の医療費は10.4兆円で国民医療費の32%、また、その死亡割合は60.9% (2004年度データ (厚労省)) という報告もあり、生活習慣病の予防、早期診断は喫緊の課題である。生活習慣病になる手前「未病」状態を定量的に診断できる方法はない。これは未病状態を診断する確固たる指標群がなく、いくつかの候補となる指標も計測に大型の分析装置と長い分析時間を必要とし実用的でないことが要因であった。そこで産総研内の各分野に分散していた技術を統合して、未病状態を診断する指標群の開発、指標群を一度に迅速に計測・評価できるシステムの開発、健康データベースから開発した評価システムの有用性の検証を行う。最終的には、企業と共同して新しい健康管理システムとして社会に普及させることを目指す。具体的にはライフサイエンス分野で有するバイオマーカー群の同定技術、ナノ材料・ライフ分野で有するバイオチップ技術と、情報・エレクトロニクス分野で有する高感度検出技術を結びつけ、生活習慣病の早期診断が可能となる評価システムのプロトタイプを提示することを最終目指とする。今年度は、技術集約化の上で、産総研オリジナルベストバイオチップ設計を終了した。さらに、高感度、簡便に計測するための装置試作 (第一次プロトタイプ) も完了した。また、健康情報の収集を図るため、マーカーの有用性をより明確、科学的に検証する糖負荷試験を実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生活習慣病、バイオマーカー、早期診断、健康管理システム

【研究題目】 地球観測グリッド GEO Grid

【研究代表者】 関口 智嗣 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 関口 智嗣、田中 良夫、小島 功、中村 章人、岩田 健司、的野 晃整、中村 良介、土田 聡、山本 浩万、児玉 信介、竹山 優子、栗本 史雄、

宮崎 一博、斎藤 眞、浦井 稔、尾崎 正紀、小松原 琢、川畑 大作、吉川 敏之、西岡 芳晴、脇田 浩二、松岡 昌宏、近藤 裕昭 (常勤職員23名)

【研究内容】

衛星データおよび地質関連のデータを統合し利活用可能なサービスプラットフォームと、それを利用したコンテンツ配信のシステムを構築することを目的とする。そのため、情報技術研究部門にアーカイブされている衛星データと地質分野の地質関連情報データおよび環境管理技術研究部門の現地環境モニタリングデータを整備し、サービスプラットフォームとしての GEO Grid システムを研究開発する。さらにこのシステム上で、パイロットアプリの研究開発も進め、その結果をデータ・システム整備の研究開発にフィードバックさせる。また同サービスプラットフォームを利用して地質コンテンツの配信を行う。また、これらの研究開発を通じて標準化にも貢献する。

平成23年度は、データの整備として東北～関東北部太平洋沿岸域における5万分の1スケールの地盤情報の整備を行った。当該地域において、被災地の復興、災害に強い町作りの立案に資するため、液状化などの地盤災害を受けやすい沖積層及び人工改変地等の脆弱地盤地域と立地に適した安定地盤地域を明らかにした5万分の1地盤情報図の整備にあたった。

また、国際標準に基づく地質情報表示 Web サイト構築においては、地質情報発信の統合化を目指し、既存のデータ形式・サービスを見直し、位置情報以外の地質情報の配信に必要な標準化 (配信する属性の選択、用語の統一、XML 形式のタグの定義とデータ構造など) やデータ変換・メタデータ整備等を行った。

パイロットアプリとして ASTER 熱赤外バンドを用いた異常地表面温度検知システムの構築を進めた。分散した異種の衛星情報データを統合することで初めて可能となるアプリケーションの例として山火事、大規模事故火災、火山活動観測などに適用し、その有効性を示した。

サービスプラットフォームの高度化として、これまで構築した衛星情報プラットフォームプロトタイプの検証を行った。データ検索高度化で分散した異種の衛星メタデータカタログが一括して検索できることを検証し、複数組織の複数衛星のカタログサーバを対象として分散検索のデモンストレーションを行い、その研究開発を進めた。

誰でも使えるインターフェースである Google Earth Enterprise (GEE) を活用して GEO Grid のデータ配信システム構築した。このシステムを2011年3月に発生した東日本大震災に係る災害の情報を分析して発信する活動「災害タスクフォース」でも活用を検討、今後のクラウド化へ向けた開発方針についての知見を得た。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス
 〔キーワード〕 GEO Grid、衛星情報、地質情報、画像処理

〔研究題目〕 超ハイブリッド微粒子製造プロセスの工業技術確立と二酸化炭素霧化技術との融合

〔研究代表者〕 鈴木 明（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 鈴木 明、川崎 慎一郎
 （常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究センターではこれまでに、超臨界水熱合成による効率的な微粒子合成方法の開発に取り組んできており、工業技術として完成度を高めている。

一方、東北大学では、超ハイブリッド材料を開発し、絶縁性、熱伝導性、光学特性に優れた材料開発に成功した。これは超臨界水熱合成反応場で表面を有機修飾した金属酸化物ナノ粒子を合成するものであり、工業的な適用に関しては、合成プロセスの工業技術確立と、樹脂中への分散等部材化技術が重要である。部材化においては、コンパクトシステムエンジニアリングチームが数年来実施している二酸化炭素による低粘性化（CVR：CO₂ Viscosity Reduction）及び霧化技術（CAT:CO₂ Atomizing Technology）が有効であり、これらの技術を総合的に利用して、環境への負荷の少ない、高機能なものづくりプロセスを構築することを目指し、平成23年度から東北大学との連携による研究開発を実施している。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超臨界水、二酸化炭素、ナノ粒子

〔研究題目〕 超高周波帯電磁波絶対強度センサと測定技術の開発

〔研究代表者〕 島岡 一博（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 島岡 一博、堀部 雅弘、木下 基、岸川 諒子（常勤職員4名）

〔研究内容〕

無線情報伝送容量が指数関数的に増加し、これに対応するため、大容量の情報伝送が可能となる超高周波帯（100 GHz 超）の利用技術の開発が進められている。日本は、本技術の研究開発（公共放送中継等）で世界的に先行し実用化の一手前まで来ているものの、電波利用に関わる国際規制への適合性確認に必要な、電磁波測定技術（主に強度）の標準化が遅れているため、早急に超高周波帯標準計測技術を確立し産業界をサポートする必要がある。そこで本研究では、超高周波帯において、センサ単体で絶対電力測定が可能で、「超高周波帯（Dバンド、110 GHz～170 GHz）電磁波絶対強度測定センサ」を開発し、現在実用化が準備されている超高周波帯（120 GHz）公共放送中継システムの放射電磁

波強度評価に適用可能なことを実証し、さらに、電磁波強度測定における最大の誤差要因となる、電磁波反射の精密測定を行うための超高周波帯反射係数測定評価技術の開発を目的とする。本年度は、Dバンド超高周波電力比較校正装置の試作、およびカロリメータ標準器本体部品の設計部品製作を行い、反射係数測定装置の設計・試作を完了させた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 高周波電力、Dバンド、超高周波、電力標準、反射係数、カロリメータ

〔研究題目〕 東北・北関東地域の公設研の技術の高度化支援事業

〔研究代表者〕 高辻 利之（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 島田 洋蔵、廣瀬 雅信、黒川 悟、
 館谷 充隆、岸川 諒子、堀部 雅弘、
 権太 聡、大澤 尊光、佐藤 理、
 増田 眞文（常勤職員10名、他1名）

〔研究内容〕

最終製品の電磁環境両立性（EMC）規制の厳格化や範囲拡大への対応、高精度化する部品の三次元測定機（CMM）による評価への対応などの「公設研の試験・評価技術の高度化」について、地方企業から公設研に要望が震災前から寄せられており、以前から各公設研にてこの「潜在的な要望」への対応に取り組んできた。しかし、今回の震災を受け、それらの活動が事実上停止した状況にある。効率的に技術の高度化を再開・推進するために、産総研が中核となって公設研の技術の高度化に必要な評価技術や手法（プロトコルなど）の開発を進め、それらを活用した東北および北関東地域の公設研の評価技術の高度化支援を進めた。

EMC分野においては、平成23年10月より義務化された情報通信機器に対する1 GHz 超の放射性妨害波試験への迅速な対応のため、光伝送システムを用いた18 GHz までの試験用暗室の性能評価法を開発した。さらにVHF帯の放射性妨害波試験時に問題となるサイトの電源インピーダンスの影響を明らかにするために、共通VHF-LISNを用いたVHF帯暗室性能評価法を開発した。

また、伝導性妨害波試験に用いる擬似電源回路網（LISN/AMN）について、校正を容易にし、かつ、現場での設置条件の同等性の確認を容易とする擬似素子を開発し、それに基づく校正方法及びCISPR16-1-2への適合性の評価方法を合わせて開発した。

CMM分野においては、産総研で保有しているゲージを用いて被災した公設研の三次元測定機の精度確認試験を実施すると同時に、このときの試験結果から三次元測定機がどのように歪んでいるかを検出する簡便な方法を開発し、Excelファイルとして実装、配布した。この検出方法ならびにExcelファイルは、平成23年度末に実

施された東北・計測スキルアッププロジェクト「座標測定機のユーザ校正による精度向上に関する研究」でも利用されている。

さらに、公設研担当者が自ら三次元測定機の精度検査を行えるよう、必要となるゲージの提供ならびに検査マニュアルの整備、配布を行うとともに、精密計測技術の移転の一環として、公設研担当者の技術講習会への派遣を支援した。

【分 野 名】計測・標準

【キーワード】トレーサビリティ、放射性・伝導性妨害波試験、暗室性能評価、疑似電源回路網、三次元測定、形状測定、不確かさ評価

【研究 題目】糖鎖修飾異性体検出技術橋渡しプロジェクト

【研究代表者】成松 久（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】成松 久、池原 譲、梶 裕之、千葉 靖典、久野 敦、梅谷内 晶、久保田 智巳、佐藤 隆、岩城 隼、雄長 誠、野崎 浩文、平尾 嘉利、高崎 延佳、松崎 英樹、菅原 大介、成松 由規、劉 大偉、杜 東寧、佐々木 正雄、松田 厚志、齋藤 こずえ、萩原 梢、古川 早苗（常勤職員8名、他15名）

【研究 内容】

平成23年2月に終了した NEDO 糖鎖機能活用技術開発（MG）プロジェクトにおいて、独自に開発した糖鎖バイオマーカー探索システムを駆使して、がんを中心とした様々な疾患における糖鎖修飾異常を指標としたバイオマーカーを数多く見出した。本プロジェクトでは、それらのバイオマーカーの実用化のために、臨床現場での使用可能な測定キット開発のための迅速測定系の開発とマーカーの有効性の検証さらには企業への技術移転を行った。

MG プロジェクトで開発を実施してきた8臓器から、臨床現場で使用される早期診断用血清マーカーあるいは鑑別診断用の組織マーカーの開発が期待される5臓器のがん（肝細胞、胆管、卵巣、肺、前立腺）を厳選し、マーカー候補分子に対するモノクロー抗体など高性能なプローブを作製し、簡便な迅速測定 ELISA システムの開発を行った。さらにそのシステムの有効性について臨床検体ライブラリーを用いて検証作業を行った。その結果、肝細胞、胆管、卵巣がんでは血清などの体液成分から簡便に診断可能な迅速測定系の開発に成功した。肺、前立腺がんでは鑑別診断に有効な糖タンパク質マーカーを絞り込んだ。有効性が確認されたこれらのバイオマーカーに関しては技術移転を希望する複数の診断薬・診断装置製造販売企業との間で共同研究契約を締結し、企業への技術移転を行った。開発が先行している肝疾患病態マ-

ーカーは企業への技術移転が完了し、企業の PMDA への体外診断薬製造承認申請の支援を行っている。

【分 野 名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオマーカー、MG プロジェクト、血清マーカー

【研究 題目】整形インプラントの力学試験方法の国内及び国際標準化

【研究代表者】岡崎 義光（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】岡崎 義光、有田 千成子、村松 伸代（常勤職員1名、他2名）

【研究 内容】

医療機器産業の活性化及び医療機器審査の迅速化・効率化の観点から、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の標準化を行うことが必要不可欠となる。製品開発動向としては、生体内で長期間安定して骨と固定するような表面処理技術が求められている。そのため、各社製品開発が積極的に行われているが、試験方法が不十分なため、性能が立証しにくい現状があり、動物埋植試験を中心に生物学的な固定に関する試験方法を確立する。具体的には、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間などを中心に、従来まで整形インプラントに関する数多くの耐久性試験方法を取りまとめた経験を活用してとりまとめる。インプラント製品の長期の力学的性能を試験する方法が標準化されることにより、患者の QOL の向上、信頼性が著しく向上する。特に、試験方法に関しては、長期間の安定した試験環境および試験経験が必要となり、企業単独では困難であり、産総研が中心となり試験を行い、とりまとめることが期待されている。

平成23年度の成果としては、整形インプラント製品の表面処理部の力学的試験方法の提案を行うため、動物種類、埋植部位、試験片形状、試験条件、埋植期間などをうさぎ大腿骨で実施した。

【分 野 名】ライフサイエンス

【キーワード】整形インプラント、人工関節、生物学的固定性の評価

【研究 題目】産業応用における CT（コンピュータ・トモグラフィー）装置評価法の標準化に関する研究

【研究代表者】大澤 尊光（計測標準研究部門）

【研究担当者】大澤 尊光、藤本 弘之、佐藤 理、高辻 利之（計測標準研究部門）、三澤 雅樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）、豊川 弘之（計測フロンティア研究部門）（常勤職員6名）

【研究 内容】

これまで、X 線 CT 技術は、主に医療分野で人体の画

像診断をする目的で使われてきた。近年、自動車をはじめとして産業分野で様々な用途に X 線 CT 装置等が導入され、利用されるようになってきている。X 線 CT 装置を使用することにより、対象物の内部の様子を観察することができるだけでなく、その三次元形測定することも可能である。このような流れの中で、CT 装置の測定精度を共通の評価手法により定量的に表現できることが求められてきている。本研究では、CT 装置における用語の JIS 化を進めるとともに適切な標準試料（ファントム、評価用ゲージ）を作製し、X 線 CT 装置に必要な品質や精度を示す数値的な指標を設定するための研究開発を実施する。H23年度は、産業用 X 線 CT 装置の用語 JIS 原案作成委員会化にて、JIS 原案を作成した。また、X 線 CT 装置評価法に関する各種ファントムの作成、それらによる X 線 CT 装置評価を実施し、その有効性の確認を実施した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】産業用 X 線 CT 装置、三次元形状計測、評価法、工業規格化

【研究題目】ロボット用位置・測位情報標準の研究

【研究代表者】神徳 徹雄（知能システム研究部門）

【研究担当者】神徳 徹雄、安藤 慶昭、中坊 嘉宏、Geoffrey BIGGS、堀 俊夫（デジタルヒューマン工学研究センター）
（常勤職員5名）

【研究内容】

ロボット技術をソフトウェア的にモジュール化して再利用性を高め技術の蓄積を可能にする RT ミドルウェアのコンセプトを、広く普及させる強力な手段として標準化が求められている。

本研究では、ソフトウェア技術の国際標準団体である OMG (Object Management Group) において、モジュール化を推進するフレームワークとなるロボット用のコンポーネントモデルとその関連する OMG 国際標準を策定することを目指す。既に OMG において、日韓で共同議長を選出してロボット技術部会 (Robotics-DTF) を設立して議論を進めているところである。

平成23年度も、4回の OMG の技術会議の議論に参加した。2011年6月のソルトレイクシティ会議では、コンポーネント同士が連携するのに欠かせないロボット用の位置・測位情報モデル RLS-1.1-RTF の最終仕様報告が承認され、人間とロボットとの間のインタフェースの枠組み (RoIS: Robot Interaction Service Framework) の標準公募 (RFP) に対する1次提案を行った韓国 ETRI と日本の JARA との統一提案が採択され、最終規格案作成に向けて文書化作業部会 (RoIS-FTF) が設置された。2011年12月のサンタクララ技術会議では、コンポーネントモデルの RTC-1.1-RTF の最終仕様報告書が採択された。また、システム開発ツールに欠かせない

ソフトウェアコンポーネントの動的配置・再構成モデル (DDC4RTC: Dynamic Deployment and Configuration for RTC) の標準公募 (RFP) に対する1次提案を行った韓国 ETRI と日本の産総研との統一提案に向けた合意形成が続いている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】国際標準化、RT ミドルウェア、OMG、コンポーネントモデル、位置・測位情報

【研究題目】高齢者・ロービジョン者のための適正照度の標準化：歩行環境

【研究代表者】伊藤 納奈（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】伊藤 納奈、大山 潤爾、佐川 賢
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では、全国で100万人またはそれ以上とも言われるロービジョン者の視覚特性のうち、歩行空間の照度の歩行への影響について計測し、そのデータベースを作成するとともに、ロービジョン者に適した歩行環境の照度について、JIS TR 及び JIS TS として提案することを目的とする。

ロービジョンは疾患や眼症状により明るさの感じ方は様々であるが、日常生活において明るすぎる（眩しい）または暗すぎる等で困難を感じる人は多い。本研究では、様々な疾患・症状のあるロービジョンを対象とし、照度の違いによる空間視認性の変化及び歩行の変化を計測し、視覚情報を得ながら安全に歩くための明るさについて検討を行う。

今年度は、3年計画の2年目にあたり、予備実験を行った。次年度はデータ収集を主に行う予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ロービジョン、歩行、照度、視認性

【研究題目】溶存酸素測定に基づく光触媒及び応用材料の環境浄化性能の評価手法の開発

【研究代表者】竹内 浩士（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】平川 力、根岸 信彰、西本 千郁
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

水中における光触媒の活性を評価する手法として、これまで溶存酸素測定法を研究し、その手法を確立して提案した。平成23年度は本手法を光触媒粉末や光触媒薄膜などの水中における活性を評価する手法として標準化へ向けた研究を遂行した。光触媒反応による有機化合物の分解において、消費される溶存酸素消費量 (POD) と TOC 減少量 (PMV) に相関関係があることを明らかにした。また、本試験用に最適化した薄膜および粉末試験用セルを試作し、セルの形状や本試験に必要な条件を決定した。また、本試験方法における試験条件として、光

強度、初期酸素濃度範囲、水温などについても決定した。モデル化合物の初期濃度を決定し、提案した7種類の化合物を光触媒により実際に分解を行い、POD/PMV がおよそ1になる物質を3種類選定した。選定したモデル化合物を用いて、光触媒用またはこれまでに光触媒として用いられてきた異なるメーカーから提供されている5種類の TiO₂粉末について試験を行い、いずれのモデル化合物においても、光触媒の活性の序列が同一になることを明らかにした。粉末試験においては60分で活性の評価が可能であることから、試験時間を1時間と決定した。また、2種類の薄膜に関してモデル化合物の1種類について活性の評価が可能であることを確認した。また、JIS案作成を行うために、標準化委員会の設置の準備を行い、委員の選定を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒・溶存酸素・水質浄化・セルフクリーニング・光触媒的酸素要求・光触媒燃焼法

【研究題目】ナノ材料の用語・計測手法に関する国際標準化

【研究代表者】阿部 修治（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】阿部 修治、藤本 俊幸、一村 信吾、小野 晃（常勤職員4名）

【研究内容】

国際標準化機構（ISO）のナノテクノロジーに関する専門委員会 TC 229に日本が提案する規格原案作成及び標準化活動において、用語と計測手法の観点から検討を行う。2011年5月にロシア、11月に南アフリカで開催された TC 229会合に出席し、規格原案の討議に参加した。用語・命名法の作業グループ（JWG1）では、ナノ物体、ナノ計測、ナノ製造などの用語に関するエキスパート討議に参加した。計量・計測を担当する作業グループ（JWG2）では、日本がコンビーナであることを最大限に活用し、日本が技術的に優位でありかつ標準化の需要が高いカーボンナノチューブ等を対象とした規格作成に重点を置いて活動してきた。日本から提案した単層カーボンナノチューブに関する3件の TS 及び多層カーボンナノチューブに関する1件の技術報告書（TR）について、各国から寄せられた意見に対して計量学的観点から提案を補強し、日本の意見を反映させながら、最終的に各国のコメントを取り入れた修正後、4件とも発行を達成した。また、昨年度 ISO から発行された炭素ナノ物体の用語に関する技術仕様書（TS）に対応する国内規格の TS 原案をナノテクノロジービジネス推進協議会と共同で作成・提案し、発行を達成した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノ材料、用語、計測手法、標準化

【研究題目】ISO/IEC Guide 71に基づく人間工学技術資料に関する国際標準化

【研究代表者】倉片 憲治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、横井 孝志、佐川 賢（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

国際規格の作成にあたり、高齢者・障害者のニーズに配慮することの必要性を謳った ISO/IEC Guide 71が、日本提案により2001年に発行された。しかし、Guide 71はあくまで高齢者・障害者配慮の理念を提示したものであり、個別の製品規格等においてその理念を実現するための具体的な技術的指針に欠けていた。そこで、ISO/TC 159（人間工学）は2003年、本研究担当らを含む日本からの提案を受けて、高齢者・障害者対応の国際規格作成において Guide 71と補完的に用いられる人間工学技術資料集 ISO/TR 22411の作成を決議した。2008年に発行された TR 22411は、高齢者・障害者対応のアクセシブルデザイン技術の開発・普及に直接寄与するものとして、国内外で大きな関心と呼ぶこととなった。その結果、早くも同 TR 発行直後に第2版作成が同 TC にて決議され、原案作成が開始された。

本研究では、(1) 現行の ISO/TR 22411にて十分に記載されていない項目を対象に、高齢者・障害者の感覚及び身体特性の測定を行う。これらの実験室測定に加え、(2) データの比較及び補完のために、国内外の文献データの収集を併せて実施する。最終的に、(3) これら作業の結果に基づいて同 TR 第2版の原案を作成し、早期の発行を目指す。

平成23年度は、上記3項目を並行して実施し、同 TR の新たな構成の検討、及び追加すべき高齢者・障害者特性データの収集を行った。しかし、ISO/IEC Guide 71の改訂作業が平成23年9月より開始されたことにより、本 TR 第2版の原案作成作業も、その進捗に合わせる必要が出てきた。そのため、TR 原案の確定はしばらく見合わせ、平成24年度以降の発行を目指して引き続き準備することとした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】高齢者、障害者、ISO/IEC Guide 71、人間特性データ、アクセシブルデザイン

【研究題目】標準リークの比較校正方法の標準化

【研究代表者】秋道 斉（計測標準研究部門）

【研究担当者】新井 健太、吉田 肇、秋道 斉（常勤職員3名）

【研究内容】

自動車燃料タンクの漏れを防ぐため、半導体製造装置に代表される真空装置の真空を守り維持するため、あるいは原子力発電の熱交換器外部への放射性物質の漏出を

防ぐためには、リーク（漏れ）を発見し、対処しなければならない。そのため、リーク試験は私たちの安全・安心を守り、かつ日本製品の品質を維持・向上するための重要な非破壊検査の一つである。リーク検出のトレーサガスとしてヘリウムガスを扱う質量分析型ヘリウムリークディテクターは、研究開発分野から生産ラインに至るまで広く普及している。ディテクターではヘリウム標準リークからの微量流量（ 10^{-10} Pa m³/s～ 10^{-6} Pa m³/sのオーダー）を基準にしてリーク量を定量化しているため、正確な測定はユーザーの保有する国家標準にトレーサビリティのとれた標準リークの校正により保証される。産総研では、標準リークの依頼試験による校正サービスを行っている。しかし、事業者・ユーザーレベルでの標準リークを基準とした別の標準リークの比較校正方法が統一されていないため、比較校正方法の標準化が必須である。

最終年度である平成23年度は、比較校正の基準となる標準リーク自体の流量の安定性、再現性、温度依存性、比較校正の仲介器となるヘリウムリークディテクターの指示値再現性や零点安定性などの評価を行い、標準リークを比較校正する手順を明確化することを目的に研究を進めた。その結果、比較校正方法標準化のための基礎データとして有用な標準リークの温度依存性や大気暴露に対する影響、標準リークを校正する比較器としてのリークディテクターの動作時やウォーミングアップ中の安定性等の特性が得られた。一例として、標準リークの元素材の違いにより、標準リークを大気暴露した後のリーク量の回復に違いがあるため、標準リークの比較校正において校正不確かさを小さくするためには全ての校正作業を真空中で行う必要があることがわかった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 標準化、ヘリウム標準リーク、比較校正方法

【研究題目】 工場排水中のクロム(III)とクロム(VI)の分別定量法

【研究代表者】 中里 哲也（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】 中里 哲也、田尾 博明、藤田 愛（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

水中のクロムは三価クロム[Cr(III)]および六価クロム[Cr(VI)]の状態が存在するが、Cr(VI)の毒性は非常に高いため、環境基準や排水基準等では全クロムと六価クロム[Cr(VI)]に対して個別の基準が設定されている。また、Cr(VI)は排水だけでなく、土壌汚染、RoHSなどの化学物質管理規制に対応して分析件数が増加しており、産業界・地方公設機関等からも、効率の高い分析法が要求されている。しかし、既存分析法（JIS K0102）は吸光度法、共沈分離法など、煩雑な操作・長時間を要するといった問題があり十分に対応している

とは言えない。本研究では感度、簡便性、自動化等に優れた液体クロマトグラフィー／誘導結合プラズマ質量分析法（LC-ICP-MS）に基づくCr(III)およびCr(VI)の分別定量法を確立し、JIS原案を作成するものである。本年度は、工場排水試料に適用できる分析条件を検討した。その結果、試料前処理は一段階操作で、また、定量分析に至るまでの操作時間は1時間以内で、工場排水試料の分析が可能になった。本法は既存のJIS K0102法と比較して簡素化および迅速化を達成した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 クロム、定量、分別、形態、排水、JIS、標準化

【研究題目】 固体酸化物形燃料電池単セル・スタック性能試験法 JIS規格化研究

【研究代表者】 門馬 昭彦（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 門馬 昭彦、田中 洋平、佐藤 勝俊、嘉藤 徹（常勤職員4名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は各種燃料電池の中で最も高い発電効率が期待され、構造も簡素であるので、小型システムから商用電力システムを目指した幅広い研究開発が実施されている。しかしながら、セル性能は燃料利用率、温度等の運転パラメータあるいは、セルのアッセンブリーの仕方によって測定値が大きく異なるため、開発の進展に従い、SOFCセルの標準的な試験方法が望まれている。本事業ではこのような問題に対し、共通性が比較的高く発電試験が容易になるような単セル・スタックの試験方法の標準化を実施することによりSOFCの開発を促進し、商用化を支援することを目的とし、これまでに作成した単セル・スタック試験方法の国際標準原案や既存JISとの整合性を図るとともに、各種試験方法を実際に実施しその結果から原案内容を改善、さらに関連企業から試験方法について意見聴取し、国際標準化の動向を踏まえながら固体酸化物形燃料電池単セル・スタック試験方法の標準化を目指す。

研究開発最終年度である23年度は、昨年度組織したSOFC製作企業、セルを使用するシステム開発企業、中立者からなる「SOFC単セル・スタック性能試験方法日本工業規格原案作成委員会」において昨年度作成したJIS素案について内容の審議を引き続き行い、並行して進行中のIEC(TS)規格の審議への対応（JIS素案への修正点のIEC規格への変更提案やIEC規格案変更点のJIS原案への反映）等を適宜行い、原案を完成し、JISCに提出した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 固体酸化物形燃料電池、セル・スタック試験方法、JIS規格

〔研究題目〕骨導超音波知覚に関する標準化（骨導音の等ラウドネス曲線の推定）

〔研究代表者〕 中川 誠司（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 中川 誠司、伊藤 一仁
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

補聴器開発において特に重要となる知覚特性として“物理的音圧と心理的な音の大きさ（ラウドネス）の関係”を示すラウドネス特性が挙げられる。骨導超音波知覚のラウドネスのダイナミックレンジは20dB程度と、可聴周波数と比較して極端に小さくなることなどが判っているが、十分な量・質のデータが収集されたとは言い難い。十数 kHz の甲高い音として知覚される骨導超音波の知覚判断は容易ではなく、信頼性の高い厳密な手続きのもとで、統制のとれた心理計測を行う必要がある。また、概して高周波の聴取においては年齢差、個人差が大きくなるため、より多くの被験者のデータが必要となると考えられる。さらに、骨導超音波研究には先行報告が極端に少なく、心理物理計測のプロトコルや使用する機器についても標準となるものは存在しない。本提案課題では、上記のような諸問題についての検討を加えたいうえで、気導可聴音で推定されているような等ラウドネス曲線の策定に取り組んだ。

2011年度は主に振動子出力の補正方法に関する検討に取り組んだ。その結果、生体頭部への押付によって振動子の共振周波数が低域側にシフトしていることを確認した。また、頭部振動の計測値に基づき、振動子出力の補正方法を提案した。さらに、2010年度に提案した心理測定プロトコルを用いて、ラウドネス特性データの収集に取り組み、高周波骨導音知覚に係るラウドネス曲線の概形を明らかにした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 骨導超音波、ラウドネス特性、工業標準、補聴器

〔大項目名〕標準基盤研究

〔研究題目〕イオン検出器の広域ダイナミックレンジにおける検出信号の較正手順の標準化

〔研究代表者〕 野中 秀彦

（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕 野中 秀彦、中村 健、鈴木 淳、藤原 幸雄（常勤職員4名）

〔研究内容〕

二次イオン質量分析法（SIMS）などに利用されているイオン検出器は、イオン1個を検出可能なほど高感度であるが、現在の先端産業における多様な材料の組成分析では、大きな入力信号に対して飽和が起きるため実際の組成を反映した信号が得られないなど、広い測定レンジに対する正しい較正手法の確立が急務となっている。本課題では、検出信号の定量化に向けて、検出器の感度

が極短時間だけ消失することを仮定した死時間モデルで代表される各種補正モデルの検証・比較を行い、最適なモデルによる較正手法を開発し、その手順を国際規格化することを目的とする。そのため平成23年度は、引き続きヒ素およびホウ素をドーブした試料を作製し、昨年度開発した最も較正範囲と精度が高い中間拡張死時間モデルについて、国内ラウンドロビンテストを実施した。複数の異なる装置で SIMS 計測を行い、同モデルの優位性の確認と適用限界などの課題の抽出を行った。それらの成果に基づき、ISO/TC 201/SC 6（平成23年9月）の Riva del Garda（イタリア）会議に ISO 委員を派遣し、新規課題提案について発表を行ったところ、VAMAS の組織を利用した国際ラウンドロビンテストを実施して、わが国の提案内容を確認した段階で、新規課題提案に進めることが決定した。そのための測定マニュアルを作成し、VAMAS に提出した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 SIMS、イオン検出器、ホウ素、ヒ素、デルタドーブ試料、信号強度、飽和現象、中間拡張死時間モデル、標準化

〔研究題目〕バイオプラスチック製品中のバイオマスプラスチック度の測定方法の標準化

〔研究代表者〕 国岡 正雄（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕 国岡 正雄、船橋 正弘
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

ア以前より、炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、米国と議論を行い、ASTM 法をもとに、プラスチック製品のバイオマス度の測定方法の標準化を推進している。その中で、プラスチック製品のどの部分にバイオマス成分が含まれているかを測定することが必要となってきた。具体的には、樹脂成分と添加剤そのどちらがバイオマス由来なのかを明らかにする必要がある。日本バイオプラスチック協会は、樹脂成分がバイオマス由来である度合いをバイオマスプラスチック度として、マーク認証制度を運営している。プラスチック製品を樹脂成分と添加剤に分離し、それぞれのバイオマス度を測定することにより、バイオマスプラスチック度を求める方法を開発する。また、この方法が、多くの種類のプラスチックに適用できることを確認する。ある種の溶媒をもちいることにより、樹脂成分と添加剤がきちんと分離でき、それぞれのバイオマス炭素含有率を測定することができた。プラスチック製品全体中に、バイオマス炭素がどのくらい含まれているかを計算するバイオベース炭素度とバイオマスプラスチックの重量がどの程度含まれているかを示すバイオマスプラスチック度の計算方法を ISO 国際標準規格の新規提案として提案することができた。今後、本提案の国際審議を通して国際協力を検討する。また、バイオマスプラスチックの環境負荷

を評価する指標、例えば、カーボンオフセットや、LCA によるエネルギー消費量、二酸化炭素発生量、リサイクル度の求め方を検討する。これらの方法を ISO 国際標準規格とするべく、データ収集を行い、国際審議を通して、国際協調のとれた測定方法を開発していく。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス炭素含有率、バイオマスプラスチック度、炭素14、試験法、標準規格、ISO規格

【研究題目】気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化

【研究代表者】榎原 研正（計測標準研究部門）

【研究担当者】櫻井 博、高畑 圭二（常勤職員3名）

【研究内容】

粒子数濃度が比較的高い領域で運転可能なエアロゾル電流計を用いて凝縮粒子計数器の計数効率の濃度依存性を決定し、これを用いて粒子計数器の計数効率を低濃度領域で評価する方法を開発し、その不確かさ評価を行った。また、約100 nmの標準粒子を基準に校正した電気移動度分析器を用いて、30 nmから300 nmの範囲で粒径が比較的良好に揃った粒子の粒径分布パラメータを高精度に決定する方法と、その不確かさ評価手順を確立した。これらにもとづき、ISO/TC24/SC4における凝縮粒子計数器校正方法の規格制定と光散乱式粒子計数器の規格改正に参画するとともに、VAMAS/TWA34における粒径分布比較測定の手順を提案した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】エアロゾル、粒子、粒径分布、個数濃度、電気移動度分析器、凝縮粒子計数器、標準粒子

【研究題目】実用放射温度計の校正・評価技術に関する標準策定

【研究代表者】石井 順太郎（計測標準研究部門）

【研究担当者】山田 善郎、笹嶋 尚彦、清水 祐公子（常勤職員4名）

【研究内容】

ものづくりや研究開発などの現場で使用されている2色型放射温度計などの実用放射温度計は、トレーサビリティの確保や校正・評価の技術基準が十分確立されていない。そのため、測定窓の汚れや光路障害が問題となるものづくり現場などで多く導入されている2色型放射温度計等について、固有性能の評価技術の開発、および単色型標準放射温度計など参照標準とした校正技術の開発を行う。上記の成果を用いて、実用放射温度計の規格化・標準化の提案を目指す。

平成23年度においては、技術課題の検討・解決を目的として、2色温度計の性能評価に必要な装置（高温面放射源、視野特性評価装置）を整備した。これらを用いて

単色放射温度計で確立されている性能表示・性能評価および校正方法を2色温度計に適用した場合の問題点を実験的に明らかにし、2色温度計に適した校正・評価方法や性能指標を検討する一方、2色温度計の特色である2色演算による補正機能の評価方法を検討した。これと併せて、2色放射温度計の規格化・標準化を目的として、産総研が主導したワーキンググループ（WG）を学術振興会温度計測分科会の下に設置し、放射温度計メーカー及びユーザーの双方において2色温度計開発・利用に関する実態調査を行い、2色温度計の性能評価・試験における現状調査と課題抽出に取り組んだ。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射温度計、2色温度計、標準化、評価、校正

【研究題目】高分子の定量 MALDI 質量分析法の国際標準化

【研究代表者】衣笠 晋一（計測標準研究部門）

【研究担当者】衣笠 晋一、高橋 かより、松山 重倫、厚見 英里（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

MALDI-TOFMS（マトリックス支援レーザー脱離イオン化飛行時間型質量分析）法は、合成高分子やタンパク質の構造解析手法として多用されていきた。本研究ではこれを定量的な手法として用いるために必要な基礎情報と検討を行い、それに基づいた共同測定の実施と測定規格素案の提案を行うことを目的とする。対象としては末端基の異なるポリエチレングリコール（PEG）誘導体の混合物を選び、MALDI スペクトルの面積比から質量混合比が推定可能かどうかをポイントとする。

平成23年度は初年度であったため、平均分子量が約2000の PEG、PEG モノメチルエーテル、及び PEG ジメチルエーテルの3種から2種を選んで混合した試料に対して MALDI-TOFMS 測定を行い、スペクトル面積比と質量混合比との線形性が成立するか、線形性が PEG 誘導体の組合せによって異なるか、またその堅牢性はどの程度かについて網羅的に実験を実施した。その結果、Linear モードで測定すると線形性が成立することが分かり、また相対再現性も10 %程度と比較的良好なことが分かった。また、比例係数も PEG 種の組合せによって異なることが分かった。これらの結果をもとに共同測定を今後実施する予定である。

【分野名】標準・計測

【キーワード】MALDI-TOFMS、定量分析、共同測定

【研究題目】重錘形圧力天びんを用いた圧力校正技術の標準化

【研究代表者】小島 時彦（計測標準研究部門）

【研究担当者】小島 時彦、小島 桃子、梶川 宏明（常勤職員3名）

〔研究内容〕

重錘形圧力天びんは、圧力を高精度に発生可能な装置である。信頼性が高く、圧力校正の現場において、標準器として広く用いられている。重錘形圧力天びんの校正においては、通常、校正圧力ごとに参照標準器及び被校正器の双方に、その圧力に相当する重錘を荷重して、発生圧力を比較する。その際、両重錘形圧力天びんの発生圧力が等しいか否かを判断するために、いくつかの方法が提案されてきている。本研究では、産総研が開発してきた圧力計置換比較法の高度化を中心に開発を進めている。これまで2台の重錘形圧力天びんの比較に適用してきた方法を3台以上の圧力天びんに適用できるよう開発を進めた。また、校正事業者やユーザーが、使用場所で重錘形圧力天びんの発生圧力値の不確かさを評価できるように不確かさ評価方法の検討を行った。さらに、JIS B 7610「重錘形圧力天びん」の改正原案を作成した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 圧力標準、重錘形圧力天びん、使用方法校正方法、不確かさ評価

〔研究題目〕 化学物質フィジカルハザードに関する TDG/GHS 国連試験法の標準化

〔研究代表者〕 松永 猛裕（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 薄葉 州、秋吉 美也子、岡田 賢（常勤職員3名）

〔研究内容〕

化学物質の国際的な危険分類には国連が勧告する試験法（TDG/GHS）が用いられている。この中で、発熱分解エネルギーの量により、クラス1（火薬類）の試験法を行わなくて良いとするスクリーニング試験の標準化を検討している。今年度までに断熱熱量計では十分な信頼性が得られないことを実証した。また、示差走査熱量計（DSC）において問題となる試料量、加熱条件、容器材質についての詳細検討を行った。これらの成果は国連の危険物輸送専門家委員会において日本側改正案を提出し、議論されている。また、国内においては JIS 原案を作成し、次年度審議されることになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 危険物、爆発性物質、火薬類、発熱分解、熱量計、標準

〔研究題目〕 情報技術における音声命令の標準化

〔研究代表者〕 関 喜一（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 関 喜一、三浦 貴大（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

多くの情報機器に一定水準の統一化された音声命令を実装できるように標準化し、頸椎損傷や脳性麻痺など機器操作に上肢を使用することが困難な障害者、及び視覚

障害者にとって高いアクセシビリティを実現する製品を普及させる。全体の計画は以下の通り。

- ・音声命令の基本要素の検討（H23年度）
- ・音声命令の構築と検証の手続きの検討（H23-24年度）
- ・音声命令のための翻訳問題と言語間問題の検討（H23-24年度）
- ・音声命令登録のためのデータベースの開発（H25年度）

H23年度は、以下の作業を行った。

まず、音声命令を定義するために求められる属性の検討、および基本的要求事項（音節、音素数など）を検討した。その結果、音声命令を定義するために必要な属性をほぼ決定できた。

また、標準化の候補となった音声命令が、音声命令として適正であるかどうかを判断する評価方法を定めるための実験を行った。その結果、音声命令として使用できる音節の組合せなどに一定の規制を設けるためのデータを収集できた。

さらに、音声命令の多言語への適用の問題と解決方法を検討した。これは現在継続中である。

合わせて H23年度は、音声命令の国際規格となる ISO/IEC 30122の原案作成（Part 1（総則）、Part 4（データベース）の CD 作成、Part 2（検証）、Part 3（多言語）の NP 準備）を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 情報技術、音声命令、ユーザインタフェース、情報アクセシビリティ

〔研究題目〕 アジア人高齢者人工関節のための基盤技術の標準化

〔研究代表者〕 兵藤 行志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 兵藤 行志、野中 勝信（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

人工関節のより長期にわたる体内埋入を実現するためには、優れた骨固定性や安定性が要求され、そのためには高い形状適合性を有することが必須である。アジア圏ではその人種や生活様式によって骨形態は多様化しており、必ずしも十分に形状適合せずに人工関節置換術の効果が発揮されない症例も少なくない。この研究では、アジア圏の高齢者により適した人工関節の適用に向けて、骨形態の抽出と比較形態学的データ集、及び人工関節の迅速力学試験方法に係る基盤研究を実施する。

平成23年度は、骨形態の計測及び解析過程に係る要求事項の検討、並びに人工関節の赤外線サーモグラフィ試験による迅速力学評価方法の検討を、筑波大学整形外科と共同で、また経済産業省アジア基準認証推進事業（基準認証イノベーション技術研究組合）と連携しつつ行っ

た。

さらに、日本非破壊検査協会と連携し、赤外線サーモグラフィ試験方法の国際標準化（ISO）を継続して推進した。そして、人工関節を含む広い非破壊試験分野の“赤外線サーモグラフィ試験”に関して、試験方法通則（日本提案）である Non-destructive testing – Infrared thermographic testing – General principles の投票が ISO TC135/SC8において行われて採択され、新規業務項目として登録されることとなった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 人工関節、アジア、骨形態、迅速力学評価、赤外線サーモグラフィ試験、非破壊試験

〔研究題目〕 FPC および関連製品のめっき表面の外観検査法の標準化

〔研究代表者〕 野中 一洋

（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕 野中 一洋、蒲原 敏浩、坂井 一文、遠坂 啓太、檜田 龍美、古賀 淑哲（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

金めっきは電子回路基板、各種電子部品など、多くの製品に使用されているが、ムラ、シミ等の表面性状の異常検出については、現在、目視検査を中心に実施されている。このため、検査者の熟練度の違いや疲れなどによって検査結果がばらつき、これが製造メーカと製品ユーザ間での品質に関するトラブルや過度の不良発生等の原因にもなっている。これらの問題を解消し、製品の信頼性を向上させるには、客観的検査基準を整備する必要がある。これは、目視検査者の負担軽減、育成にも貢献する。グローバル化に関しては、フレキシブルプリント回路基板（FPC）では、アジアを中心とした製品製造の海外シフトが進んでいる。ここで、日本人のきめ細かな感性に検査方法を適合させていくことによって、海外製品に対する日本製 FPC の品質優位性を確保できる。また、日本企業の FPC 調達に際して、粗悪品の排除も容易となる。我々は、これまでにマイスター型連携研究として、FPC 金めっき（金パッド）の光沢ムラ検査技術の開発に取り組み、光学的手法によるムラの自動検出および数値化技術を開発し、汎用性の高い小型検査装置を試作している。本検査法の標準化推進によって、検査装置としての需要拡大も期待でき、国内装置メーカの競争力向上への貢献も期待できる。

本研究では、FPC 金めっき微細パッドに対応する外観検査法の業界規格化を早期に実現すると共に、種々の材質・製品のめっき表面に対応する外観検査法として段階的に検査対象を拡大する。最終的には、種々の材質・製品に対応する外観検査法として、内容を段階的に拡大した規格化を行い、IEC 国際標準化提案を目指す。

平成23年度には、現在ムラ評価の基準になっている限度見本との整合性を図るため、ムラの数値化のための特徴量抽出・異常解析ソフトの適合性を検証し、その有用性を明らかにした。さらに、検査法の標準化・規格化を推進するために、個別企業訪問を通じた情報収集や、関連の企業、業界、および大学の関係者との意見交換会を開催した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 プリント回路基板、金めっき、光沢ムラ、外観検査、標準化・規格化

〔研究題目〕 パラゴムノキラテックス増産を目指したゲノム解析と分子育種

〔研究代表者〕 高木 優（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 高木 優、鈴木 馨、光田 展隆、藤原 すみれ（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

重要な工業原材料である天然ゴムは、パラゴムノキが産出するラテックスと呼ばれる乳液より生産される。パラゴムノキにおけるラテックス収量増加を目的として、遺伝子情報解析や植物バイオテクノロジー研究に基づいた分子育種のための基盤技術開発に関する研究を進めている。本研究では、ラテックスの生産器官である乳管の形成機構の解明と形質転換技術の確立を目指している。本年度は、乳管形成の元となる形成層の形成機構を解析するためのモデル系の構築を行った。また形質転換実験に用いるパラゴムノキ培養細胞の培養、不定胚分化誘導の条件を検討した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 パラゴムノキ、天然ゴム、ラテックス、分子育種

〔研究題目〕 核酸医薬開発基盤技術研究開発

〔研究代表者〕 田口 隆久（関西産学官連携センター）

〔研究担当者〕 宮岸 真、小松 康雄、小島 直、萩原 義久、廣野 順三、佐伯 かおる（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

核酸医薬の実用化の課題として以下の2点について研究を実施した。

① 核酸アプタマーはターゲット分子を認識する人工核酸であり、その開発には、時間、労力が掛かることが大きな課題となっている。ターゲット分子の検出の高速化を図るため、ランダム化したアプタマーの全ての配列情報をスペクトルとして扱い、ターゲットを認識する方法を考案した。

本手法によれば、1回のみでのセレクションにより、安定な配列スペクトルが得られること、また、規格化した強度は親和性に反映していることがわかり、核酸アプタマーによる物質の検出を高い特異性を持って安

定して行うことができることが判明した。今後、特に抗体で検出が難しい、様々なターゲット分子の検出への応用と、本手法を応用した細胞認識技術の開発を進めていく予定である。

- ② 核酸医薬実用化の課題の一つに低分子医薬品より高い製造コストの問題がある。多くの核酸医薬分子では、血中での安定性や細胞内への取り込み効率を向上させるために、目的にあった機能性分子を、リンカーを介して核酸に導入しなければならない。しかしながら、従来使用されていたリンカーは修飾効率が不十分であった。そこで我々は、H23年度に合成核酸の3'末端選択的に、これまで使用されてきたリンカーよりも3~5倍高い反応効率で機能性分子を導入することが可能な新型リンカーを開発することに成功した。本成果は特許として出願した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸医薬、核酸化学、アプタマー、次世代シークエンサー、DNA、RNA

【研究 題目】 核酸医薬開発基盤技術研究開発

【研究代表者】 宮岸 真 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 宮岸 真 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

核酸アプタマーはターゲット分子を認識する人工核酸であり、加齢黄斑変性症治療薬として、Macugen が薬として市場に出ているが、その開発には、時間、労力が掛かることが大きな課題となっている。また、核酸アプタマーは、ターゲット分子の親和性の高さや、低分子化合物への抗体では検出できないような低分子、毒物に対する検出への利用が期待されているが、現在のところ、目立った商品化に至っていない状況である。

本研究課題では、近年、急速に進歩している次世代シークエンサー技術を応用することにより、新しい検出法として、ランダム化したアプタマーの全ての配列情報をスペクトルとして扱い、ターゲットを認識する方法を考案した。

この手法を検証するために、まず、ストレプトアビジンに対する核酸アプタマーのループ6塩基をランダム化し、セクションを行うことにより、安定したスペクトルが得られるかどうか、また、それぞれのスペクトル強度が親和性に反映しているかどうかについて検討を行った。ストレプトアビジンビーズにより、ランダム化した核酸を数回のセクションを行った核酸を、次世代シークエンサーにより解析を行ったところ、1回だけのセクションにより、安定な配列スペクトルが得られること、また、規格化した強度は親和性に反映していることがわかり、本手法によって、核酸アプタマーによる物質の検出を安定して行うことができることが判明した。

今回開発した検出法は、数多くの配列スペクトルを用いて、ひとつの物質を検出するため、非常に高い特異性

を得ることができ、これまで問題となっていた核酸アプタマーを用いた検出系における特異性の低さを克服できると考えられる。今後、特に抗体で検出が難しい、様々なターゲット分子の検出への応用が試みると共に、本手法を応用した細胞認識技術の開発を進めていきたいと考えている。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸医薬、アプタマー、次世代シークエンサー

【研究 題目】 圧密粉体のせん断特性の測定方法

【研究代表者】 高尾 泰正

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 高尾 泰正 (常勤職員1名)

【研究 内容】

セラミックス粉体層の測定技術と評価装置について研究・開発と、その標準化を行う。付着性・流動性などセラミックス粉体層せん断特性の新規な検出法の開発と評価装置の製品化、JIS など標準化を達成する (3年計画)。

国内外の主な測定技術・評価装置のメーカー・ユーザー・学識経験者からなる規格委員会を作り、JIS 化に必要な基本的操作条件の明確化と標準試験 (ラウンドロビンテスト) を実施した (2011年度=2年目)。

現在、標準試験で操作条件の明確化に成功し、規格原案の最終調整を行っている。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造、標準・計測

【キーワード】 せん断力、付着性、流動性、粉体層、規格標準

【研究 題目】 地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

【研究代表者】 桑原 保人

(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 桑原 保人、吉見 雅行、行谷 佑一、堀川 晴央 (常勤職員4名)

【研究 内容】

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研戦略研究のフィージビリティスタディーとして開始した。研究期間は平成23年10月から平成 H24年9月である。

この期間の当センターの目標は、2011年東北地方太平洋沖地震の揺れと津波による産業施設の被害状況を調査し、揺れと津波の大きさと産業施設の予想的なフラジリティカーブの作成を目指す。今年度は、産業施設の被害状況について、他機関の所有するデータの調査を行った。今後さらに詳細に調査し、各地点における揺れと津

波の大きさを見積もり、それぞれの比較を行う予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティカーブ、揺れ、津波

〔研究題目〕地震・津波等の次世代リスク評価シミュレーション技術の構築

〔研究代表者〕桑原 保人

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕桑原 保人、吉見 雅行、行谷 佑一、堀川 晴央(常勤職員4名)

〔研究内容〕

本研究は、2011年東北地方太平洋沖地震を受け、地震の揺れと津波による産業施設の一次被害から、サプライチェーン被害等も含めた2次被害を、今後発生しうる大規模地震で的確に予測するための手法を開発するために、安全科学研究部門と共同で産総研戦略研究のフィージビリティスタディーとして開始した。研究期間は平成23年10月から平成24年9月である。

この期間の当センターの目標は、2011年東北地方太平洋沖地震の揺れと津波による産業施設の被害状況を調査し、揺れと津波の大きさと産業施設の予察的なフラジリティカーブの作成を目指す。今年度は、産業施設の被害状況について、他機関の所有するデータの調査を行った。今後さらに詳細に調査し、各地点における揺れと津波の大きさを見積もり、それぞれの比較を行う予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕産業被害、東北地方太平洋沖地震、フラジリティカーブ、揺れ、津波

〔研究題目〕分散型熱物性データベース(研究情報の公開データベース化事業(RIO-DB))

〔研究代表者〕馬場 哲也(計測標準研究部門)

〔研究担当者〕馬場 哲也、山下 雄一郎、山田 修史、渡辺 博道、阿子島 めぐみ、八木 貴志、阿部 陽香(常勤職員7名、他2名)

〔研究内容〕

科学技術を支える基盤情報である物質・材料の熱伝導率、熱拡散率、比熱容量、熱膨張率、放射率などの熱物性データを収録し、ユーザーフレンドリーな閲覧システムを備えた「分散型熱物性データベース」の開発を進めている。平成23年度は、ステンレス鋼 SUS316、バナジウム、プラチナなどの、17種類の固体材料の熱物性データセットを固体材料の熱物性標準を担当する熱物性標準研究室において取得し、信頼性を評価した上で分散型熱物性データベースに収録し、インターネットを介して公開した。また、文献調査によりバルク固体酸化物、ステ

ンレス鋼を主体とする約360件の熱物性データを新規に収録した。データベースシステム開発では、薄膜に関する材料情報の有効かつ体系的な整備方法を薄膜熱物性計測の特徴を考慮しつつ検討し、薄膜材料に適した材料分類基準と現物試料保管のコンセプトを確立した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕熱物性、データベース、分散型、インターネット、知的基盤、薄膜

〔研究題目〕有機化合物のスペクトルデータベース(SDBS)(研究情報の公開データベース化事業(RIO-DB))

〔研究代表者〕齋藤 剛(計測標準研究部門)

〔研究担当者〕齋藤 剛、衣笠 晋一、山路 俊樹、滝澤 祐子、浅井 こずえ、鍋島 真美、小野 千里(常勤職員3名、他4名)

〔研究内容〕

RIO-DBでウェブに公開している有機化合物のスペクトルデータベース(SDBS)に、危険物を中心に488件(内201件は新規公開化合物)の化合物について質量分析(MS)178件、赤外分光(IR)445件、¹H核磁気共鳴(NMR)156件と¹³C NMR 166件のスペクトルを独自に測定、評価した上で公開した。すでに公開したデータのメンテナンスを行い、化合物名称等の辞書情報の修正を39件、スペクトルのデータ修正を19件行った。公開しているSDBSのウェブページアクセスは、1日平均約14.5万件であった。ユーザからのコメントの対応を行い、他の媒体へのデータ利用やデータ修正などの対応を迅速に行った。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕有機化合物のスペクトルデータベース、SDBS、質量分析スペクトル、赤外分光スペクトル、核磁気共鳴スペクトル、ウェブ

〔研究題目〕自動車用DME燃料標準化加速研究-バイオDME製造方法の検討と不純物分析方法の確立-

〔研究代表者〕小熊 光晴

(新燃料自動車技術研究センター)

〔研究担当者〕小熊 光晴、後藤 新一、渡邊 卓朗、加藤 健次、鈴木 善三、安田 肇(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

自動車用DME燃料の標準化を加速的に推進するため、バイオDME製造方法の検討と不純物分析方法の確立に関する研究開発を実施した。本研究は、ISO/TC28/SC4/WG13で議論中のDME燃料標準化研究開発とインドネシアBPPTとのMOUにて実施予定の「バイオDME製造に関する調査研究」を融合し、自動

車用 DME 燃料標準化にむけて分野間融合で実施するものである。成果として、ベース燃料としての DME 燃料品質分析方法のラウンドロビンテストに参加し、ガスクロマトグラフによる各種不純物および硫黄分分析方法について精度を確認した。また、バイオマスから DME を製造する際のガス化手法を検討した。

【分 野 名】 環境・エネルギー、計測・計量標準

【キーワード】 ジメチルエーテル、DME、ディーゼルエンジン、燃料、品質、標準化、ISO、自動車、ガス化、バイオマス

(3) 外部資金

中期目標や中期計画で定められているように、産業技術総合研究所は、業務の効率的な実施による費用の低減、自己収入の増加その他の経営努力により財務内容の改善を図ることとなっており、そのため、外部資金や自己収入の増加と固定的経費の割合の縮減に努めている。

外部資金の多くは、各省庁からの様々な制度に基づく委託研究費で、その多くが、公募型資金となってきている。産業技術総合研究所が受け入れる外部資金は、制度的には、主に受託研究として受け入れられ、研究終了後それぞれの委託元に詳しい成果報告がなされている。

平成23年度に受け入れた受託収入等の状況

資金名	件数 (テーマ)	決算額(千円)
受託収入		14,792,241
(1) 国からの受託収入		4,855,956
1) 経済産業省		3,419,533
メタンハイドレート開発促進事業	1	723,578
日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業	2	548,151
核燃料サイクル施設安全対策技術調査	1	373,298
産業技術研究開発	4	333,476
地層処分技術調査等委託費	2	276,845
次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業	1	176,363
石油資源遠隔探知技術研究開発	1	146,000
中小企業支援調査委託費	1	142,575
科学技術戦略推進委託費	1	119,677
二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業	1	105,548
特許微生物寄託等業務	1	97,009
工業標準化推進事業委託費	9	64,834
エネルギー使用合理化技術開発等	1	61,069
石油精製業保安対策事業	1	51,362
医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業	1	49,568
基準認証研究開発委託費	1	48,713
国内資源開発基礎情報取得等事業	1	46,360
その他	3	55,108
2) 文部科学省		556,939
科学技術基礎調査等委託事業	2	266,329
科学技術試験研究委託事業	10	204,952
原子力基礎基盤研究委託事業	2	42,004
原子力試験研究委託費	6	43,654
3) 環境省		272,933
地球温暖化対策技術開発事業	1	139,243
地球環境保全等試験研究	11	107,997
環境研究総合推進費	3	25,693
4) その他省庁	18	606,551
(2) 国以外からの受託収入		9,936,285
1) 新エネルギー・産業技術総合開発機構	65	3,926,604
2) その他公益法人	293	4,995,234
3) 民間企業	86	1,005,769
4) 受託出張		8,677
その他収入		10,096,534
(1) 資金提供型共同研究収入		3,418,700
(2) 知的所有権収入		245,018
(3) 外部グラント(個人助成金の間接経費分)		544,286
(4) その他		5,888,531
合計		24,888,775

※ 千円未満四捨五入のため、合計と一致しないことがあります。

1) 国からの受託収入

【経済産業省】

(i) メタンハイドレート開発促進事業

日本周辺海域に相当量の賦存が期待されているメタンハイドレートを将来のエネルギー資源として利用可能とするため、2016年度までに経済的に掘削、生産回収するための研究開発を実施し、我が国のエネルギー長期安定供給の確保に資する研究を実施するための経費。

平成23年度は、7.2億円で事業を実施した。

(ii) 日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

日本国経済産業省と米国エネルギー省間で合意した日米クリーン・エネルギー技術アクションプランに記載されている5分野のうち、「基礎科学」分野および「その他の再生可能エネルギー技術」分野を対象とし、米国エネルギー省傘下の国立研究機関等と共同研究開発を実施するための経費。

平成23年度は、5.5億円で事業を実施した。

(iii) 核燃料サイクル施設安全対策技術調査

放射性廃棄物の地層処分に係る概要調査などの立地段階における調査のガイドライン、調査結果のレビュー及び安全審査時に必要な安全評価手法の構築とその手法を適用した安全評価に資する知見・データの整備に資する研究実施のための経費。

平成23年度は、3.7億円で事業を実施した。

(iv) 産業技術研究開発

化学物質審査規制法等での適用を想定しつつ、多様なナノ材料のリスクを合理的かつ効率的に評価・管理するための枠組みを構築するため、その基盤となるナノ材料の有害性評価の手法開発を行う。ナノ材料に関する日本主導の安全性評価・管理技術の確立によって産業界の国際競争力の向上に資することを目的とする経費、他。

平成23年度は、3.3億円で事業を実施した。

(v) 地層処分技術調査等委託費

わが国において原子力エネルギーを継続的に利用していく上で、原子力発電及び核燃料サイクルに伴って発生する放射性廃棄物の処理処分対策を着実に進める必要があり、高レベル放射性廃棄物等の地層処分においては、多重バリアシステムによって長期的な安全確保がなされる。この処分システムの成立性や安全性に係る信頼性を一層高めていくため、天然バリアである深部地質環境の状況把握と将来変化に係る調査評価手法の高度化開発を行うための経費。

平成23年度は、2.8億円で事業を実施した。

(vi) 次世代高信頼・省エネ型 IT 基盤技術開発・実証事業

利便性の高いビジネス向け次世代 IT 基盤であるクラウドコンピューティングの構築と利用を促進することにより、産業構造の変革及び高次産業の創出による国際競争力の強化、エネルギー効率・生産性の向上による省エネ型社会の構築を目指し、クラウドコンピューティングを利活用した新サービスの創出、産業の高次化を実現するための基盤研究開発、環境整備を目的とし、中小企業を含めた幅広いサービス企業が容易に利用できるイノベーションの推進と生産性向上のための基盤技術の研究開発を実施するための経費。

平成23年度は、1.8億円で事業を実施した。

(vii) 石油資源遠隔探知技術研究開発

人工衛星を利用した高度リモートセンシング技術を石油等の資源探査に活用するための基盤技術を活用するため、人口衛星から得られる画像データの処理解析技術等の研究を実施するための経費。また、わが国の喫緊の課題である大陸棚延長の可能性のある海域における資源地質調査等を行うため、大水深域を対象とした資源探査技術・データの蓄積を図るための経費。

平成23年度は、1.5億円で事業を実施した。

(viii) 中小企業支援調査委託費

子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関などに収集された事故情報をもとに原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援すると共に、安全安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すことを目的とした研究を行うための経費。

平成23年度は、1.4億円で実施した

(ix) 科学技術戦略推進委託費

セシウムの選択的吸着特性が知られているプルシアンブルーを利用した回収・除去技術を実現する。特に、プルシアンブルーの特徴である、即時調達性、形状可変性を利用した用途への適用を目指す。さらに、プルシアンブルー粒子の微細化等を通じた、放射性セシウム吸着性能の向上と効率的な吸着システムの開発を進めるための経費。

平成23年度は、1.2億円で事業を実施した。

(x) 二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業

CCS 実用化に向けて安全性評価のために、弾性波探査（反射法）を補完するモニタリング技術の開発に加えて、モニタリング技術そのものを補完する観点から弾性波探査で検知が困難と考えられる小規模な断層

や薄い砂泥互層などの地質構造の遮蔽性能を評価する技術の開発、及びそれら基盤となる知見やデータの取得・整備を総合的に行い、CO₂挙動評価精度の向上とモニタリング・コストの低減化を目指すための経費。

平成23年度は、1.1億円で実施した。

(xi) 特許微生物寄託等業務

特許制度におけるバイオ関連の特許出願は、出願者において特許対象となる生物株を出願前に寄託機関に寄託することが義務づけられている。産業技術総合研究所特許生物寄託センターは、特許庁長官の指定する特許微生物寄託機関及び WIPO ブダペスト条約（1980年）により認定された国際寄託当局である。当該事業については、産総研そのものが特許庁長官の指定を受けた寄託機関となるとともに、特許庁からの寄託業務の委託を受けることとなる。

平成23年度は、1.0億円で事業を実施した。

(xii) 工業標準化推進事業委託費

ISO/IEC ガイド71の理念に基づくアクセシブルデザインを志向した製品・環境・サービスの体系的技術を開発し、それに係る一連の国際規格原案を ISO/TC159（人間工学）及び TC173（福祉用具）に提案することを目的とする経費、他。

平成23年度は、0.6億円で事業を実施した。

(xiii) エネルギー使用合理化技術開発等

植物を用いた医薬品原材料・ワクチン・機能性食品等の有用物質生産プロセスの開発およびその実証を産学官連携の下で実施することにより、二酸化炭素排出削減効果のある省エネ型革新製造プロセスを確立するとともに、次世代ものづくり産業基盤を構築するための経費。

平成23年度は、0.6億円で事業を実施した。

(xiv) 石油精製業保安対策事業

最近問題となっている支燃性ガスを含む様々な混合ガスの爆発事故被害を予測出来るシミュレーション技術を、実験的計測により解析・評価を行い、これらのガスを安全に取り扱うために必要な措置の調査検討を行うとともに、石油精製プラント及び石油化学プラントにおいて爆発事故が発生した際のプラント内外への被害を予測するための手法の開発を目指すための経費。

平成23年度は、0.5億円で事業を実施した。

(xv) 医療機器開等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業

医療機器開発の迅速化と薬事法の承認審査の円滑化を目的とした、個別の革新的な医療機器分野毎に生物学的評価基準を軸とした工学（力学、化学、電気、情

報) 的な評価基準を「開発ガイドライン」として作成するための経費。

平成23年度は、0.5億円で実施した。

(xvi) 基準認証研究開発委託費

本事業は、科学技術基本計画における重点推進分野である「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」及び「ナノテクノロジー・材料」の4分野や「エネルギー」、「ものづくり技術」分野等、我が国が技術的に優位にある分野を中心として、標準化のフィージビリティスタディから標準化のための研究開発、国際標準原案の作成・提案、国際提案後のフォローアップまでを公と民等の共同プロジェクトにより一貫して計画的・重点的に推進し、着実に国際標準の獲得に結びつけることにより、我が国の研究開発成果の国際市場展開や産業競争力の強化を目指すとともに、安全・安心で低炭素社会の構築を促進し、持続的発展のできる国づくりに寄与する等のための経費。

平成23年度は、0.5億円で事業を実施した。

(xvii) 国内資源開発基礎情報取得等事業

近年、日本周辺海域における石油・天然ガス、海底鉱物資源（海底熱水鉱床とコバルトリッチクラスト）等の資源の開発の可能性が指摘され、開発が進展する可能性が生じている。本事業では日本周辺海域の地質情報を収集・整理して、国民経済上特に重要であり、その安定的な供給確保が特に必要な石油、天然ガス等の鉱物の鉱区候補地の指定や資源探査許可申請への対応のための基礎情報を整備するための経費。

平成23年度は、0.5億円で事業を実施した。

(xviii) その他 3テーマ 0.6億円

【文部科学省】

(i) 科学技術基礎調査等委託事業

沿岸海域に存在する6つの活断層を対象として、地震調査研究推進本部が今後長期評価等を行うために必要となる、活断層の活動履歴や位置・形状に関するデータの取得を目的とした調査観測・分析を実施するための経費。

平成23年度は、2.7億円で実施した。

(ii) 科学技術試験研究委託事業

「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテクノロジー・材料」、「防災」の5分野において、文部科学省が設定した課題等に関する研究開発を実施するための経費。

平成23年度は、2.0億円で実施した。

(iii) 原子力基礎基盤研究委託事業

基礎的・基盤的原子力研究を推進するとともに、政策ニーズに基づく重点化を図りつつ、将来の応用までを視野に入れた研究を推進することにより、原子力分野の研究基盤の重点的な強化、および持続的・安定的な原子力技術の向上を図るための経費。

平成23年度は、0.4億円で実施した。

(iv) 原子力試験研究委託費

文部科学省設置法第4条第67号に基づき、各府省所管の試験研究機関及び独立行政法人における原子力試験研究委託費を文部科学省に一括計上するものであり、各府省の行政ニーズに対応した試験研究等を実施するための経費。

平成23年度は、0.4億円で実施した。

【環境省】

(i) 地球温暖化対策技術開発事業

我が国の地熱発電開発事業は、温泉との共生を図っていかねば進展しないことから、温泉に対する悪影響がない発電が可能であることを実証する総合的な地熱貯留層管理システムを開発し、当該システムの有効性を検証するための経費。

平成23年度は、1.4億円で実施した。

(ii) 地球環境保全等試験研究

環境省設置法第4条第3号の規定に基づき、関係府省の試験研究機関が実施する公害の防止並びに自然環境の保護及び整備に関する試験研究費を「地球環境保全等試験研究費（公害防止等試験研究費）」として環境省において一括して予算計上し、その配分を通じて国の環境保全に関する試験研究の総合調整を行うための経費。また、地球温暖化分野を対象として、各府省が中長期的視点から計画的かつ着実に研究機関で実施・推進されるべき研究で、地球環境保全等の観点から(1)現象解明・予測、(2)影響・適応策、(3)緩和策、などをテーマとする研究課題を実施するための経費。

平成23年度は、1.1億円で実施した。

(iii) 環境研究総合推進費

環境問題が人類の生存基盤に深刻かつ重大な影響を及ぼすことに鑑み、様々な分野における研究者の総力を結集して学際的、国際的な観点から総合的に調査研究及び技術開発を推進し、もって持続可能な社会構築のための環境保全に資することを目的とした経費。

平成23年度は、0.3億円で実施した。

【その他省庁】 18テーマ 6.1億円

2) 国以外からの受託収入

(i) 新エネルギー・産業技術総合開発機構

平成23年度は、65テーマを39.3億円で実施した。

(ii) その他公益法人

平成23年度は、293テーマを50.0億円で実施した。

(iii) 民間企業

平成23年度は、86テーマを10.1億円で実施した。

(iv) 受託出張

平成23年度は、受託出張の経費0.1億円を受け入れた。

その他収入

(i) 資金提供型共同研究収入

平成23年度は、民間企業から31.1億円、民間企業以外から3.1億円の合計34.2億円の資金提供を受け共同研究を実施した。

(ii) 知的所有権収入

平成23年度は、当所が所有する産業財産権等を企業等に利用させた実施料収入等として2.5億円を獲得した。

(iii) 外部グラント

平成23年度は、科研費補助金及び研究助成金の経理委任収入（間接経費分）として5.4億円を受け入れた。

(iv) その他

平成23年度は、計量標準供給業務・計量教習業務による手数料収入、地質図幅等の頒布収入、産学官連携活動の一環として当所施設内で連携先が共同研究等を行うときの経費負担収入及び国からの機関補助金等として、58.9億円を受け入れた。

1) 国からの外部資金

①【経済産業省】

・メタンハイドレート開発促進事業委託費

【研究 題目】平成23年度メタンハイドレート開発促進事業（生産手法開発に関する研究開発）

【研究代表者】成田 英夫

（メタンハイドレート研究センター）

【研究担当者】海老沼 孝郎、天満 則夫、長尾 二郎、

神 裕介、今野 義浩、皆川 秀紀、

鈴木 清史、江川 浩輔、宮崎 晋行、

米田 純、山本 佳孝、川村 太郎、

平林 紳一郎、緒方 雄二（兼務）、

清野 文雄（兼務）、小笠原 啓一（兼務）、

青木 一男、榊井 明、

木田 真人、大野 浩、伊藤 拓馬、

小野 晶子、原口 謙策、長原 さゆり、

樋口 ゆかり、袴田 陽子、内海 崇、

大山 裕之、羽田 博憲、池田 育子、

林 順子、深見 英司、西村 興男、

西川 泰則、初貝 あゆみ、浅野 洋一、

松本 馨、渡邊 瑞穂、眞城 一憲、

小林 秀男、大野 孝雄、明円 文子、

覺本 真代、根本 照子、大竹 道香、

宮田 雅子、須々木 尚子、村田 篤、

白鳥 治子、竹内 基、椿 卓也、

佐藤 康晴（常勤職員16名、他36名）

【研究 内容】

メタンハイドレート開発促進事業の生産手法開発に関する研究開発では、大量かつ安定的にメタンを生産する生産手法高度化技術の開発、坑井のガス生産性およびメタンハイドレート貯留層の生産挙動を高い精度で予測する生産性・生産挙動評価技術の開発および生産に伴う地層変形・圧密挙動について長期的な安全性を評価するための地層特性評価技術を開発する。

生産手法高度化技術の開発においては、強減圧時のガス生産挙動を生産シミュレータによって計算し、坑底圧2MPaのケースでは地熱の流入に伴い、再生成した坑井近傍のメタンハイドレートが再び分解し生産が再開されるとともに、貯留層深部の圧力が減圧されることにより貯留層内に氷が生成し、その生成潜熱の影響によってガス生産速度が上昇し坑底圧3MPaのケースに比べて10年後のガス生産量は約2倍に増加することを明らかにした。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、大型室内産出試験設備による減圧実験を行い、減圧過程のガス・水生産挙動を解析し、開発した大型室内試験装置でフィールドを模擬した生産挙動が得られることを検証した。生産障害の解析については、ハイドレート再生成による生産障害をモデル化するため、過冷却度に対する孔隙内メタンハイドレートの生成挙動を、赤外分光法を用いて評価し、孔隙水表面での

膜状ハイドレート生成に起因した2段階生成が生じることを明らかにした。細粒砂移流・蓄積による生産障害の解析については、多孔質内の細粒砂圧入実験から、低濃度のスラリーを圧入した場合には時間とともに浸透率が低下して行くが、ある時間経過すると浸透率低下速度が遅くなる傾向が見られることが分かった。また、管内流動障害発生条件と閉塞過程の解析、インヒビタ添加による管内閉塞対策の解析等を引き続き行った。さらに、生産時熱伝導モデルの開発のため、メタンハイドレート堆積物分解熱物性評価装置を用いたコア試料の熱伝導率解析を行い、コア試料中のハイドレートの分解に伴う熱伝導率の低下を明らかにした。

生産性・生産挙動評価技術の開発においては、海洋産出試験候補地の貯留層モデルの再構築ならびに生産挙動予測を行い、海洋産出試験地を選定した。また、相対浸透率の実験的解析技術の開発においては、高速 X 線 CT 装置による置換フロントの追跡とマルチタップ型コアホルダーによる流動・置換過程の各相差圧の選択的測定が可能であることを確認し、差圧の変動がメタンハイドレートコア内の連続相の移行に強く依存することを明らかにした。また、地層の連続性について評価するため、確率論的最適化法を導入し、物理検層データより取得したネットグロス比（メタンハイドレート層に占める砂層の割合）と海底地形復元モデリングの結果に基づいた200パターンの堆積シミュレーション結果から各種パラメータ値を決定した。地層の孔隙圧減圧時に生じる圧密の影響評価のため、天然試料の圧密および浸透率変化の測定から泥質分を多く含むメタンハイドレート貯留層の場合は、孔隙率の変化が浸透率に及ぼす影響を評価するモデルとして、理想的な砂層とは異なる数値解析式を適用する必要があることが分かった。

地層特性評価技術の開発においては、メタンハイドレート層からのメタンガス生産に伴う地層変形・圧密挙動を解析するための強度等の力学パラメータを実験的に継続して取得した。また、坑井にかかる応力を評価するための室内貫入試験装置を導入し、ケーシングとセメント、セメントと砂層、砂層とケーシング間の各接触面の粘着力と有効摩擦角の取得を行い、地層変形シミュレータの精度向上を図った。生産期間中における坑井の健全性評価においては、減圧区間、減圧位置やケーシングの有無、坑井と地層境界の接触面強度等をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する感度解析を実施した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】メタンハイドレート、貯留層特性、生産シミュレータ、天然ガス、生産技術、原位置計測技術、熱特性、力学特性、圧密特性、相対浸透率、産出試験、東部南海トラフ、地層変形、生産障害、減圧法

・日米エネルギー環境技術研究・標準化協力事業

【研究題目】蓄電デバイス用ナノ電極材料の開発と電子状態解析

【研究代表者】周 豪慎（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】周 豪慎、細野 英司、大久保 將史、劉 銀珠、北浦 弘和、朝倉 大輔、李 徳（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、ナノ材料における電気化学反応メカニズムの解明を放射光内殻励起分光法により行い、電極特性の高性能化への指針を得るとともに、指針に基づいた材料設計を行う。

平成23年度の研究内容として、ニトロプルシド、ゾルーゲル法 LiMn_2O_4 スピネル、ナノ構造 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ ファイバー等の新規電極材料の開発を行い、並行してローレンスバークレイ国立研究所（LBNL）の放射光施設における軟 X 線吸収分光による電子状態測定を行った。その成果として、ニトロプルシドにおける電子状態の非局在化が NO 基によって非常に強くなっていることが明らかになり、 LiMn_2O_4 スピネルにおける Li 脱挿入に伴う Mn の電子状態変化を明瞭に観測することに成功した。 $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ ファイバーについては、表面とファイバー内部のバルク的な電子状態に差異があることを見いだした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウムイオン2次電池、正極材料、ナノ材料

【研究題目】ハイブリッドキャパシタ電極用ナノ構造材料の合成と評価に関する研究

【研究代表者】児玉 昌也（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】児玉 昌也、棚池 修、曾根田 靖、吉澤 徳子、山下 順也、山田 能生、菊池 恵美（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究では電気二重層キャパシタのさらなる高性能化を目指すため、正負極に異なる疑似容量反応を用いた非対称ハイブリッドキャパシタの開発を目的とし、疑似容量酸化還元反応をもたらすナノ構造活物質と炭素材料との複合化による高性能キャパシタ電極の開発を目的とする。また、その効率的な材料合成と評価のための手法に関する基礎研究を行う。実施にあたっては、再生可能エネルギーの効率利用に必要な蓄電デバイス研究を行っている米国国立再生可能エネルギー研究所（NREL: National Renewable Energy Laboratory）の研究者と

協力し、日本から米国に研究員を1名長期派遣して情報交換と研究手法の共同開発を行った。本年度は、帰朝した長期滞在者による米国研究者との相互研究協力関係を維持しつつ、その中で原子層堆積法による炭素-酸素-ニッケル結合のカーボンナノチューブ表面への導入を行い、ナノチューブの高比表面積による電気二重層容量と併用することで、高速充放電特性を損なわずに疑似容量をも付与できるハイブリッドキャパシタ用電極材料の作製を行った。一方、日本側で並行して推進していた電極用炭素系材料として、非常に優れた特性を示すメソポーラス炭素の調製に成功した。メソ孔を中心とする細孔構造と高温処理による黒鉛類似構造を併せ持つという極めてユニークな性質のこの材料により、正負極両極に対応できる基材として種々の使い方が想定される。上述の新たに開発された材料が、それぞれの極において優れた性能を実現するためには、今後、材料の特長を活かしつつキャパシタセルとして構成していく必要がある。高度に最適化されたデバイスが構築されれば、画期的なハイブリッドキャパシタの実現が期待される。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ハイブリッドキャパシタ、疑似容量、カーボンナノチューブ

【研究 題目】 燃料改質ガスの燃焼モデルの基盤研究

【研究代表者】 壹岐 典彦（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 壹岐 典彦、倉田 修、松沼 孝幸、大島 伸行、北川 敏明、鈴木 真吾、李 建華（常勤職員3名、他4名）

【研究 内容】

再生可能エネルギーである各種バイオマス燃料は多様な燃焼特性を有するため、専用の燃焼装置が必要となるが、固体燃料や液体燃料は燃料ガス化を行ってガス燃料を得て、これらバイオマス由来のガス燃料を燃料改質して、水素、一酸化炭素、二酸化炭素の合成ガスにしてから燃焼することが考えられている。天然ガス用ガスタービンでは燃焼振動などの課題は解決されているが、合成ガスの場合、燃焼特性は成分によりそれぞれ異なるので、設計変更が必要となることがある。特に合成ガスの主成分のうち、水素は燃料ガスの中でも特異な燃焼特性を示すため、燃焼器の数値解析に適用可能な燃焼モデルが求められている。バイオマス燃料等の炭化水素燃料を燃料改質して得られるガス燃料について、燃焼現象の数値解析に使用可能な燃焼モデルを確立するために、次の課題に取り組んだ。

(1) 改質ガスの燃焼特性の解明

予混合火炎の安定性データ取得を行うとともにバーナの準備を進めた。水素-酸素-窒素の量論比混合気について実験を行いながら、データ収集のノイズ対策など実験装置の改良を進めた。

(2) 燃焼モデルの開発

計算機を導入して、解析可能であることを確認し、解析結果の表示手法などの環境整備を行った。また、サンディア国立研究所を訪問して打ち合わせを行い、米国側の対応を依頼した。米国においては、加圧条件での燃焼実験ではなく、大気圧下の火炎の詳細計測を行うことにした。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 燃料改質、水素リッチ燃料、ガスタービン、燃焼モデル、数値流体計算

【研究 題目】 高効率 CO₂還元触媒の半導体光触媒への複合化に関する研究

【研究代表者】 姫田 雄一郎

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 姫田 雄一郎、三石 雄悟（常勤職員2名）

【研究 内容】

本事業では、半導体光触媒の水分解により生じた水素（電子）を用いて二酸化炭素の固定化・燃料化を目指した人工光合成技術の基礎研究を目的とする。可視光応答型光触媒と二酸化炭素の変換錯体触媒などの高い人工光合成用触媒技術を持つ産総研と、錯体触媒等の高度な材料・反応機構解析技術を有するブルックヘブン国立研究所（BNL）が、補完的に協力し、共同研究を行うことにより、革新的な人工光合成触媒の基盤的技術の確立を目指す。

本年度の成果は、産総研の開発した二酸化炭素還元触媒をもとに、水中常温常圧で二酸化炭素を還元できる新たな高性能触媒を見出すことができた。この成果は、BNL と共同で米国に仮出願するとともに、Nature Chemistry に投稿し受理された。また、この成果に伴って、関連する興味深い結果が得られており、来年度以降も一層協力して研究を進めていく必要がある。以上のように、本共同研究においては、当初の目標を超える優れた研究成果が得られた。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 炭素固定、水素貯蔵

【研究 題目】 色素増感起電力を利用した水分解水素製造

【研究代表者】 小野澤 伸子

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 小野澤 伸子、草間 仁、船木 敬、三石 雄悟、小西 由也、北尾 修、中澤 陽子、船越 裕美（常勤職員6名、他2名）

【研究 内容】

光のエネルギーを用いて見かけの電気分解効率を向上させ、水素コストを大幅に低下させる技術として半導体光電極水素製造がある。この光電極は太陽電池による補

助電源が一般的には必要であるが、この電源電力も低コスト化する必要がある。本研究では、低コスト水素製造のために半導体光電極および、補助電源用の太陽電池として革新的な低コスト化が期待できる色素増感セルの起電力を組み合わせた統合水素製造システムの研究を行う。昨年度までに米国側パートナーとしてブルックヘブン国立研究所（BNL）と決定し、今年度は本格的な共同研究を開始した。具体的には8月に、約2週間、産総研から二人の研究員を BNL に派遣し、色素の励起状態や半導体表面状態の解析技術を活かして増感色素と電解液との相互作用の解明に関する実験と、水素・酸素ガス発生速度の精密評価を BNL で実験できるように立ち上げた装置の調整を行い、BNL の研究者とその結果について議論した。また、色素増感セルや光電極の内部量子収率（APCE）を測定することはメカニズム解明に非常に重要である。昨年度に続き、色素増感セルの外部量子収率（IPCE）と光吸収率（LHE）を精密に測定して、APCE を評価する手法の誤差低減のための実験を行った。膜厚のうすい（5-10 μ m）酸化チタン電極を用いて電極を作製し、IPCE スペクトルは透明な白金対極を用いて作製した色素増感太陽電池セルで測定したデータを用いることが誤差低減につながるということがわかった。水分解水素製造のための半導体光電極の安定性については WO₃ を主に検討した。その結果、半導体光電極の安定性は電解液組成に大きく依存することがわかった。塩化物イオンが電解液中に存在すると光電流が向上し、性能低下も抑制できることがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素製造、色素増感、光電極

【研究題目】再生可能エネルギー導入に備えた統合型水素利用システムに関する研究

【研究代表者】中納 暁洋（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】中納 暁洋、伊藤 博、前田 哲彦、高木聡美（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

再生可能エネルギーは不安定であることから、需要側でそれが大量に導入されると一時的なエネルギー貯蔵装置が必要になる。統合型水素利用システムは主に水素製造装置、水素貯蔵装置、水素供給装置、及び燃料電池で構成される定置型の水素システムである。これは、その設置施設に対し電気に加え、熱、及び物質（水素）を供給することができ、水素の形でエネルギー貯蔵を行うことからエネルギーの長期・大量貯蔵に適する再生可能エネルギー利用促進に有望なシステムである。本研究の目的は再生可能エネルギーを最大限取り込むことができ、且つ、優れた省エネルギー性を併せ持つ低炭素化社会の公共インフラとなり得る統合型水素利用システムを米国のサバンナリバー国立研究所（SRNL）と共同で開発することにある。本格的な共同研究の推進にあたり、統合

型水素利用システムの水素貯蔵装置の開発から着手することになった。熱利用性能を最大限引き出すことを目標とし、産総研で設計・製作を行った水素吸蔵合金タンクを SRNL に送付し、研究員を7ヵ月間長期滞在させて実験を実施した。その結果、合金利用率100%を達成し、24時間連続運転における熱回収率が67%以上であることを確認した。米国では高圧ガス保安法の適用を受けないため10気圧以上の圧力領域での実験が可能であり、その利点を生かすことにより合金利用率100%を達成することができた。熱回収率の大幅な向上については、水素吸蔵合金タンクの総重量を100kg（内合金重量50kg）未満に抑えた軽量化による熱容量の低減と熱交換器の改良により得られた成果である。本年度共同研究により当初目標を達成することができたことに加え、SRNL との信頼関係を更に深めることができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素システム、再生可能エネルギー、水素貯蔵

【研究題目】ナノ構造を利用した低環境負荷で高効率な熱電変換材料

【研究代表者】山本 淳（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山本 淳、太田 道広（常勤職員2名）

【研究内容】

熱電発電デバイスは、産業・民生・運輸部門から棄てられている膨大な廃熱を再生可能な電気エネルギーとして回収できるために、大きな注目を浴びている。しかしながら、従来の熱電変換材料は性能が低く、そのうえ希少・毒性元素を含むために、熱電発電デバイスの幅広い実用化には至っていない。そこで、本研究では、希少・毒性元素を使わない低環境負荷な熱電変換材料の研究を進めている産総研と、ナノテクノロジーを活用した高効率な熱電変換材料に関する研究を展開している米国のアルゴンヌ国立研究所（ANL）が協力して、高効率と低環境負荷の二つの要求を満たす熱電変換材料を開発することを目的としている。

本年度は、太田研究員が ANL に長期滞在して、高効率な熱電変換材料として、マグネシウム・テルライド（MgTe）のナノ粒子を分散して埋め込んだ鉛テルライド（PbTe）の溶融成長体を作製した。この MgTe ナノ粒子は、フォノンを効果的に散乱させて PbTe の熱伝導率を大きく低減させるが、一方でキャリアの輸送特性にはほとんど影響を与えない。その結果、従来までの PbTe の熱電性能指数を大きく凌駕する熱電性能指数（ $ZT \approx 1.6$ at 510 $^{\circ}$ C）を得ることに成功した。

さらに、Pb は有害元素、Te は希少元素であるので、これらを含まない低環境負荷の新規熱電変換材料である二硫化チタン（TiS₂）の研究開発にも着手した。化学量論比に近い組成を持つ高配向・高密度の TiS₂焼結体の作製に成功して、やや高い ZT （ $=0.34$ at 390 $^{\circ}$ C）

を実現した。

また、ナノ構造熱電材料の評価技術の開発として、1100℃以上の温度でもゼーベック係数の評価が可能な装置を開発、設備し、さらなる高性能材料のポテンシャル発掘の体制を確立した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電発電、熱電変換材料、廃熱利用、ナノ構造、希少元素代替

〔研究題目〕 クリーンアップ石炭ガス化ガスのための SOFC 燃料極開発

〔研究代表者〕 堀田 照久（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 堀田 照久、山地 克彦、岸本 治夫、倉本 浩司、陳 剛
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

クリーンアップされた石炭ガス化ガスを固体酸化物形燃料電池（SOFC）で適用するための材料基礎研究を行った。特に、石炭ガス化ガス特有の不純物が多量に含まれるガス雰囲気下において、作動しうる高性能燃料極の開発を行うことが目的である。SOFC 材料の不純物・劣化分析技術に優れる我が国とガス不純物の影響評価に先行する米国との英知を結集し、共同で石炭ガス化ガス不純物の SOFC 材料に対する影響を解明し、許容範囲を明らかにすると共に高性能燃料極の開発を行う。平成23年度は、まずクリーンアップ後の石炭ガス化ガスの化学組成、微量不純物種類と量を調査し、日米での相違などを評価した。また、(La, Sr) TiO₃系酸化物を中心に対象酸化物燃料極とし、その不純物との化学反応性、性能評価、最適組成などを検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性

〔研究題目〕 高圧二酸化炭素の光還元に関するプロセス化技術の開発

〔研究代表者〕 川波 肇（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 川波 肇、石坂 孝之、川崎 慎一朗、藤村 洋、David G. Grills
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究は、日米間での協力により、エネルギー環境技術の開発を行うもので、当該研究課題は、高圧二酸化炭素中で光還元反応を行うことで、生体を模倣していた人工光合成を、高密度で行い、より生産的な技術へと展開を図ることを目的としている。加えて、高圧条件に適した反応システムを再構築することで、新しい反応システムの提示を行い、プロセス化への道を切り開くことが目的である。平成23年度は、事前検討段階として、光反応

において、米国と日本間で統一した試験方法を確立することを第一段階とし、同時に、触媒や反応システムの改良により、光還元による二酸化炭素変換効率の向上の可能性を探ることを目標とした。事前検討として、反応系に触媒としてレニウム錯体触媒を用い、準溶媒としてジメチルホルムアミドを媒体に用いたところ、二酸化炭素から一酸化炭素の生成が確認され、触媒の TON 値は20であった。これに対して、二酸化炭素源として超臨界二酸化炭素を用いた結果、TON 値は1より低い値を示すことが分かった。時間分解による詳細な反応解析を行ったところ、光励起された触媒が基底状態に戻る速度が、二酸化炭素との反応速度に対して二桁早いことが原因であることを時間分解測定で明らかにした。一方、励起状態の安定化のため、ジメチルホルムアミドの代わりにイオン液体を用いることで、TON 値を1～10程度に改善することに成功し、今後効率の良い反応を実現できる指針を得ることに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水、二酸化炭素

〔研究題目〕 高性能固体高分子形燃料電池の開発に関する研究

〔研究代表者〕 崔 隆基（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 崔 隆基、土田 英二（常勤職員2名）

〔研究内容〕

アルカリ電解質形燃料電池（AMFC）は白金のような高価な貴金属を用いなくてもいいので、既存の固体高分子形燃料電池の実用化の妨げとなっている白金使用の問題を回避できる。

しかしながら AMFC に用いられる電解質膜は膜の劣化の問題があり、解決すべき課題となっている。通常のプロトン交換膜は末端にスルホン酸（-SO₃⁻）のようなアニオン基を持っているが、AMFC に用いられる電解質膜は対照的にアルキルアンモニウム（-N(R)₃⁺、R=アルキル基）などのカチオン基を末端に持っている。AMFC に用いられる電解質膜は水酸化物イオンが持つ高い反応性により、燃料電池作動後非常に早い段階で劣化が始まることが知られている。本研究では AMFC の化学的劣化機構をシミュレーションから明らかにすることにより、より耐久性の高い膜の構造を提案することと、プロトン移動などのシミュレーションをより効率よく行うシミュレーションプログラムを開発することを研究の目的とし推進する。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 燃料電池、高分子電解質膜、分子シミュレーション

〔研究題目〕 水素発生光触媒電極の耐久性向上に関する研究

〔研究代表者〕 大谷 実（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 大谷 実（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年の地球規模での気候変動に関わる環境・エネルギー問題の解決は人類にとって喫緊の問題であり、化石資源に変わりうるクリーンエネルギーの開発は最重要課題である。本事業では計算科学的手法を用いて、太陽エネルギーから化学エネルギーへの変換効率を飛躍的に向上する材料開発へ向けた研究を行う。昨年度の FS により本プロジェクトのターゲットを水素発生光触媒電極の耐久性向上に関する研究とした。本研究は日米協力事業の下に行われるものであり、米国側は国立ローレンスバークレー研究所（LBNL）、国立ローレンスリバモア研究所（LLNL）の研究者が参画している。本年度は第一原理計算プログラム（PWSCF）に産総研で開発した有効遮蔽媒質法を導入して、LBNL で開発された X 線吸収スペクトル解析プログラムと統合した。これにより、光触媒電極劣化の主な原因である電極の溶出機構の解明を行うことが可能となる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 太陽光水素発生反応、第一原理分子動力学シミュレーション、有効遮蔽媒質法

〔研究題目〕 重水素化増感触媒の耐久性に関する研究

〔研究代表者〕 川西 祐司（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 川西 祐司、宮沢 哲、下位 幸弘、
宮本 静子、井上 杏子、太田 慎一
（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

我々は、有機分子を重水素標識化することにより、光や酸化還元などに対する耐久性を、20～100%以上向上できる可能性を近年見出し、報告してきた。本研究は、長波長光を利用した色素増感太陽電池や水素生成システム、二酸化炭素固定システム等が、長期に安定動作するために必要な、高耐久な増感色素・分子触媒等の増感触媒を、重水素標識化をとおして開発することを目的とする。本年は、日米間の協力体制を確立しつつ、重水素標識化が増感触媒系の高耐久化に有望であることの確認に重点をおいて研究を進めた。検討対象として、色素増感太陽電池の評価にしばしば用いられる N3 色素 $\text{cis-Ru}(\text{dcbpy})_2(\text{NCS})_2$; $\text{dcbpy}=2,2'$ -bipyridine-4,4'-dicarboxylic acid を選び、その通常体ならびに重水素標識体を合成した。一方、透明性吸着性とも良好な酸化チタン薄膜を、粒径制御したコロイド溶液の塗布・焼成条件の検討を経て調製し、吸収スペクトル検討に適した色素吸着酸化チタン膜を得ることに成功した。耐久性に関わる基礎特性評価を、溶液ならびに色素吸着酸化チタン膜に関して行い、色素吸着酸化チタン膜については、低効率なホール埋め戻し条件下では色素の構造変化が進みやすいこと、重水素標識体を用いることによって、通常体に比べ、光照射に対する耐久性が10%以上向上するこ

と等を確認した。耐久性の向上に関わる分子振動やエネルギー状態の変化の予測につながる理論計算を DFT 法を中心に検討し、実験事実とよく合致する計算結果を得ることに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 色素増感太陽電池、耐久性、重水素標識、増感色素

〔研究題目〕 凝集状態評価

〔研究代表者〕 岡崎 俊也

（ナノチューブ応用研究センター）

〔研究担当者〕 岡崎 俊也、丹下 将克、永徳 丈
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

世界的規模で取り組みが行われている地球温暖化対策の推進を背景に、平成21年2月の日米首脳会談において環境・エネルギー技術を中心とした日米協力の重要性について合意された。さらに、日米間の協力を基礎とした標準の策定を促進することとし、MOU（Memorandum of Understanding）にて署名が行われた。このような背景を受け、代表的ナノ物質であるカーボンナノチューブについて、その凝集状態について国際標準化を目指した研究を行っている。

平成22年度までの研究から、分散状態はもとよりチューブ形状の異なる多種類のカーボンナノチューブについてデータを蓄積し、多種類の評価を用いて、総合的に評価・検討する必要があることがわかった。そこで、平成23年度は直流アーク放電法及び CVD 法によって合成された多層カーボンナノチューブ水溶液について、レーザ回折法、動的光散乱法などの分光法のみならず、透過型電子顕微鏡などの顕微鏡観測やコールター法などによって多面的に凝集状態評価を行った。また、カーボンナノチューブ試料は一般にアモルファスカーボンや金属触媒などの不純物を含み、これらはしばしば物性評価において悪影響を及ぼすことが知られている。そのため、カーボンナノチューブ試料の調整法を規定し、分散溶液中の凝集状態の測定及び評価を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 カーボンナノチューブ、凝集状態、光散乱、国際標準化

〔研究題目〕 共同施設相互利用によるナノエレクトロニクス、ナノ材料開発

〔研究代表者〕 秋永 広幸（ナノデバイスセンター）

〔研究担当者〕 秋永 広幸、島 久、野田 周一（ナノデバイスセンター）
亀井 利浩（集積マイクロシステム研究センター）（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

目的：

先端機器共用施設は、その場において多様な研究課題と人材の交流がなされることから、オープンイノベーションプラットフォームとしての機能を持つ。日米共に、このようなプラットフォーム間のネットワーク構築事業において世界を先導してきた経験を持ち、両者が連携を組むことは、全世界的課題に対する研究を推進する上で極めて効率的である。本事業では、日米の先端機器共用施設を相互利用することにより、低炭素社会の実現を目指した環境・エネルギー分野の革新的研究開発の促進と、研究者交流や最先端情報の共有化等、協働のシナジーによる研究連携ネットワークの強化を図る。

年度進捗状況：

米国側は Center for Integrated Nanotechnologies (CINT) / Sandia National Laboratories (SNL)、日本側は Nano Processing Facility (NPF) / AIST が窓口となり、以下の2つのテーマを実施した。

① 酸化物を用いた新規太陽電池の開発

平成23年度は、前年度に開発した太陽電池製作プロセスをベースに、創・省エネルギー一体型素子の実現に必要な低温形成・高変換効率化を達成する指針を得るため、特に光吸収層となる酸化物半導体材料 (Cu_xO) の成膜条件と膜物性および太陽電池特性との関連の詳細分析を行った。その結果、rf マグネトロンスパッタおよびパルスレーザーデポジションで形成する Cu_xO 膜諸特性を詳細に制御する方法を明らかにした。この知見をもとに、変換効率はまだ低いものの、完全室温プロセスで安定な電圧を発生する太陽電池の開発に成功した。また、理論的側面から実験結果を検証するために CINT の計算科学環境を利用する体制を整え、その導入的評価として $\text{ZnO}/\text{Cu}_2\text{O}$ 界面のバンドオフセット計算を開始した。

② ナノ光アンテナ技術の太陽電池応用

平成23年度は、Finite-difference time-domain (FDTD) 法による電磁界シミュレーションにより、活性層による光の吸収の評価を行い、つぎに、これを性能指数として金属ナノ構造を最適化する手法を確立した。また、集束イオンビームにより、ギャップ15nm のアルミ双極子アンテナ構造を作製することに成功した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 先端機器共用施設、太陽電池、ナノ光アンテナ

【研究題目】 日米クリーン・エネルギー技術協力

【研究代表者】 坂西 欣也 (バイオマス研究センター)

【研究担当者】 坂西 欣也、李 承桓、遠藤 貴士、井上 誠一、岩本 伸一朗、石川 一彦、井上 宏之、藤本 真司、矢野 伸一、松鹿 昭則、藤井 達也 (常勤職員11名、他4名)

【研究内容】

本テーマは、リグノセルロース系バイオマスを原料としたバイオマスリファイナリー技術に関して、産総研および米国オークリッジ国立研究所 (ORNL)、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) が有する技術や知見を融合することにより共同で研究開発を実施することを目的としている。

本年度は、産総研において水熱・メカノケミカル処理により製造したユーカリ等由来微細繊維化物を用いてアクレモニウム産生セルラーゼおよび ORNL の耐熱性バクテリア-酵母系を用いた糖化実験を実施した。その結果、いずれの糖化系においても、処理物の糖化性は大きく向上し、産総研における水熱処理とメカノケミカル処理の組み合わせた前処理技術の有効性を確認することができた。また、産総研開発のエンド型耐熱性セルラーゼを用いた系では、残渣としてセルロースナノクリスタルが得られることが分かった。

アクレモニウム由来の精製糖化酵素5種類を用いて NREL 前処理物の糖化に最適な酵素組成を決定し、約80%のセルロース糖化率を達成した。NREL の糖化液発酵において発現変動するキシロース発酵性組換え酵母の遺伝子を解析し、キシロース発酵性等に関わると予想される16種類の遺伝子を同定した。

バイオマスリファイナリーの経済性評価に関する文献調査を行い、生物化学変換、熱化学変換について約110の機器についてコストデータベースを構築した。また、評価技術の国際標準化に向けて、1)データベース・評価手法の統一化、2)国際的なガイドラインの制定、3)相対評価による比較の3点について、その可能性と問題点を検討した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リグノセルロース、解繊処理、セルラーゼ、糖化、バイオエタノール

【研究題目】 日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、陶山 哲志、野田 尚宏 (常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

DNA マイクロアレイ技術、次世代 DNA シークエンシング技術、定量的 multiplex PCR 技術などの多種の核酸種を標的とした核酸計測技術の信頼性確保、測定技術の分析的妥当性評価、比較互換性確保を目的に、米国標準技術研究所 (NIST) と共同研究を実施し、以下の2つの技術開発を実施した。(1) 複合16S rRNA 遺伝子解析などのマルチテンプレート定量 PCR 解析、RNA スプライスバリエーション解析、コピー数多型解析、ゲノムリアレンジメント解析などの高度な核酸解析技術の信頼

性確保のための内部核酸標準の作製、(2) 核酸標準品中の核酸分子の純度、およびその塩基配列のエラー率を従来の方法よりも高い精度で評価する技術の開発。平成23年度は、マルチテンプレート定量 PCR 解析を想定し、医療あるいは環境分野での微生物検査の品質管理に利用できる内部標準16S rRNA 遺伝子を合成した。また、DNA および RNA 候補標準品の純度評価のため、平成22年度に引き続きさまざまな合成方法で作製した候補核酸標準品の網羅的な1分子塩基配列解析を実施した。米国 NIST との共同研究では、2011年7月下旬から11月下旬まで4ヶ月間参画研究者が NIST に滞在し、次世代型 DNA シークエンサー (AB SOLiD4) を用いた RNA 純度評価、および塩基配列のエラー率評価に関する共同研究を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸標準物質、DNA マイクロアレイ、次世代 DNA シークエンシング

【研究題目】 日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】 本田 真也

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 本田 真也、渡邊 秀樹

(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

タンパク質医薬の会合凝集性評価法を標準化するために必要な、会合凝集性の測定分析のための校正用タンパク質を開発することを目的とする。このため、校正用タンパク質の分子設計を行い、複数の校正用タンパク質候補を合成し、これらの特性を分析超遠心法、サイズ排除クロマトグラフィー法、流動場分離分析法等の複数の方法で解析し、かつ解析を日米の複数の機関で並行して行うことによって、校正用タンパク質としての適性を確認する。実効性と供給性の条件を満たす天然タンパク質を選別するため、文献情報等の調査を行った。合成容易性等も含めた種々の観点から検討し、昨年度に選定した分子 A、分子 B の2種に加えて、平成23年度は分子 C、分子 D の2種を候補タンパク質として新たに選定した。次いで、これらの人工遺伝子を設計した。設計した分子 C と分子 D の核酸配列に相当する人工遺伝子を有機化学的に合成し、これらに制限酵素処理等を施して、それぞれに対応する発現ベクターを構築した。得られた発現ベクターを用いて大腸菌を形質転換し、微生物による分子 C と分子 D の組換えタンパク質生産系を完成させた。続いて、分子 C に関しては、培養後の大量の大腸菌を破碎し、可溶性画分から粗製物を回収した。この中に目的のタンパク質が含まれることを確認したのち、多段階のクロマトグラフィー分離を行って、目的物を高純度に精製した。精製した分子 C の会合凝集性をゲルろ過クロマトグラフィーと分析超遠心機で解析した。分子 D に関しては、形質転換した大腸菌の培養破碎後に得られ

る懸濁液を遠心分離機により可溶性画分と不可溶性画分に分け、可溶性画分に目的とするタンパク質が混合物として存在することを確かめた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオ医薬品、タンパク質、凝集、標準化

【研究題目】 日米先端技術標準化研究協力／3D 映像

【研究代表者】 氏家 弘裕 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 氏家 弘裕、渡邊 洋 (健康工学研究部門) (常勤職員2名、他7名)

【研究内容】

立体 (3D) 映像メディア技術を情報機器・システムに導入することで3DTV 会議システムや3D テレワーク等の活用により、CO₂を多く排出する交通機関の利用を避ける事が可能になる。本テーマでは、立体映像を提示し、これによる心理学的及び生理学的な影響を調べ、映像酔いや視覚疲労など好ましくない生体影響をできるだけ生じさせない立体映像のためのガイドライン草案を作成し、その国際標準化を図ることで、誰にでも安全・安心に立体映像が利用可能な環境を日米連携で早急に整え、世界的な立体映像関連市場立ち上げをスムーズかつ急速に進め、エネルギー消費削減とともに、新しい産業による雇用創出への貢献を目指す。

具体的には、以下の3点について実施した。

(1) 3D 映像ガイドライン国際標準化推進のための生体影響計測

立体映像視聴により生じ得る生体影響を、心理学的及び生理学的計測について、約300名の被験者実験により実施し、主に両眼間非整合性による生体影響の計測を実施した。特に、これまでの報告では短時間にて主観評価のみが行われていた点を、比較的長時間の観察で、心理/生理の両側面からの計測を実施し、生体影響について詳細なデータを蓄積した。

(2) 3D 映像ガイドライン妥当性検証システムの実用化開発

昨年度詳細設計を実施した3D 映像ガイドラインの妥当性検証システムの実用化開発を実施した。具体的には、3D 映像解析については、全フレーム、全画素を対象として視差を計算し、処理時間は、フルハイビジョン3D 映像で、映像記録時間と同じ時間での評価を可能とする。そのために、CPU の並列分散による解析処理システムを構築した。

(3) 3D 映像ガイドラインの国際標準案の策定及び提案

ISO/TC 159/SC 4/WG 12 (映像の生体安全性) において、上記の(1)及び(2)に基づいて、3D 映像による視覚疲労に対する国際規格化提案(NP)を実施し、投票により承認され、作業原案の審議を開始した。なお本テーマは、(社)電子情報技術産業協会と共同で

実施した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 立体映像、生体安全性、評価装置

〔研究題目〕 ハイブリッド水素タンクの信頼性向上に関する研究

〔研究代表者〕 栗山 信宏

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 栗山 信宏、清林 哲、竹市 信彦、戸出 真由美 (常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

水素吸蔵合金と圧縮水素容器を組み合わせたハイブリッド水素タンクは、日本発の高密度水素貯蔵技術であり、容器及び周辺機器コストの低い35MPa以下の圧力で重量増加を抑えつつ容器の大幅なコンパクト化が可能な貯蔵技術である。この技術の実用化のため本事業においては、我々ユビキタスエネルギー研究部門と米国サンディア国立研究所 (Sandia National Laboratories, SNL) と共同実験及び相互訪問を通して協力し、実際の使用に即した条件の下でのハイブリッド水素タンク及び水素吸蔵合金の水素中不純物ガスに対する耐久性及び容器破壊時の安全性の把握とその対策技術の確立を目的とした。

ハイブリッド水素タンク破壊時に水素吸蔵合金が大気に曝露される状況が想定されるため、空気中の酸素と合金層の酸化反応による発熱の低減や合金層からの水素の放出を抑制する技術を開発する必要がある。そこで、平成23年度では、ハイブリッド水素タンク破壊による大気曝露時における合金層の温度上昇を評価する装置整備に特化し、①評価装置(サンプルセル)の設計・作製、②水素貯蔵合金の大気曝露試験、③SNLに滞在し大気曝露実験・解析方法等の習得を行った。

SNLで得られた知見などにに基づき、産総研において、独自のサンプルセルを作製した。本セルを用いて、今年度は、既存の合金系である LaNi_5 と $\text{TiFe}_{0.85}\text{Mn}_{0.15}$ の二種類の水素吸蔵合金に対して、大気曝露実験を行った。 LaNi_5 と $\text{TiFe}_{0.85}\text{Mn}_{0.15}$ の大気曝露時における温度上昇を比較すると、 $\text{TiFe}_{0.85}\text{Mn}_{0.15}$ の方が高いという結果が得られた。現段階では、評価試料の比表面積、平均原子量や密度を考慮すると、 $\text{TiFe}_{0.85}\text{Mn}_{0.15}$ の方が LaNi_5 より比表面積が広い傾向を得ており、そのため、酸化反応に伴う温度上昇が顕著に観測されたと考えている。今後、試料中の酸素濃度や酸化反応の熱量等を評価し、詳細な機構解明を行う予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素貯蔵合金、ハイブリッド水素タンク、大気曝露、安全性

〔研究題目〕 再生可能エネルギーのキャリアーとしての水素・化学水素化合物の活性化技術に関する研究

〔研究代表者〕 徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 徐 強、塩山 洋、Arshad Aijaz (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本事業は、ユビキタスエネルギー研究部門 (UBIQEN) と米国エネルギー省 (DOE) 傘下のパシフィックノースウェスト国立研究所 (Pacific Northwest National Laboratory, PNNL) との共同研究によって、高密度化学的水素貯蔵材料の高機能化を行い、高効率化学水素貯蔵技術を確立すると共に、化学水素化合物に共通した活性化機構の基礎的解明を行い、化学的水素貯蔵材料の規格標準化に向けた基盤構築を目的としている。本研究では、均一な粒子径分布を持ち、高分散された超微細金属ナノ粒子を多孔性配位高分子 (MOF) のナノ細孔内への固定化に成功した。合成された多孔性配位高分子固定化金属ナノ粒子材料は、ホウ素系化学水素化合物の加水分解による水素発生反応において、触媒として高い機能性を示し、さらに、ホウ素系化学水素化合物の熱分解反応による水素発生反応においても、ナノ空間反応場と金属ナノ粒子触媒との相乗効果による高い機能性を示した。本研究によって、均一な粒子径分布を持ち、高分散された超微細金属ナノ粒子を固定化した多孔性配位高分子材料は、高い水素含有量を持ち、水素貯蔵材料として有望なホウ素系化学水素化合物の活性化に極めて有効であることが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素、燃料電池

〔研究題目〕 バイオ燃料等の膜分離効率向上を指向した微生物触媒および発酵プロセスの開発

〔研究代表者〕 柳下 宏 (環境化学技術研究部門)

〔研究担当者〕 柳下 宏、北本 大、榊 啓二、池上 徹、羽部 浩、井村 知弘、福岡 徳馬、佐藤 俊 (常勤職員8名、他2名)

〔研究内容〕

持続可能な社会・低炭素経済の構築に向け、化石資源からバイオマス資源への原料転換は喫緊の課題である。特に、再生可能エネルギーであるバイオ燃料等の製造技術に関しては、グリーンイノベーション (新成長戦略) を標榜する日本、及びグリーン・ニューディール政策を打ち出している米国の双方にとって、加速的なブレークスルーが求められている。

産総研・環境化学技術研究部門では発酵によって得られるバイオアルコールの分離・濃縮の効率化に向け、アルコール高選択分離膜の開発や分離システムの最適化等に取り組んできた。その中で、発酵原料である「セルロースの加水分解物 (セルロース糖化液)」に含まれる微量 (約2%) の酢酸等が、分離膜の性能低下を引き起こ

す事を突き止め、この酢酸の除去が解決課題となっていた。一方、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) の National Bioenergy Center では、同様にセルロース糖化液由来の酢酸が各種の発酵プロセスにおいて微生物の生育を阻害することを見出し、この問題解決に向け、最先端レベルの遺伝子組換え技術を活用した「酢酸に耐性を持つ微生物の開発」等に取り組んできた。そこで、これら共通の目的・解決課題を有する、産総研・環境化学技術研究部門と、米国国立再生可能エネルギー研究所 (NREL) ・ National Bioenergy Center との間で共同研究を開始し、これまでセルロース加水分解物中の酢酸を分解除去しながら発酵を実施するような、効率的かつ省エネルギーなセルロース系エタノール等製造プロセスの早期構築を試みてきた。

平成23年度は、セルロース糖化液中に存在するバイオアルコール発酵阻害物質 (酢酸) 存在下においても、糖質からバイオアルコール発酵可能な培養条件の確立を試みた。これまでに構築した酢酸分解能を付与した組換え発酵微生物を用い、酢酸分解のための遺伝子機能の調節条件を詳細に検討した結果、微生物の増殖速度を維持した状態で当該機能を有意に発現する培養系を確立した。さらに、上記条件において、阻害物質存在下においてもアルコール発酵速度が低下しないことを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】再生可能エネルギー、セルロース系バイオマス、バイオプロセス

【研究題目】日米クリーン・エネルギー技術協力／多核金属錯体の CO₂多電子還元機構の解明

【研究代表者】小池 和英 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】佐野 泰三 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、究極の再生可能エネルギーである光 (太陽光) エネルギーを利用した CO₂の有効利用技術としての「人工光合成」システム構築を目的とする。化学的な「人工光合成」系として、触媒活性や選択性の点で有望な金属錯体触媒を CO₂と直接反応 (多電子還元反応) する基本要素に選び、多核化や金属クラスター触媒等との複合化により、ボトルネックとなっている多電子酸化還元反応の高効率化を目指す。

本年度は、高効率な CO₂還元光触媒として有望なルテニウムジカルボニル錯体をターゲットとして選び、新規構造の金属錯体触媒 (ルテニウム-ルテニウムジカルボニル多核錯体触媒) の合成と光触媒機能の解析による高効率化の実証を行った。さらに、米国 BNL との間で、本錯体による CO₂還元機構の検討を行った上で、日本側研究者が米国 BNL を訪問し、電気化学および時間分解分光測定を実施して反応機構の解析を進め、多核化の効果や共存する塩基性物質の影響を見出した。また、さらなる高効率化に必要な課題を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】人工光合成・CO₂・金属錯体・触媒

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力／微細形状計測

【研究代表者】井藤 浩志

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】井藤 浩志、Wang Chunmei

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

多層膜を利用した標準試料の作製の精度を検証するために、X線反射率 (XRR) 法で膜厚を決定した Si/SiO₂ 多層膜を用意し、これを利用した20nmのライン・スペースを作成した。この20nmのライン・スペースは、原子間力顕微鏡 (AFM) 法で計測したナノ構造の形状測定精度を検証するために、米国国立標準技術研究所 (NIST) に相互測定を依頼した。

また、プローブキャラクタライザで計測した実効プローブ特性が、電気計測の解析に必要な実プローブ形状と一致する条件を探索し、その測定手順を検討した。開発した標準試料 (プローブキャラクタライザ) のトレンチ構造部分を利用してラフネス評価を行い、ラフネスとの相関を検討する実験を行った。この結果、AFM画像の低空間周波数成分がラフネスを決めている場合には、探針先端径の影響が少ないが、高い空間周波数成分が支配的な場合には、探針先端の形状がラフネスの再現性を決めることを示し、プローブ特性と対応づけた。AFMの実効プローブ形状 (言い換えると装置関数) は、プローブの制御方法にも依存し、再現性の高いラフネス計測のためには、AFM制御を含めたプローブ先端の情報が重要であることを示した。走査キャパシタンス顕微鏡法や走査広がり抵抗顕微鏡法の濃度計測範囲は校正のために、ISOの国内審議委員会で検討した濃度勾配をもった試料をイオン注入法で作製した。作製した試料について、国内の持ち回り試験を開始した。さらに、濃度校正の標準化に必要な、AFMプローブ (導電性カンチレバー) の形状情報・残留抵抗についても検証し、標準試料の構成要件を検討した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】原子間力顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、カンチレバー、標準試料、国際標準

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】藤本 俊幸 (計測標準研究部門)

【研究担当者】藤本 俊幸、東 康史、寺内 信哉

(常勤職員3名)

【研究内容】

半導体・エレクトロニクス産業等、ナノ構造を有する材料を積極的に利用する極めて広い産業分野において材料の微細化は進んでおり、ロバストかつ簡便な薄膜構造

評価法の確立が期待されている。X線反射率（XRR）法は、膜厚計測の絶対測定法であること、大気下での非破壊測定が可能で、トレーサビリティが明確であり、測定の再現性が高いこと等々から、研究開発のみならず、製造現場における品質管理に向けた応用が期待されている。

本研究では、XRR法を用いた膜厚評価の産業応用化を目指して、手法の高精度化を目指すとともに、米国・国立標準技術研究所（NIST）と連携し国際標準化に向けた課題の検討を行う。本年度は、NISTで開発を行っているベイズ統計を用いた解析法によって得られた膜厚値の不確かさ評価について双方の測定データを用いて共同で検討を行った。また、いまだ明確になっていないSiO₂膜の微細構造に関する知見を得るために、製膜温度と膜厚をパラメータとし精密解析を試みた。最高到達温度750℃と1000℃で製膜したSiO₂膜それぞれについてバルク層と中間層からなる2層モデル構造を用いて、それぞれの層の密度について、複数の膜厚の試料についてXRR法を用いて調べた。

加えて、XRR法とエリプソメトリ法における膜厚評価法の整合性向上のため、エリプソメトリ法において必要不可欠な光学定数をXRR法により校正後、得られる膜厚評価値について考察を行うと共に、高精度標準試料の作製のための製膜装置用の試料加熱・回転機構の開発を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】X線反射率法、膜厚計測、国際標準化

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】八木 貴志（計測標準研究部門）

【研究担当者】八木 貴志、山下 雄一郎、新田 詠子（常勤職員2名、その他1名）

【研究内容】

超短パルス光による高速加熱とサーモリフレクタンスによる高速測温技術を基にした薄膜の熱物性測定手法の国際標準化を進める。今年度は、測定システムの時間精度の向上を目的として、現有の周波数発生器をより高精度な装置に変更した。システム全体としておよそ1桁の時間精度の向上を達成し、測定結果の不確かさの減少と測定範囲の拡張が期待できる。さらに本測定手法の適用範囲を調査するため、10種類の金属薄膜についてサーモリフレクタンス信号の強度、解析の阻害要因の検討、熱拡散率の評価を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】薄膜、熱物性、測定比較

【研究題目】日米先端技術標準化研究協力

【研究代表者】権太 聡（計測標準研究部門）

【研究担当者】権太 聡、三隅 伊知子、菅原 健太郎、木下 和人（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

新規ナノデバイスの機能を実現する上で、三次元微細寸法・形状は普遍的かつ不可欠な評価項目である。しかしデバイス構造そのものがnm単位となっており、要求精度は1nmよりはるかに小さく、こうした評価項目において多用される走査型電子顕微鏡（SEM）や走査型プローブ顕微鏡（SPM）でも性能限界に近付いているため、nmサイズの信頼できる基準試料が望まれている。結晶格子の周期構造を利用した表面微細寸法を次世代の基準試料として実証し、国際標準化に向けた技術的根拠とするため、候補物質の寸法・形状のばらつきや原子レベルの表面粗さを高精度に評価する。本年度は、異なる材料の結晶や異なる指数の結晶面の最表面の原子レベルの配列状態について、測長型AFMおよび超高分解能SPMにより評価した。サファイア（112-0）およびSiC（0001）面で測定されたステップ高さは、結晶格子定数から期待される値と比べ違いが±0.1~0.2nm以内に収まった。また、測長AFMの測定精度をさらに向上するため、プローブを制御する信号の分解能を向上する回路の試作を行い、10倍以上の高分解能化を達成した。ステップ高さをAFM像より算出する際の解析アルゴリズムにおいて、平坦なテラス部分を正確に水平になるように補正しないと正しいステップ高さが得られない。一般的にAFM像には装置や床振動に起因する微小振動や電気的ノイズ、さらには温度・気圧の変化による熱ドリフトや揺らぎが重畳しているため、適切なフィルタ処理、平坦化処理が不可欠である。これらの処理条件の違いによって生じる傾き補正の誤差がステップ高さ算出に与える影響を見積もった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】原子間力顕微鏡、走査型プローブ顕微鏡、単結晶、格子定数、段差、不確かさ、微小寸法計測、ナノスケール

【研究題目】新燃料の燃焼機構の解明に資する数値解析及び実験解析

【研究代表者】後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】後藤 新一、辻村 拓、小熊 光晴、文 石洙（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

ローレンス・リバモア国立研究所（LLNL）へ在外研究員を派遣し、化学反応動力学に基づく在来燃料及びバイオ燃料等の新燃料に関する最新技術動向の調査を行うとともに、モデリング技術の習得を実施した。次世代アルコール系バイオ燃料であるイソペンタノールについて、新燃料の詳細燃焼メカニズムを解析し、デファクトスタンダードに資するエンジン燃焼を数値予測可能な高度な燃焼解析数値モデルを構築した。

また、アルゴン国立研究所（ANL）と協力して燃

料噴射ノズル内及び噴霧基部の高速 X 線撮影を行い、産総研がマクロ噴霧実験解析を行うことで燃料物性と噴霧発達特性との相関を調べ、高精度な燃料物性モデルの構築を実施している。平成23年度は ANL において超高压燃料噴射装置を使用し、従来燃料及びバイオ燃料の超高压で噴射された燃料噴霧の高速 X 線撮影を3度実施した。200MPa で噴射された燃料噴霧の X 線噴霧計測は世界初の試みであり、本年度は同装置を利用した具体的な噴霧発達特性解析に向けた準備を整えることが出来た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】新燃料、バイオ燃料、高級アルコール燃料、化学反応動力学、モデリング、燃焼解析数値モデル、燃料物性、燃焼メカニズム、詳細反応モデル、デファクトスタンダード、シミュレーション

【研究題目】日米クリーン・エネルギー技術協力

【研究代表者】松岡 三郎

(水素材料先端科学研究センター)

【研究担当者】飯島 高志、安 白、中道 修平

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

研究開発の背景・研究目的及び目標

燃料電池自動車の開発普及と、水素ステーションの設計開発が2015年の同時投入を目指して加速段階にきている。いずれも水素容器・蓄圧器による水素の貯蔵・運搬が大きな技術開発要素である。今回の米国サンディア国立研究所との共同研究では、水素蓄圧器の安全性・経済性を念頭において、実験データを基に日米の問題意識の共通化を図ることで、燃料電池自動車の車載水素容器や水素ステーションの蓄圧器の設計に必要な、国際規格・標準の整備・強化を目指し、日米で世界標準をリードしていくことを目的とする。水素利用社会を構築するために、日米が協力して高压水素ガス中での材料の疲労強度や破壊靱性など材料特性評価方法の検討、ならびにそれらデータの取得を行い、水素容器・蓄圧器を開発するために必要な国際規格・標準化を推進するための技術的裏付けを日米共同で明らかにする。

成果概要

本研究プロジェクトは平成23年度より開始され、キックオフミーティングやワークショップを含む5回の打ち合わせをサンディア国立研究所側と行った。それらの議論を通して、鉄鋼材料における疲労き裂が進展するための閾値の評価方法についてサンディア国立研究所と産総研とで共同で実験を行い、それらのデータを基に ASME (米国機械学会) や ASTM (米国材料試験協会) に規格・標準化を働きかけていくこと、ならびに疲労き裂の発生過程をマイクロレベルで観察し、そのメカニズムについて共同で考察することを、研究計画として策定した。また、70Mpa (70気圧) 燃料電池自動車に水

素ガスを供給する水素ステーション蓄圧器の試験には、水素ガス圧力115Mpa (1150気圧) が必要であるため、1150気圧の水素ガス中での実験を目指して装置の改造を行っている。日米で策定した研究計画を基に、疲労き裂に関する試験を開始するとともに、研究者をサンディア国立研究所に派遣し現地での実験準備を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池自動車、水素脆化、国際標準

【研究題目】脂肪酸など環境低負荷を目的とした炭化水素系化合物の生産技術の開発に関する研究

【研究代表者】町田 雅之 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】町田 雅之、玉野 孝一、小山 芳典、小池 英明、梅村 舞子
(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

微生物の持つ物質の分解・生産能力を利用して、バイオマス等の植物成分原料から化石燃料に代わる燃料物質を作製することを目的として、ディーゼル燃料の原料物質である脂肪酸、その他の炭化水素系化合物であるテルペノイドや二次代謝化合物の生産系の構築と生産性の向上技術の研究を進めている。

本年度は、*Mortierella alpina* などの脂質を高生産する糸状菌について、ゲノム DNA を調製してメイトペアライブラリーを作製し、次世代シーケンサーを用いてゲノム解析を行った。取得された配列より、1kb 以上のスキップフォールドとして、400本以下にアセンブリングされた。この配列に基づいて、遺伝子発見、アノテーションを行い、約17,000の遺伝子が予測された。今後、比較ゲノム解析や遺伝子の発現解析により、脂質の高生産に必要な遺伝子を特定する予定である。また、PNNL の研究員との協力により、黄麹菌 (*Aspergillus oryzae*) を用いて、ATP クエン酸リアーゼ、アセチル-CoA カルボキシラーゼ、脂肪酸合成酵素、パルミトイル ACP チオエステラーゼなど、脂質生産に重要と考えられる遺伝子の過剰発現株を作製した。これにより、黄麹菌の脂肪酸の生産性に関して、5~6倍の向上が達成された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】バイオディーゼル、二次代謝、糸状菌、比較ゲノム科学

【研究題目】日米クリーン・エネルギー技術協力/稲わら由来セルラーゼ阻害物質の分解除去方法の開発

【研究代表者】星野 保 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】星野 保、湯本 勲、横田 祐司、近藤 英昌 (常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

産総研のセルロース系バイオマス糖化処理技術と米国ローレンスバークレー国立研究所 LBNL のセルラーゼ解析技術を連携し、その糖化に必要なセルラーゼ使用量の削減を目的として、セルラーゼ阻害物質を効率的に分解、除去する技術開発に関わる研究基盤を確立することを目的とする。本研究終了後、セルロース系バイオマスの酵素糖化に関する共通プロトコルの提案を目指している。

稲ワラ、スギ・ユーカリ木粉をメカノケミカル処理して調整した試料より *Trichoderma viride* 由来セルラーゼを用いて糖化処理を行ったところ、稲ワラ由来試料を用いた場合と同様に糖化反応の阻害が確認された。これら糖化液をイオン交換カラムに通過させた溶出液に酵素処理後、十分に洗浄した試料および新たに同酵素を添加し、再度、酵素反応を行った。イオン交換カラムにより糖化液中の阻害物質が除去された可能性が高く、酵素処理前と同様の糖化処理が可能であった。しかし、酵素処理時間が24時間を経過すると、これまで同様に酵素反応の阻害が確認された。このため、酵素阻害物質は、試料内部に存在し、酵素処理に伴い、酵素反応の途中で徐々に反応液中に放出されると仮定した。

この仮説を明らかにするため、酵素処理前後のユーカリ木粉試料の透過型電子顕微鏡観察を行ったところ、酵素処理により試料中に細孔が多数観察された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リグノセルロース、酵素糖化、阻害物質

〔研究題目〕 日米クリーン・エネルギー技術協力／ナノ構造電極を活用する発電のための新たな電気化学反応器の開発

〔研究代表者〕 藤代 芳伸

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 藤代 芳伸、鈴木 俊男、濱本 孝一、

山口 十志明、鷺見 裕史

(常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

燃料電池に代表される高性能電気化学反応器は高効率物質・エネルギー変換技術として注目されている。日本側で開発を進めているセラミックリアクター製造技術における様々な構造、材料からなるナノ構造電極を共有し、米国機関（アルゴンヌ国立研究所）と連携し、米国 DOE 放射光施設（APS）等で最新の発電のための機能性セラミック電極のナノレベルでの表面状態評価を実施し、今後のナノ構造電極を活用する新しい高効率電気化学反応器の開発展開に向けた課題抽出を検討する。

研究計画：

日本側が先行する独自の世界最高レベルのナノ電極材料製造技術によって様々な電極構造を具現化し、高度な

電極表面の評価が実施できる米国機関で相互に解析を進め、両機関の技術を効果的に発展させる目的で、産総研研究員を米国へ派遣し、共同申請で使用が許可された米国放射光施設（APS）等を活用する事により、日米共同での電極ナノ構造の機能解析を進める。

研究進捗状況：

平成23年度では、日本側のセラミック化学反応器のナノ電極製造技術等を活用し、昨年度得られた解析結果を用い、組織を変えたバイメタル燃料極を用い、チューブ型マイクロ SOFC チューブセルを作製し、水素およびメタン等の炭化水素系燃料での燃料電池としての評価試験を行なった。試験後の組織変化が見られたサンプルを米国の DOE 放射光施設にて共同でナノ電極構造の XAFS 観察を行い、電極層内の局所的な酸化・還元分布を定量化でき、作製したナノ電極では、電極反応活性点が電解質全体に広がっている事が電極構造の連携解析により分かり、電気化学セルの電極反応メカニズムを定量的に解析できる手法として高いポテンシャルを有していることを確認した。今後は、信頼性を含めた種々の条件で作製した電極構造で測定・解析によるデータの蓄積を進めることで新規電極構造化技術開発への展開を進める。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ構造電極、電気化学反応器、セラミックス、固体酸化物形燃料電池、放射光施設、機能・構造制御、低炭素、発電、セラミックリアクター

〔研究題目〕 次世代型地熱エネルギー探査技術の開発

〔研究代表者〕 當舎 利行（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 當舎 利行、中尾 信典、阪口 圭一、

相馬 宣和、雷 興林、杉原 光彦、

西 祐司、船津 貴弘、柳沢 教雄

(常勤職員9名)

〔研究内容〕

地下に人工の水利系を作成して天然の水利系につなげてエネルギーの抽出を行う EGS（Enhanced Geothermal System）技術は、天然の水利系が全く存在しない場所で人工的に水利循環系を作成し、地熱エネルギーを採取することも可能な技術である。EGS では、高圧の水を地層中に圧入し、意図した方向や範囲に亀裂を作成させる水圧破碎技術、また、どの方向に亀裂が進展して熱交換面が形成されたかをリアルタイムでモニタリングする技術が重要な技術開発課題である。

本研究開発では、日米の技術を融合・発展させ人工的な資源を開発するのに必要なモデリングや数値解法手法の開発、ならびに、貯留層造成をモニターする技術の開発を、米国での地熱開発実験現場において適用し、日米共同で貯留層内の亀裂検知技術を確認する。また、力学的なメカニズムを流体流動シミュレーションに取り込む

とともに、流体流動に伴って発生する微小地震をリアルタイムで捕らえて、高圧水圧入による人工亀裂造成を制御する EGS 技術の開発を研究到達目標とする。具体的には、以下の技術開発を行う。

- 1) 米国内 EGS 実験現場での坑井内地震波動の検出技術
- 2) 米国研究所と協力して、波動解析技術
- 3) 岩石実験等による地熱貯留層の力学メカニズム把握
- 4) 貯留層シミュレーションのためのモデリング技術
- 5) 貯留層の中の亀裂の同定

平成23年度は、坑内地震計による予備的な観測を行った。実験場は、アイダホ州南部の Raft River 地熱地帯における EGS 実験場であり、この実験場での坑井に地震計を設置して、現場の地震学的なパラメータを推定するなどの予察的な地震観測を行った。一方、これらの観測と平行して理論的な解析手法の解析や解析の元となるモデル作成の検討も引き続き行った。速度計算を行うためのモデルについても検討を行った。貯留層を含む地層のモデリングでは、複雑な力学的側面を持つ地質モデルを構築するため、地熱貯留層を含めた地質モデルと、それらを貫く正断層のモデル化を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】地熱エネルギー、EGS 技術、共同研究、米国実験場、坑井内地震計、モデリング技術

・産業技術研究開発

【研究題目】低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト（NEDO 交付金以外分）ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発

【研究代表者】本田 一匡（安全科学研究部門）

【研究担当者】本田 一匡、蒲生 昌志、納屋 聖人、五十嵐 卓也、篠原 直秀、佐々木 毅、古賀 健司、古屋 武、越崎 直人、清水 禎樹、陶 究、伯田幸也、山本 和弘、榎原 研正、飯田 健次郎、江馬 眞、斎藤 英典、カザウイ 理香、福井 浩子、蒲生 吉弘、篠塚 るり、鈴木 貴子、宮本 宏幸、吉田 智子、後藤 理恵、野 容一
（常勤職員15名、他11名）

【研究内容】

ナノ材料の物理化学性状がどのような範囲の材料であれば有害性が同等と見なせるか（同等性）の判断基準の構築と、簡便な初期有害性試験方法の確立を目的として、以下の研究開発を行った。

- 1) 同等性評価のための試料調製技術とキャラクターゼーション

メーカーから入手した酸化チタンナノ粒子について、動物実験に使用する分散液の調製手順を確定し、粒子濃度および凝集粒子径を明らかにした分散液を、動物実験を実施する各機関へ提供した。また、結晶性シリカナノ粒子の最適な調製法の選別を進めた。

- 2) エアロゾルの安定発生手法の構築

マイクロゾル発生装置等を用いたエアロゾル発生系を構築し、二酸化チタン粒子の懸濁液の液滴からエアロゾル粒子を発生させるプロセスに対して、液滴・エアロゾル粒子に対する慣性力、静電気力の影響を検討した。

- 3) エアロゾルの液相捕集手法の構築

エアロゾル粒子を核として凝縮成長させた水滴を液中に捕集する原理にもとづくエアロゾル液相捕集系を構築し、この系による粒子捕集効率の予備評価を行った。

- 4) ナノ材料の体内分布及び生体反応分布の定量化技術の開発

ナノ材料の体内分布の定量化に関して、光学顕微鏡および蛍光 X 線顕微鏡によるミリメートルオーダーの肺組織の広視野の観察と分析からナノ材料の存在する部位を特定し、その部位を透過型電子顕微鏡によりサブナノメートルオーダーで分析および高分解能観察する手法を確立した。

- 5) ナノ材料の体内動態と生体反応に関する数理モデルの構築

ナノ材料等の体内分布及びそのモデル化、用量反応関係に関する既往文献を調査し、体内動態モデルの骨格を作成した。また、複数の二酸化チタンナノ材料の静脈注射試験を行った。

- 6) 培養肺胞モデル評価系の開発と数理モデル化への利用方法に関する研究開発

ヒト肺胞上皮細胞株 A549及びマクロファージ株 THP-1を用い、この2つの細胞からなる評価系において、ナノ粒子を投与する肺胞内腔液組成について検討を行った。

- 7) 国際動向の把握

OECD 工業ナノ材料作業部会や ISO ナノテクノロジー技術委員会での標準化等に関する議論や米国や EU 等における規制動向について情報を収集した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノ材料、同等性、キャラクターゼーション、有害性評価、気管内注入試験、吸入暴露試験

【研究題目】化学物質の最適管理をめざすリスクトレードオフ解析手法の開発／リスクトレードオフ解析手法の開発

【研究代表者】吉田 喜久雄（安全科学研究部門）

【研究担当者】吉田 喜久雄、東野 晴行、蒲生 昌志、

恒見 清孝、岸本 充生、梶原 秀夫、
堀口 文男、林 彬勤、小野 恭子、
井上 和也、石川 百合子、牧野 良次、
内藤 航、篠崎 裕哉、加茂 将史、
布施 正暁、大野 創介、高井 淳、
川本 朱美、村井 賀子、蒲生 吉弘
(常勤職員16名、他5名)

[研究内容]

ヒト健康や生態へのリスクが懸念される化学物質を代替する際に生じる被代替物質と代替物質のリスクの変化を科学的・定量的に推定し、代替の費用対効果を分析する「リスクトレードオフ解析手法」を開発した。平成23年度は、以下の研究開発を実施した。

1) 排出シナリオ文書 (ESD) ベースの環境排出量推計手法の確立

溶剤・溶媒と金属の2用途群を対象に、排出量推計手法を開発し、ESD (和文、英文) を作成するとともに、OECD で溶剤・溶媒と金属の ESD 作成を提案した。

2) 製品から直接暴露等室内暴露評価手法の確立

室内暴露評価ツール (iAIR) Ver. 0.8β のインターフェイスとプログラムコードの改良を行い、Ver. 0.802β を公開した。

3) 環境動態モデルの開発

大気モデルについては、ADMER-PRO Ver. 0.8β を完成、公開した。河川モデルについては、金属を含む化学物質の河川水中濃度を推定する AIST-SHANEL Ver. 2.5を開発し、公開した。海域モデルについては、金属等の難分解性物質に適用可能な CBAM Ver. 2.0を完成させ、公開した。

4) 環境媒体間移行暴露モデルの開発

有機化学物質に対応した地域特異的経口摂取量推定ツール (SIET) Ver. 0.8を公開するとともに、金属に対応した環境媒体間移行暴露モデル (AIST-MeTra) を開発し、公開した。

5) リスクトレードオフ解析手法の確立

ヒト健康リスクトレードオフ評価の考え方を評価ガイドランスとして取りまとめ、構築した反復投与毒性等のデータベースおよび臓器別の無毒性量推論アルゴリズムとともに公開した。生態リスクトレードオフ評価については、作成した非線形ニューラルネットワークモデル、線形重回帰モデルおよび金属類の生物リガンドモデルも含めて、種の感受性分布推論手法の特徴や使用等をまとめた評価ガイドランスを作成し、公開した。

6) 用途群別リスクトレードオフ評価書の作成

溶剤・溶媒および金属類のリスクトレードオフ評価書を作成し、公開するとともに、物質代替に伴う化学物質のリスクトレードオフ評価に関連する事項について解説したリスクトレードオフ解析技術指針を作成した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リスクトレードオフ、排出シナリオ文書、環境動態・暴露モデル、有害性推論、評価書

[研究題目] 低炭素社会を実現する超軽量・高強度革新的融合材料プロジェクト (NEDO 交付金以外分) ナノ材料の安全・安心確保のための国際先導的安全性評価技術の開発

[研究代表者] 山本 和弘

(計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 山本 和弘、吉田 智子

(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

ナノ材料の体内分布の定量化に関して、光学顕微鏡によるミリメートルオーダーの生体組織の広視野の観察からナノ材料の存在する部位を特定し、その部位を透過型電子顕微鏡によりサブナノメートルオーダーの高分解能で観察する手法の確立を目的とする。ナノ材料の生体暴露の最初の臓器である肺を対象として、通常の光学顕微鏡切片プレパラートを用いて X 線プローブによる元素分析手法を検討した。

X 線を10μm 径のコリメーターで収束する事により分析の空間分解能を向上させ、蛍光 X 線分析および元素マッピングを行った。TiO₂ ナノ粒子分散液をラットに気管内注入し、3日後の肺組織の光学顕微鏡切片を用いた。Ti の L 線 (526eV) の蛍光 X 線強度のマッピング像解析の結果、TiO₂ ナノ粒子が気道に留まるのではなく末端の肺胞まで侵入すること、TiO₂ ナノ粒子が肺内の局所的に多く取り込まれていることがわかった。本手法を用いて光学顕微鏡観察と組み合わせることにより、TiO₂ ナノ粒子の局在部位を詳細に調べることが可能になる。

さらにミリメートルオーダーの肺組織の広視野の観察からナノ材料を分析する技術を開発するため、肺組織の通常の光学顕微鏡切片プレパラートから任意の部位を透過型電子顕微鏡観察する手法を検討した。通常の光学顕微鏡切片はパラフィン包埋後に薄片化されるが、パラフィンは電子線照射に弱いために電子顕微鏡観察のためには電子線照射に強いエポキシなどの樹脂に置換する必要がある、その手順を策定した。策定した手順により光学顕微鏡切片からの電子顕微鏡試料作製と、ナノメートルオーダーの元素分析が可能であることを確認した。光学顕微鏡観察および透過型電子顕微鏡観察を組み合わせることで、肺組織中でのナノ粒子の局在の把握が可能となった。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] TEM、ナノ粒子、有害性、リスク評価

〔研究題目〕 ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発

〔研究代表者〕 石井 順太郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 石井 順太郎、山田 善郎
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

ハイパースペクトルセンサの打ち上げ前校正及び、打ち上げ後（機上）校正の信頼性向上に資するための、標準技術、校正技術、評価技術を開発する。特に、400 nm～2500 nm の広範な波長域における高分解能なセンサ感度校正・評価を可能とするため、新たな高輝度標準光源技術、高精度分光放射輝度比較技術、及び、衛星センサデータの国際的整合性を確保・検証するための SI 単位トレーサブルな校正技術並びに、不確かさ評価技術の確立を目指す。平成23年度においては、高精度分光放射輝度測定・評価技術の開発と高輝度標準光源の開発に関し、①相対分光応答度の精密測定技術の開発、②高輝度標準光源の性能向上、③輝度比較校正技術の開発、及び④地球観測センサ校正に関する SI トレーサビリティ要求動向調査に取り組んだ。①については、広帯域高輝度白色光源（スーパーコンティニューム光源）を分光器光源に用いハイパースペクトルセンサ評価への適用可能性を試験・確認した。さらに分光器射出光を波長計にて連続的波長測定することで測定波長精度を飛躍的に向上できる見通しを得た。②については、400 nm 付近までの短波長域の高輝度標準光源としての金属-炭素系合金による大口径定点セルを開発に関し、前年度の成果をふまえ、頑健性高と定点温度の高温化に取り組んだ。③については、衛星センサ校正用の積分球光源等の分光放射輝度の校正・評価を高精度に実施するための高精度分光放射輝度比較装置の高度化及び、光源装置の校正検証・相互比較測定への適用を目的として、移送可能な小型分光放射輝度計の試作を行った。④については国際会議 SPIE/Optics+Photonics および NEWRAD に参加し関連情報収集を行い、当分野における SI トレーサビリティに関する規格がすでに完了し実効的に使われ始めていることが明らかになったほか、機上相互校正における参照標準を目指す高精度地球観測衛星（TRUTHS, CLARREO）プロジェクトに関する最新情報を入手した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 地球観測衛星、校正、標準、光源、輝度比較

〔研究題目〕 ハイパースペクトルセンサの校正・データ処理等に係る研究開発

〔研究代表者〕 土田 聡（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 土田 聡、中村 良介、山本 浩万、
山本 直孝、亀井 秋秀、中村 和樹
（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

ハイパースペクトルセンサは、従来のセンサと比べて対象物の性質を詳しく分析することができるため、「宇宙にかかる技術の産業（資源確保・防災・環境等）利用への拡大」が期待される。本研究では、ハイパースペクトルセンサを活用するために不可欠な校正技術及び得られたデータの処理技術の開発を実施するとともに、その効率的な地上処理システムの検討、今後同センサを有効に活用する上で解決すべき課題の洗い出し等を実施する。

特に、現在、次期衛星センサとして経済産業省が開発中の高精度ハイパースペクトルセンサ及びマルチスペクトルセンサ（HISUI）に対して、その「校正技術」、「データ処理技術」および「地上処理システム」の研究開発を実施する。

平成22年度から始まった2年目のプロジェクトであり、校正技術の研究開発として、代替校正、相互校正、および月校正についての研究を進めた。代替校正については、豪州サイトの代替校正サイトとしての妥当性、標準反射板に付着する水の影響、さらに、連続波長用の標準反射板値付けについての問題点を明確にし、これを補正・修正する簡易な方法を提案した。相互校正については、校正のための標準サイトの利用を視野に入れ、実現可能な3タイプ（同一衛星搭載センサ・NIST 衛星・他国ハイパースペクトルセンサ）に分けて検討を行った。月校正については、月を基準光源として用いる輝度校正についての予備的な調査・検討を開始した。

データ処理技術の研究開発については、HISUI の「幾何・放射量補正プロダクト（L1）」および「大気補正済みプロダクト（L2）」の作成方法の検討を実施した。L1については、HISUI の特性調査・必要情報の抽出、そのアルゴリズム基準書作成にかかる情報収集、スマイル、キーストーン特性のデータベース化および補正方法の検討、センサ視差の処理方法についての検討、そして、分光計を用いての機上校正フローのシミュレーションを行った。L2については、大気データを必要としない相対反射率として、正規化反射率を提案し、その変動特性を把握した。また、地上検証測器としてデジタルカメラを放射計として利用するための、計測法、データ処理法を開発した。

地上処理システムの研究開発については、データストレージ系システムとデータ処理系システムに分離した地上処理システムについて評価を行った。また、複数の地上処理システムを連携させるために、地理空間情報に関する標準化を行っている Open Geospatial Consortium（OGC）が策定しているカタログサービスの標準規格について適用の検討を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 衛星画像、校正・検証、画像補正、地上処理システム、ハイパースペクトルセンサ、HISUI

〔研究題目〕 ライフサイエンスデータベースプロジェクト

〔研究代表者〕 今西 規（バイオメディシナル情報研究センター）

〔研究担当者〕 今西 規、五條堀 孝、村上 勝彦、武田 淳一、野田 彰子、羽原 拓哉、遠藤 智宏、山崎 千里、世良 実穂、原 雄一郎（常勤職員1名、他9名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは、経産省関連の国家プロジェクト等により産生された研究データの統合的活用を図るため、それらの便覧（カタログ）、横断検索機能、およびアーカイブを作成し、これらの情報をポータルサイトMEDALSより提供することを目的とする。平成23年度の目標として、便覧にデータベース等成果物を15件追加すること、横断検索の対象データベースを5件追加すること、アーカイブに5件追加することを設定した。

便覧に成果物を追加するための調査は、経済産業省やNEDO等の公開情報を元に、各研究開発プロジェクトのリーダーや担当者にコンタクトして実施する。成果物としてデータベースやソフトウェア等が存在する場合には便覧に掲載し、さらに横断検索の対象とするようにデータ整備を行う。

今年度の成果としては、まず、ポータルサイトMEDALSの運営を継続的に実施した。便覧には新たに17件を追加でき、合計で146件の情報を提供した。横断検索には12件、アーカイブには5件のデータベースをそれぞれ追加した。そのほか、世界の有用なデータベース間のID対応情報を整理してデータベース化しているが、新たに16種のデータIDを追加して合計69種類を対象とした。さらに4回のデータベース講習会や学会ブースでの広報活動、ユーザアンケート、モニター調査、学会における技術動向調査を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 統合データベース、バイオインフォマティクス

・地層処分技術調査等委託費

〔研究題目〕 地層処分共通技術調査：沿岸域塩淡水界・断層評価技術高度化開発

〔研究代表者〕 丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、越谷 賢、伊藤 成輝、小原 直樹、吉澤 拓也、西崎 聖史、内田 洋平、楠瀬 勤一郎、内田 利弘、上田 匠、横田 俊之、吉岡 真弓、古宇田 亮一（常勤職員9名、他6名）

〔研究内容〕

東日本大震災の影響を受け、本年度は現地調査が大幅に制限されたが、以下の成果を挙げることができた。

塩淡水境界／地下水総合評価技術の開発に関しては、北海道幌延町の沿岸域において1000mのボーリング調査を実施している。本掘削で得られた地質試料に対して、花粉分析、CNS分析、土質試験、針貫入試験、透水試験等を実施した。また、地質との吸着度の違いによる地下水の性状を考慮して、pF値の違いによる地下水（間隙水）試料を採取した。比較のため圧縮法による間隙水の採取も実施し、一般水質試験や同位体分析を実施した。この結果、特に深部環境においては水理境界が明らかに地質境界と異なることがわかり、地下水環境の長期的な安定性評価が大きく前進した。さらに、水理試験や広域超長期地下水流動解析を実施した。その結果、浅海域海底電磁探査によって発見された海底下の淡水地下水領域が形成されたのは氷期の地下水流動によるものであり、海底下の地下水が超長期的に安定して存在していることが判明した。

沿岸域地質構造／断層評価技術の開発に関しては、平成22年度までに開発した海底電磁探査装置を用いた浅海域における調査の実施に主眼を置き、新たに取得される海底電磁探査データとこれまでに取得した海域探査データと陸域の電磁探査データを統合して解析し、海陸接合の比抵抗構造モデルを拡張した。また、本業務において昨年度までに掘削された深部調査井の試料分析結果を参照し、物理探査結果の解釈を実施し、断層構造や塩淡水境界に関する地質構造モデルを改訂した。主な研究実施内容は、以下のとおりである。

- ・平成22年度まで開発・改良した浅海用海底電磁探査測定装置を用いた追加調査と作業手順の再検討を実施した。
- ・平成19年度に取得した陸域電磁探査（MT法）データおよび平成22年度に取得した海底電磁探査データを合わせた2次元比抵抗構造解析を行った。
- ・新規物理探査結果を加えて、幌延沿岸域の地質構造モデルを改訂した。

関連データベースの開発においては、全国の平野と盆地における堆積層データベースを完成させ、地下水賦存量や各地の地下水流動解析を実施した。この結果、安定した地下水の存在する領域を示すことに成功し、カスタマイズされた地下水データベースと合わせ、本事業に資するデータベースを発信できるようになった。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 沿岸域、深部地下水、物理探査、断層評価、長期安定性

〔研究題目〕 地層処分共通技術調査：海域地質調査技術高度化開発

〔研究代表者〕 丸井 敦尚（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 丸井 敦尚、町田 功、井川 怜欧、越谷 賢、伊藤 成輝、小原 直樹、吉澤 拓也、西崎 聖史、内田 洋平、

楠瀬 勤一郎、内田 利弘、上田 匠、
横田 俊之、吉岡 真弓
(常勤職員8名、他6名)

【研究内容】

我が国では、これまでの原子力エネルギー利用に伴い既に放射性廃棄物が発生しており、この処理処分対策を着実に進める必要がある。高レベル放射性廃棄物等の地層処分については、「原子力政策大綱」等に沿って、国、研究開発機関等がそれぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で基盤研究開発を着実に進めていくこととしている。しかし、沿岸域（とくに浅海域）では、これまでは物理探査などの調査が困難であることから断層等の地質構造調査が十分になされてこなかった。沿岸域に潜在する断層は、地質学的な安定性を欠くばかりでなく、深層地下水の流路として核種の選択的な移行経路になる可能性がある。沿岸域が処分場の候補地となる可能性がある以上、沿岸域に係る調査法や既存データの再解析法の適用性や信頼性を向上させる必要があると考え、本委託事業「海域地質環境調査技術高度化開発」は、原子力発電環境整備機構（NUMO）の強い要請を受け、平成19年度より開始している「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」の発展的な研究課題として、前述の全体計画のうち「地質環境特性調査評価技術」における要素技術の開発・改良・高度化研究の一つとして位置付けられた。

平成23年度「海域地質環境調査技術高度化開発」は東日本大震災の影響を受け、地下水流動解析のみの予察的な研究にとどまったが、以下の成果を上げた。

- ・堆積平野の沿岸海域には、そこに海底湧出地下水があるように、淡水地下水領域があることが物理探査により観測されている（産業技術総合研究所による「沿岸域塩淡境界・断層評価技術高度化開発」）。本研究課題では、これを広域・超長期的地下水流動解析から証明した。
- ・また、地質境界と水理境界が一致しないことが同様に示されているが、これを解析的に考察し、動的初期条件を使うことで海水準変動を繰り返す沿岸域の地下水環境を解明（再現）することができた。

【分野名】地質

【キーワード】沿岸域、海域調査、地質調査、
水理調査、海上ボーリング

・石油資源遠隔探知技術研究開発

【研究題目】石油資源遠隔探知技術の研究開発

【研究代表者】土田 聡（情報技術研究部門）

【研究担当者】土田 聡、松岡 昌志、中村 良介、
岩男 弘毅、山本 浩万、児玉 信介、
竹山 優子、亀井 秋秀、中村 和樹
(常勤職員7名、他2名)

【研究内容】

石油等の資源開発および関連する環境管理等の分野においては、人工衛星データ利用技術の研究開発により我が国のエネルギー安定供給の確保に資することが期待されている。

本研究は、このエネルギー安定供給確保に資するため、経済産業省が開発した衛星搭載型地球観測センサ ASTER 及び PALSAR を主に用いて、衛星データの処理・解析技術の先端的研究開発を実施するものである。

産総研の複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、次世代アーカイブシステムの構築、画像データの校正・検証・補正技術および処理・解析技術の高度・高精度化の研究・技術開発を担当している。

平成17年度より始まった7年目のプロジェクトであり、次世代アーカイブシステムの構築については、システム改修により、アーカイブを担うクラスタと処理を担うクラスタを分離するとともに、一部の処理を Virtual Machine 化し、必要な計算リソースを動的に内外から確保して実行できるようにした。また、産総研が開発したソフトウェア AIST Catalogue Service for Web (CS-W) を用い、ASTER および PALSAR データのカatalog情報整備を実施した。処理・解析技術の先端的研究開発の研究については、平成22年度に引き続き ASTER および PALSAR センサの校正・検証を行い、衛星画像の精度維持・高精度化を図った。ASTER 可視近赤外バンドの校正・検証および補正の技術開発研究については、代替校正の他に相互校正も実施し、その結果、オンボード機器自体の劣化も念頭に入れるべきことを示した。ASTER 熱赤外バンドの代替校正およびその放射率プロダクト生成アルゴリズムの研究については、代替校正および検証実験を行った。その結果を総合的に判断すれば ASTER/TIR の機上校正は異常なく機能していると推察された。ASTER 雲量推定に関しては MOD35プロダクトによる雲マスクを毎日生成して各 ASTER 画像の雲量を再判定し、プロダクト検索の際に役立てられた。また、ミッション解析用に、昼夜の ASTER 晴天観測回数マップや観測成功率マップを作成した。PALSAR センサの校正観測については、2011年4月22日衛星運用停止までに取得された PALSAR データと CR を用いる校正観測結果に基づき、PALSAR データβのラジオメトリック校正係数の精度評価を実施した。また、偏波校正に関しては、都市構造物を3面コーナーリフレクタと H 偏波の偏波選択性ターゲットとして取り扱えることを確認した。PALSAR 高度利用技術については、地質情報推定アルゴリズム、DEM 生成、干渉 SAR 技術および画像再生処理技術の研究開発を進めた。地質情報推定アルゴリズムでは、土壌水分とラフネスの推定アルゴリズム開発を行った。DEM 生成技術については、異常値除去を繰り返すことにより、位相アンラップエラー画素を効率よくのぞくことができることが分かった。また、干渉 SAR

技術に関する研究では、ベクトル合成の手法を用いることで観測精度が向上することが分かった。さらに、画像再生処理技術の研究については、SAR 画像再生アルゴリズムや各種補正方法の研究開発を一貫して行えるようにした。地理空間情報の高度化・高精度化技術の研究については、10万人以上の都市3372箇所についての都市マップの製品化に向けた品質評価システムとそのデータ修正システムの開発と運用を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】衛星画像、校正・検証、画像補正、地理空間情報、グリッド技術、ASTER、PALSAR

【研究題目】石油資源遠隔探知技術の研究開発事業

【研究代表者】浦井 稔（地質情報研究部門）

【研究担当者】浦井 稔、二宮 芳樹、脇田 浩二、加藤 敏、高山 順子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

中国新疆ウイグル自治区タリム盆地西南部地域の広域 ASTER モザイク画像や岩相鉱物解析図（ASTER 石英指標マップ・ASTER 炭酸塩鉱物指標マップ・ASTER 苦鉄質指標マップなど）を作成した。昨年度実施したタリム盆地西北部地域を対象とした研究結果と併せて、タリム盆地西部地域全体の広域マッピング結果が得られた。それを既存の地質情報と比較することにより、当地域における石膏等の鉱物分布状況が明らかになった。また、石膏分布の地質学的意義や資源探査的価値を評価した。東アジア各国と協力して、500万分の1アジア国際数値地質図（IGMA5000）の最終原図を作成した。東アジア地域（島嶼部及び海域）において、日本-ロシア、日本-韓半島それぞれの境界域やインドネシア・マレーシア・フィリピンの海域・陸域の地質図を地理情報システム（GIS）を使用し最終調整を行った。またその地質の解説文を作成した。

グローバル衛星 DEM データセット作成については、GEO Grid システムを使用して、中央アジア・ヨーロッパの時系列 DEM・オルソデータセットを作成した。

【分野名】地質

【キーワード】リモートセンシング、衛星利用技術、ASTER、熱赤外、石油資源、東アジア、タリム盆地、岩相鉱物解析図、画像モザイク、オルソ画像、GEO Grid

・中小企業支援調査委託費

【研究題目】キッズデザイン製品開発支援事業

【研究代表者】西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山中 龍宏、西田 佳史、堀 俊夫、本村 陽一、北村 光司、多田 充徳、

持丸 正明、河内まき子（常勤職員7名、他1名）

【研究内容】

我が国では、1歳から14歳までの子どもの死因の第1位が不慮の事故であり、この不慮の事故によって0歳から19歳の子どもの年間約1,200人、命を落としている。また、生まれてから3歳までの子ども約10人のうち8人は事故のために医療機関にかかるとされている。

少子化が進む現在、このような子どもの事故を予防し、安全かつ安心して子育てができる生活環境の整備は急務である。さらに、子どもの事故防止対策を施した製品の開発・普及は、我が国の子どもに対する安全・安心を高めるだけでなく、今後国外においてもこうした製品ニーズが高まるものであり、世界に先んじて取り組んでいくことが、我が国の産業競争力の強化にもつながる。また、こうした安全対策に積極的に取り組むことは、日本のものづくりのブランド化に向けても必要不可欠である。

そこで、本事業では、子どもを安全かつ安心して生み育てられる生活環境の整備に向けて、消費者庁・医療機関等に収集された事故情報をもとに、人間の特性・行動分析に強みを持つ研究者により原因究明等を行い、得られる科学的知見を企業や業界団体に提供することで、事故予防に配慮された安全・安心な製品開発や業界標準の作成を支援する。また、製品の選択や使い方等に関して社会全体への効果的な情報提供等を行うことを通じて、安全・安心設計のものづくりを産業界が積極的かつ持続的に推進していく体制の構築を目指すことを目的とする。

実施した内容は、以下の通りである。

1. 事故情報等の収集・データベースの拡充

（独）国立成育医療研究センターと連携して、平成18年度から継続している傷害サーベイランスシステムを用い、今年度は4,603件のデータを収集した。また、地域レベルにおける傷害発生の疫学的理解を目的とし、

（独）長崎医療センター・救命救急センターと共同で子どもの傷害情報を分析した。日本でも初めての試みとなる医療費を含めた地域レベルでの疫学的調査に取り組み、今後の傷害予防の取り組みを進めていくうえで、社会的影響をより正確に映し出すためのデータとして活用できるものとした。

2. 基盤整備プロジェクト

基盤整備プロジェクトでは、平成23年6月27日～7月25日の期間、企業・業界団体・その他の機関に対し、キッズデザイン製品の開発に必要なニーズや技術シーズを募集した。平成23年度は、応募があった64課題（28社・団体）について、頻度・重傷度・社会的ニーズ・一般知識化の可能性等を考慮して、27課題（23社・団体）を基盤整備プロジェクトとして実施した。以下に示すようなキッズデザイン製品開発に寄与するデータや技術が整備された。成果は、WEB（<http://www.kd-wa-meti.com>）から公開した。

- キッズデザイン製品設計支援ツール（子どもの身体寸法データブック、身体寸法チェック用メジャーなど）
 - 商業施設用ヒヤリハット・事故データ管理ソフトウェア
 - チャイルドレジスタント評価装置およびチャイルドレジスタントデータベースの拡充（薬ケースやライターの子供レジスタントのためのデータ）
 - 子どもの身体寸法・子どもの動作特性データベースの拡充（ドアの開閉力データ、自転車のブレーキ動作の反応特性、隙間の身体の通り抜け特性など）
 - 製品の危険を伝えるための表示に関する留意点の整理
 - 大人用遊具の安全性評価技術、空気膜構造遊具の安全性評価技術（反復的衝撃発生が可能なインパクトター）
 - 生体材料を用いた裂傷・切傷発生データ
 - 屋外遊具や床面材の滑りデータ
 - 生活不具合データベースの拡充（部屋の収納に関する不具合データ、被災時避難時の不具合データ、家電製品・コード類に関する不具合データ、キッチン・バス類に関する不具合データ、エクステリア類に対する不具合データなど）
3. プロジェクト周知のためのシンポジウム・研修会
平成23年6月27日、共通基盤整備テーマ研究の応募を促すため、企業・団体関係者や研究者向けに、これまでの共通基盤整備の成果などの情報発信を兼ねたシンポジウムを、六本木アカデミーヒルズ タワーホールにて開催した。
- 32ページのテキスト「ものづくりイノベーション“キッズデザイン”へのアプローチ」を制作、企業の設計者・デザイナーなど約100名を対象とした研修会を平成24年1月27日に開催した。また、この研修会において、本年度の基盤整備プロジェクトの中で実施した「デザイン・設計支援における支援ツール開発に関する調査とツール開発検討」の成果も発表した。
4. 共通基盤の利用やキッズデザインの導入を促進するための研修ツール作成
産業界におけるニーズ調査として、社団法人日本インダストリアルデザイナー協会（JIDA）を通じて、設計・デザインの現場ニーズをヒアリング、設計者・デザイナーの望む研修内容、ツール開発等に反映させた。また、有益な研修ツールを作成するために、産業界を中心とした有識者等で作成委員会を構成し、4回開催の委員会にて意見を聞きながら基盤整備を進めた。
5. 情報共有システムの開発
一般向け、専門家向けそれぞれのプロトタイプについて、後述の「情報共有システム整備委員会」等を通

じた評価に基づき、改修を実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、キッズデザイン、子どもの傷害予防、傷害サーベイランス、身体寸法データベース、シミュレーション、リスクアセスメント技術、オープンイノベーション

・科学技術戦略推進委託費

【研究題目】重要政策課題への機動的対応の推進及び総合化学技術会議における政策立案のための調査放射性物質による環境影響への対策基盤の確立農地土壌等における放射性物質除去技術の開発（プルシアンブルーを利用した環境からの放射性物質回収・除去技術等の開発）

【研究代表者】川本 徹（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】川本 徹、田中 寿、高橋 顕、保高 徹生（地圏資源環境研究部門）、北島 明子、Durga Parajuli、那 海濤、于 涓、徳丸 朋子（常勤職員4名、他5名）

【研究内容】

プルシアンブルーとして利用できるナノ粒子と顔料市販品である紺青について、吸着特性を明らかにすると共に、吸着機構を提案した。ナノ粒子は紺青に比べて吸着特性、吸着容量などに優れることが明らかとなった。また、ナノ粒子や紺青を使用した各種セシウム吸着材を開発した。特に、紺青担持不織布と、ナノ粒子担持綿布については、カラム材としても機能することを明らかにし、飯舘村での実証試験に提供した。ナノ粒子については、量産技術を確認すると共に、類似体の量産技術も合わせて開発した。

また、土壌に吸着されたセシウムを、3M 以下の低濃度の酸で洗浄することにより抽出できることを明らかにした。飯舘村非汚染土壌を使用した非放射性セシウムの実験では、特に固液比と洗浄時温度により抽出特性が大きく変わることが明らかになった。放射性セシウムを使用した実験では、飯舘村の土壌では非放射性セシウムと類似の抽出特性が見られるが、土壌性状により依存性があることが示唆された。

さらに、ポット試験により、プルシアンブルーを土壌に添加することで、農作物への放射性セシウムの移行を阻害できることがわかった。100g/m²の添加で84%の移行係数低減効果を確認できた。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】放射性セシウム、プルシアンブルー、除染、土壌

・二酸化炭素回収・貯蔵安全性評価技術開発事業

【研究題目】弾性波探査を補完する CO₂挙動評価技術の開発

【研究代表者】中尾 信典（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】中尾 信典、當舎 利行、奥山 康子、菊地 恒夫、杉原 光彦、西 祐司、雷 興林、相馬 宣和、徂徠 正夫、加野 友紀、船津 貴弘、石戸 恒雄、内田 利弘、及川 寧己、高倉 伸一、中島 善人、佐々木 宗建、上田 匠、宮越 昭暢、藤井 孝志、名和 一成、上原 真一（常勤職員19名、他3名）

【研究内容】

1) 弾性波補完モニタリング技術の開発

本研究では、重力、自然電位、AE（Acoustic Emission）などの多面的なモニタリング技術を CO₂地中貯留に適用し、弾性波探査（反射法など）を補完できるモニタリング技術を構築することで、長期的なモニタリングコストの低減を目指す。今年度は、大規模 CO₂圧入を計画している米国・南西部炭素隔離地域パートナーシップ（SWP）との関係を強化し、現地調査や米国内における許認可手続きを進め、テスト・サイト（米国ユタ州）において観測基点を設置し、ベースライン測定に着手した。比抵抗モニタリングについては、導入した浅海域海底電磁探査装置を用いて静岡県沼津市で測定試験を実施し、ノイズ等の検討を行った。

最適モデリング技術の開発では、数値シミュレーションにより計算される温度、圧力、CO₂飽和度等の変化量を、観測可能な物理量（理論計算値）に変換するプログラムの開発・整備を行い、長期 CO₂挙動予測の精度向上に寄与することを目指す。今年度は、汎用貯留層シミュレータ TOUGH2からの出力にポストプロセッサを適用できるよう TOUGH2用インターフェースの開発を行った。

2) 遮蔽性能評価技術の開発

ジオメカニクスを考慮した断層モデリング手法の開発では、ナチュラル・アナログ研究手法により、CO₂遮蔽性能に特化して断層のモデル化を進めることで、モデリング手法の確立を目指す。今年度は、前年度研究対象に選定した長野県松代地域の既存データを整理し、流体流動-ジオメカニクス連成解析用の地質初期モデルを作成するとともに、TOUGH-FLAC を用いて予備的計算を行い実観測に調和した結果を得た。また、北海道・苫小牧の坑井試料の摩擦強度を求める等の力学実験を行った。

CO₂移行性能評価技術の開発では、地中貯留用の地層となる砂泥互層に関して、CO₂長期挙動シミュレーションに資する地質モデリング手法の開発を目的とする。シール圧の評価手法の検討では、粒径を制御した

人工試料に対する浸透実験を実施した。その結果、シール圧に対する粒径分布の効果を明らかにした。化学的反応プロセスの評価では、CO₂地中貯留のナチュラル・アナログとみなされる炭酸泉および炭酸水素塩泉において現場反応実験を行い、炭酸塩鉱物の反応速度データを取得した。

【分野名】環境・エネルギー、地質

【キーワード】CO₂地中貯留、モニタリング、重力、自然電位、AE、米国 SWP、断層、モデリング、ジオメカニクス、ナチュラル・アナログ、砂泥互層、シール圧、地化学プロセス

・工業標準化推進事業委託費

【研究題目】戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業：医療用バイオチップ実用化促進に向けたヒト核酸の測定プロセスに関する国際標準化）

【研究代表者】関口 勇地

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】関口 勇地、川原崎 守、水野 敬文、野田 尚宏（常勤職員4名）

【研究内容】

本事業は、DNA マイクロアレイなどによるバイオチップ測定データの信頼性確保のため、ヒト由来生物試料の管理からバイオチップ測定まで、核酸標準物質を用いて一貫通貫で測定データの品質を保証するプロセスの確立することを目的としており、当研究部門は必要な核酸標準物質の整備と評価を実施した。ヒト検体由来核酸の分析の品質管理に利用する内部標準人工配列 RNA として、10種の人工配列を持つ RNA を合成し、その評価を実施した。合成、評価を実施した RNA は、共同実施機関である NPO 法人に候補標準品として供給した。次に、ガンの代表的マーカー遺伝子である EGFR、K-ras 遺伝子の検出における品質管理を想定し、EGFR および K-ras 遺伝子の野生型、および変異遺伝子配列（計8種）の遺伝子標準候補品を合成した。これらの塩基配列を持った DNA 鎖を pUC19ベクターに挿入したプラスミドを合成、精製した。上記遺伝子標準候補品はすべて直鎖状 DNA とし、その塩基配列をサンガー法およびパイロシークエンシング法で解析した。これらの物質についても RNA と同様に、NPO 法人に候補標準品を供給した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】国際標準化、核酸標準物質、バイオチップ、核酸計測、ヒト検体、DNA マイクロアレイ

【研究題目】平成23年度戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業／アクセシ

ブルデザイン（AD）の体系的技術に関する標準化

〔研究代表者〕 赤松 幹之（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 赤松 幹之、横井 孝志、倉片 憲治、関 喜一、伊藤 納奈、佐藤 洋、佐川 賢、水浪 田鶴、岡寄 治子、野田 景子、榊 和子、彦坂 理恵、亀田 真澄、三浦 絵美
（常勤職員6名、他8名）

〔研究内容〕

本事業では、JIS「高齢者・障害者配慮設計指針」シリーズ、ISO/IEC Guide71、及び ISO/TR 22411に基づいて、高齢者及び障害者のニーズに対応した製品やサービスに関する一連の国際規格原案を作成し、ISO に提案する。また、その目的のため、高齢者や障害者の人間特性データ収集のための実験等を行う。

平成23年度の実績は以下のとおりである。(1)「アクセシブルデザインー報知光」：高齢者・弱視者（ロービジョン）等を対象に報知光の分かりやすさ等に関する計測を行うとともに、現行製品の実態調査を行い、JIS 原案を作成した。(2)「柵等に関する高さ・幅・照度等アクセシブルデザイン考慮事項」：障害のある人々が製品展示に求める事項を実験的に検証し、JIS 素案を作成した。(3)「公共空間の音案内」の国際標準化提案に向けて、音案内の評価に関する海外比較調査を3カ国で実施した。(4)下記4件の標準化テーマについて追加実験等を行い、提案予定または現在審議中の ISO 規格原案の検討を行った：「年齢を考慮した色の組合せ方法（JIS S0033）」「触知図形の基本設計方法（JIS S0052）」「最小可読文字サイズ推定方法（JIS S0032）」「音声アナウンスの音量設定方法」。(5)下記2件の JIS の改正原案を作成した：JIS S0014「消費生活製品の報知音一妨害音及び聴覚の加齢変化を考慮した音圧レベル」、JIS S0031「視覚表示物一年代別相対輝度の求め方及び光の評価方法」。(6)その他、ISO/IEC Guide71の改訂、IEC における AAL（自立支援技術）等の国際審議に参画し、日本の意見を議論に反映させた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 高齢者・障害者配慮、ISO/IEC Guide 71、国際規格、JIS、感覚特性、身体特性、認知特性

〔研究題目〕 戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業：バイオセラミックスの再生医療用特性評価法に関する標準化）

〔研究代表者〕 本間 一弘（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 本間 一弘、三澤 雅樹、新田 尚隆、小阪 亮、林 和彦（常勤職員5名）

〔研究内容〕

再生医療の産業化においては製造販売される再生医療製品の性能と安全性、製造管理などを標準化することが望まれる。このため、再生医療製品の性能を試験するための手法として、MRI（磁気共鳴イメージング）および領域選択 MRS（磁気共鳴スペクトロスコーピー）を活用し、含水率 M_0 、緩和時間（ T_1 , $T_{1\rho}$, T_2 ）、拡散係数（ D ）、化学シフト δ 、局所血流の変化を評価し、化学的な結合状態の変化を評価して組織再生を推定する。組織再生は初期および前期には組織の化学組成の進展があり、後期には繊維化や組織特有の化学構造の構築が図られる。これらの過程において、エネルギーの供給を可能とする灌流の増大が図られる場合も想定される。このため、初期および前期は上記の特徴が観測される可能性を有する含水率および緩和時間（ T_1 , $T_{1\rho}$, T_2 ）を、後期においては組織繊維化を評価するための拡散係数 D の測定が必要と想定する。また、元素の結合状態は化学シフト δ を用いて試験でき、再生全期において測定することが望まれる。これらの検討結果は、当該分野の ISO 会議（ISO/TC 150/SC 7 会議（FLORIANOPOLIS, BRAZIL, 2011年9月13日））において「a future new work item proposal」として受理され、今後の検討が求められた。今後は文書化の後に各国と協議を行い、次年度の会議にて審議を図る。世界現状の動向を鑑み、関連産業の発展および国際競争力の維持増大のために、再生医療製品の性能評価を目的に標準化を図ることが妥当と判断する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療製品、性能評価、MRI、磁気共鳴イメージング、領域選択磁気共鳴スペクトロスコーピー

〔研究題目〕 国際標準共同研究開発事業：有機 EL、有機薄膜太陽電池用ポリマーフィルムのバリア評価技術・標準フィルムに関する国際標準化に係るフィージビリティスタディ

〔研究代表者〕 原 重樹（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕 原 重樹、原 伸生
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

我が国は、有機 EL の発光材料や有機薄膜太陽電池等の各種デバイス部材の開発において優位性を持っており、これらに不可欠なバリアフィルム開発においても他国より活発に検討がなされている。そこで本事業では、水蒸気に対するハイバリア性を持つポリマーフィルムの評価技術の国際標準化において諸外国をリードするため、その第一歩として ISO 国際会議で予備提案を行い、さらに次年度の本提案に向けて規格案を作成することを目的とした。

具体的には、ハイバリアフィルム評価技術に関わる国内外動向を明治大学および産総研で手分けして調査し、現状の課題の抽出・整理を行った。国際規格案に直結する市販評価装置の課題抽出・整理を中心とし、さらに最先端の評価技術、バリアフィルムに関わる市場などの収集をおこなった。

その結果に基づいてさらに2011年9月にマレーシアで開催される ISO 国際会議に出席し、予備提案を行った。ここで当該分野のキーパーソンとその動きを把握して今後の対策を練るとともに、互いの信頼関係につながるきっかけをつかんだ。これらの活動を通じて次年度の新業務項目提案 (NP) で始まる国際標準提案活動に向けた環境整備および具体的戦略の検討を行った。さらに明治大学と協力して国際規格案を作成した。

さらに、この調査活動を通じて国内関係者相互の情報交換を行い、国内関係者の信頼関係を醸成した。海外各国の個別事情など、新業務項目提案 (NP) の際に有用となる基本的情報の収集も行うことができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】フィルム、水蒸気バリア性、評価方法、国際標準化、国際規格、予備提案、新業務項目提案、有機 EL、有機薄膜太陽電池

【研究題目】国際標準共同研究開発事業：ナノ材料規格等に関する標準化

【研究代表者】水野 耕平 (計測標準研究部門)

【研究担当者】田中 充 (副研究統括)、水野 耕平、馬場 哲也、榎原 研正、櫻井 博 (計測標準研究部門)、湯村 守雄、岡崎 俊也、斎藤 毅 (ナノチューブ応用研究センター)、片浦 弘道 (ナノテクノロジー研究部門) (常勤職員9名)

【研究内容】

社会的に取り沙汰されている「ナノ材料のヒト・環境への安全性懸念」に対応するため、国際機関である ISO、OECD において、互いに協調してナノ材料の特性評価・リスク評価試験方法の規格化や、代表的ナノ材料14物質について安全性評価試験が始められようとしている。このようなナノ材料の生物影響・環境影響のリスク試験ニーズに対応し、信頼性ある試験結果を保証し、ユーザー及び規制側が国際的にも相互に信頼のおける利用形態を共有するため、試験能力保証のためのリスク試験用標準物質を開発し、当該標準物質規格の国際標準案を作成する。本年度は粒径、比表面積、化学組成等の物理的・化学的特性について長期安定性を中心に試験を実施した。また当該標準物質のコンセプトおよび製作法の ISO 規格 (TS) の作業原案を作成し、関係者合意の下 CD 投票に移行した (ISO DTS 16195)。

【分野名】標準・計測、ナノテクノロジー・材料・

製造

【キーワード】ナノ粒子、国際標準、安全性

【研究題目】戦略的国際標準化推進事業 (国際標準共同研究開発事業：テンプレート保護型バイオメトリクスの安全性評価に関する標準化)

【研究代表者】井沼 学

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】井沼 学、大塚 玲

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本事業は、テンプレート保護技術の安全性と認証精度の安全性評価基準を確立し、本質的な認証精度と安全性の向上を実現した国内の技術の正当な評価が実施できるように、事業内で確立した適切な安全性評価基準を盛り込んだ国際標準を提案することを目的とする。

バイオメトリクス認証は、一般に被認証者が生体情報をシステムに提示し、その生体情報をシステム内に保存された登録テンプレート (特定の個人情報と関連付けられて登録された生体情報) と照合することによって行われる。現行の多くの認証システムでは、登録テンプレートは、センサから採取した生体情報をそのままの形かあるいは特徴情報を抽出した形でシステム内に保存されている。例えば、指紋の場合は指1本分から読み取った生体情報 (画像のままか特徴点としてかに関わらず) をそのまま保存している。仮に、暗号化して保存していたとしても、入力生体情報との照合時に復号されて元の登録生体情報あるいは登録特徴情報がシステム内に現れてしまうため、照合を行うサーバ管理者の不正や管理ミスなどによって、元の生体情報が漏洩する危険がある。そこで、登録生体情報を変換し (暗号化も含めて変換と呼ぶこととする)、元の生体情報が復元出来ないようにすると同時に、照合時においても元の生体情報が現れないよう、変換したままで照合可能な認証方式が、画像処理的なアプローチや暗号理論的なアプローチなど種々のアプローチで提案されている。このような技術は、テンプレート保護技術と呼ばれ、国内外の多くの研究機関によって開発が進められている。

しかしながら、これまでに開発されてきた種々のテンプレート保護方式を統一的に評価できるような明確な安全性評価基準が未だ確立していない。よって、本提案事業では、国内に委員会を設置し、種々のアプローチから提案されているテンプレート保護技術を統一的に評価できる性能評価基準や評価手法の検討・策定を行い、国際標準規格案 (NWI) の提出への道筋をつける。

平成23年度は、設置した委員会において、日本として望ましい国際規格案の検討・策定を行った。また、関連学会 (BCC2011、IBPC2012等) に参加するなどして、最新の標準化及び技術動向を調査した。

さらに、平成24年1月に行われた ISO/IEC SC37プー

ケット国際会議において日本の規格案の要点をプレゼンし、新規規格提案に向けて各国代表との意見調整を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 バイオメトリクス、テンプレート保護、
キャンセラブル・バイオメトリクス、セ
キュリティ評価基準、国際標準化

〔研究題目〕 戦略的国際標準化推進事業（国際標準共同研究開発事業：燃料電池に関する国際標準化）

〔研究代表者〕 谷本 一美
（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 谷本 一美、山根 昌隆
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本事業は(社)日本電機工業会（JEMA）及び(独)産業技術総合研究所（産総研）が共同で実施し、JEMA が事業全体を統括した。産総研は「マイクロ及び可搬型燃料電池システムからの排気に係る安全性評価試験方法に関する基盤技術開発」の部分を担当した。携帯電話機等の人体近傍で使用される機器に内蔵されたマイクロ燃料電池からの排出物に係る国際的な安全性評価試験方法を現行のものからより合理的なものに見直すための提案に資する実証的データの取得を目的とした。上記マイクロ燃料電池使用時に、呼吸動作、人体発熱等に起因する気流擾乱を伴った局所的効果（ローカルイフェクト（LE））による、同電池からの排出ガスの人体への吸引に対する影響の評価方法を検討している。このため静穏な風洞内に設置したサーマルマネキン（TM）（今回は無発熱）、または現行試験方法のようなサンプリング管直接吸引やそれに顔面模擬用遮へい板を装着してのガス吸引実験を行った。その結果、TM に呼吸動作させた場合は現行の国際規格試験方法のような連続吸引時に比べ吸入量／排出量の値が小さくなった。顔面による遮へい効果については、アルミ遮へい板を装着したサンプリング管によるガス吸引の方が遮へい板なしの場合に比べガスの吸入量／排出量の値が高くなった。これは現行試験方法ではヒトの顔面の影響を反映できていない可能性を示唆している。一方、サンプリング管径の違いがガス吸引結果に影響を与える可能性は小さいと思われた。以上のように、現行国際規格の定める LE 試験方法では、実際の人体が吸引するガス濃度を正確に評価する上でさまざまな課題を含んでいることが実験的に示された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 マイクロ燃料電池、排気、安全性、国際標準

〔研究題目〕 国際標準共同研究開発事業：多様な再生医療製品の製造に対応可能な除染接続手段に関する標準化

〔研究代表者〕 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 弓場 俊輔、田所 美香、笹尾 真理
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

目標：

大阪大学、澁谷工業株式会社との共同研究によって、再生医療製品無菌製造システムの構築を目指し、細胞培養等の機器類を無菌的かつユニバーサルに組合せ・脱着するためのインターフェース（除染接続手段）の開発・標準化を行う。

研究計画：

除染接続装置の実用性を検証するため、まず、除染能力評価手法を確立する。

具体的には、装置内部および装置接続部の清浄度、すなわち浮遊微粒子濃度測定、浮遊一般細菌に対する培養試験、感染評価試験等、これら従来、セルプロセッシングセンターで行ってきた環境試験の方法を除染接続装置評価用へ最適化させる。さらに、除染に用いるガスの残留の可能性も想定し、細胞安全性（死細胞数評価、細胞増殖能、細胞分化能等）に対する評価手法も確立する。

こうして確立した手法を用いて実際の除染接続装置のプロトタイプが作る環境の清浄度を評価するとともに、除染後の環境における培養細胞の安全性評価を行う。

年度進捗状況：

アイソレータを用いて除染能力評価手法の確立を行った。除染機能の評価、清浄度評価および除染剤の評価を行い、機内環境の評価項目を決定した。また、確立した評価手法を基に、プロトタイプおよび接続した各装置の除染機能評価、清浄度評価および除染剤の残留評価を行った。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 再生医療、製造システム

〔研究題目〕 戦略的国際標準化推進事業／標準化研究開発／カシミア繊維の試験方法に関する標準化

〔研究代表者〕 町田 雅之（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 町田 雅之、小山 芳典、小池 英明、
関口 勇地、野田 尚宏
（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

カシミア繊維について、DNA を用いて類似のヤクやヒツジの繊維とを効率的に鑑別する試験方法を開発、国際標準化を ISO/TC38/WG22に提案することを目標としている。カシミア製品において、カシミア表示が誤っている場合、類似のヤクやヒツジが用いられていることがほとんどである。このため、カシミアの毛を、目視により鑑別の難しいヒツジおよびヤクのものとは効率的に鑑別する方法の開発が必要である。これらは異なる生物種であるので、ゲノム DNA 配列に基づいて識別することが確

実である。本年度の事業により、カシミア等の鑑別対象種について、混合されていない単一の個体由来の獣毛の試料を採取した。この試料から DNA を調製してライブラリーを作製し、各個体由来の DNA の塩基配列を決定した。こうして得られた個体間の比較情報と塩基配列の保存性の推定などによって、識別候補部位の絞り込みを行った。さらに、実際に獣毛を用いた評価を実施して、良好な識別部位を特定し、実サンプルを用いた国内手合わせ試験を実施した。これらの実績に基づいて、詳細な試験手順を含む NWIP 提案を行い、ベルリンでの WG22の会合を経て、3月の WG22での投票によってこの提案に対する賛同を獲得した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 カシミア、国際標準化、DNA、種鑑別、塩基配列

【研究題目】 VOC 検知器評価法の国際標準化

【研究代表者】 松原 一郎
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 松原 一郎、伊藤 敏雄、申 ウソク、
伊豆 典哉、橋本 めぐみ
(常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

揮発性有機化合物 (VOC) はシックハウス症候群の原因物質であり、室内環境や作業環境を安全に保つために簡易型 VOC 検知器を用いたその場モニタリングに対するニーズが高まっている。しかし、簡易型 VOC 検知器の評価法は確立されておらず、各メーカーが独自の手法で評価しているのが現状であり、測定結果の信頼性に関する客観的なデータは提供されていない。

本事業では、VOC 検知器評価法の国際規格の制定を目指し、ISO/TC146 (大気) /SC6 (屋内空気) の中で ISO16000-29 “Test methods for VOC detectors” の CD 原案の審議経過を踏まえ DIS 原案を作成する。

当該標準化事業の実施に当たり、上記目標を達成するために各種 VOC 検知器を用いた評価法の検証、国内委員会活動及び国際会議活動を行った。各種 VOC 検知器を用いた評価法の検証では、特にパーミエータを用いて作製した評価ガスの有効性について検証し、ガスボンベから作製した評価ガスと同等の評価が可能であることを確認した。4成分および6成分の同時発生においてガスボンベと同等の試験ガス濃度を得るため、有機溶剤を注入するガラス製容器の断面積と長さを再調整し、専用の拡散管を作製した。発生した試験ガスの評価については、GC/MS を用いて分析し、その濃度を担保した。分析結果から、拡散管の断面積と長さを変更することで各成分の含有率の調整が容易に出来ることが判明した。これにより、改めてパーミエータ法による評価方法の有効性が確認でき、今後更なる調整でガスボンベとほぼ同等の混合ガスの作製が可能であることを示した。

また、TC146/SC6/WG16会議では、各国からの WD 案へのコメントに対応したドラフトの修正を行い、CD 化の承認を得ることが出来た。

以上の結果より、評価法の実験的な検証を行い、作成中の規格案に適切に反映させ、目標に定めた ISO16000-29 “Test methods for VOC detectors” の CD 化を達成し、DIS 案配布の見通しを得た。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ガスセンサ、揮発性有機化合物、評価法、国際標準化

・エネルギー使用合理化技術開発等

【研究題目】 密閉型植物工場を活用した遺伝子組換え植物ものづくり実証研究開発

【研究代表者】 松村 健
(ゲノムファクトリー研究部門)

【研究担当者】 安野 理恵、田坂 恭嗣、福澤 徳穂、
松尾 幸毅、松村 健
(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

目標：

医薬品等に利用するタンパク質を、遺伝子組換え植物により効率的に生産するための基盤技術を確立することにより、二酸化炭素排出削減効果のある省エネ型革新製造プロセスを確立するとともに、次世代ものづくり産業基盤を構築することとする。

研究計画：

Cucumber mosaic virus (CMV) ベクターを用いて、アグロインフェクションにより植物に導入・高発現させる技術開発を開発する。

年度進捗状況：

(1) 「植物ウイルスとアグロバクテリウムによる高効率植物発現システムの開発」

Cucumber mosaic virus (CMV) ゲノム (RNA1、2、3) の各々の遺伝子を植物へ導入可能なアグロバクテリウムを作製し、これらの菌体を同時に *Nicotiana benthamiana* へ接種するアグロインフェクションを行った結果、CMV の全身感染が成立することを確認した。また、CMV RNA3 を導入した形質転換 *N. benthamiana* を作出し、CMV ベクターの RNA1と2を接種した結果、形質転換タバコの核染色体に導入された CMV 遺伝子が CMV の増殖に補完的に機能することが明らかになった。

(2) 「超感受性植物の開発」

サイレンシング関連遺伝子である AGO1、AGO4、DCL2、DCL4の部分配列を *N. benthamiana* より単離し、遺伝子抑制用ベクターの構築、遺伝子抑制用アグロバクテリウムの作成を行った。また、CMV ベクターによって、サリチル酸生合成に重要な isochorismate synthase (ICS) と phenylalanine

ammonialyase (PAL) 遺伝子の発現を低下させる研究を行った。その結果、両遺伝子をコントロール植物の1/10程度まで低下させることに成功した。この植物ではウイルスの蓄積量も増加していた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子組換え植物、抗体、遺伝子発現抑制

・石油精製業保安対策事業

【研究題目】 高圧ガスの危険性評価のための調査研究

【研究代表者】 椎名 拓海 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 椎名 拓海、土屋 健太郎、緒方 雄二、和田 有司、久保田 士郎、堀口 貞茲、江渕 輝雄、金 東俊、

Wahyudi Sugeng

(常勤職員5名、他4名)

【研究内容】

最近問題となっている支燃性ガスを含む様々な混合ガスの爆発事故について、被害程度を予測出来るシミュレーション技術を構築するため、実験的計測によりガス爆発現象の解析・評価を行った。本研究は、支燃性ガスと燃料ガスの火炎伝播速度評価と、球形火炎の火炎伝播速度加速現象評価からなり、それぞれ東京大学大学院三好准教授と、東京大学大学院土橋教授・山形大学大学院桑名准教授と連携して行った。

支燃性ガスとして、フッ素、亜酸化窒素と近年爆発事故が報告されている三フッ化窒素に、燃料である水素、メタンを密閉容器内で混合して点火し、圧力上昇速度から火炎伝播速度を計測した。また計測した火炎伝播速度を化学反応モデルによるシミュレーションで再現するための詳細反応機構を構築した。

ガス爆発事故の爆風被害を予測するための技術として、球形火炎の球径が大きくなるに従い加速する火炎伝播速度を再現するためのシミュレーション技術を獲得するため、代表的な燃料として水素、メタン、プロパンと空気の子混合気に点火し高速度カメラにより火炎伝播速度の球径依存性を計測した。また、球径が大きくなるに従い乱流燃焼により増大する火炎面積をフラクタル次元を用いて表すシミュレーションを構築した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 高圧ガス保安、ガス爆発、被害予測、支燃性ガス、フッ素、亜酸化窒素、三フッ化窒素、水素、メタン、プロパン、化学反応モデル、詳細反応機構、火炎伝播速度、火炎加速、フラクタル、シミュレーション

・医療機器等の開発・実用化促進のためのガイドライン策定事業

【研究題目】 医療機器に関する開発ガイドライン作成

のための支援事業

【研究代表者】 赤松 幹之 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 赤松 幹之、本間 一弘、山根 隆志、鎮西 清行、鷲尾 利克、岡崎 義光、廣瀬 志弘、山下 樹里、木山 亮一 (バイオメディカル研究部門)、片岡 正俊、弓場 俊輔 (健康工学研究部門)、坂無 英徳 (情報技術研究部門)、本間 敬子、梶谷 勇 (知能システム研究部門) 榎田 創 (エネルギー技術研究部門)、池原 譲 (糖鎖医工学研究センター) (常勤職員16名)

【研究内容】

次世代の医療機器を早期に臨床導入するためには、円滑な機器の開発、迅速な薬事審査、市販後の安全維持を総括的に検討すべきで、これらは関連する産業の発展、国際競争力の強化、安心・安全な機器の利用、国民のQOLの向上に大きく寄与する。本研究は、円滑な機器の開発と迅速な薬事審査への寄与を目的とした開発ガイドラインを策定することにある。平成23年度は8課題 [再生医療分野 (細胞シート)、再生医療分野 (性能評価技術)、体内埋め込み型材料分野 (高生体適合性インプラント)、ナビゲーション医療分野 (手術ロボット)、テーラーメイド医療用診断機器分野 (遺伝子発現解析用DNAチップ)、画像診断分野 (コンピュータ診断支援装置)、運動機能回復訓練機器分野 (運動機能訓練用医療機器)、プラズマ応用技術分野 (プラズマ処置機器)] を設定し、各々に対して技術的側面から検討した。その結果、2件の開発ガイドライン (「カスタムメイド人工膝関節」「ヒト細胞・組織の搬送に関するガイドライン」) を策定し、2件の開発ガイドライン (「遺伝子発現解析用DNAチップ」「CADソフトウェアの品質管理」) を改訂した。

また、運動機能回復訓練機器分野 (運動機能訓練用医療機器)、プラズマ応用技術分野 (プラズマ処置機器) は国内外の技術的動向や諸外国における製造販売承認申請および審査に関して調査・分析した。

本事業において策定した開発ガイドラインの普及を図った。経済産業省・厚生労働省・国立医薬品食品衛生研究所と連携主催したガイドラインセミナーを開催し、また、学会発表や工業会への説明などを通して成果の普及に努めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 医療機器開発ガイドライン、再生医療、手術ロボット、トレーニング、生体親和性インプラント、コンピュータ診断支援

・基準認証研究開発委託費

【研究題目】 リアルタイム・キャリブレーション技術

の研究開発

〔研究代表者〕 瀬田 勝男（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 瀬田 勝男、藤木 弘之、山田 達司、
昆 盛太郎、天谷 康孝、神代 暁、
佐々木 仁、山森 弘毅
（常勤職員8名）

〔研究内容〕

（研究目標）

電気標準の中でも特に環境に依存しないジョセフソン電圧標準と薄膜型サーマルコンバータ交直変換標準を利用して、長期間校正不要な電気標準校正システムを開発した。リアルタイム・キャリブレーション装置は、汎用電気計測器の電圧・電流・電力などの複合量を一括して校正を行うことができ、生産現場ユーザーにとって校正業務の負担軽減が可能となる。開発は以下の4つの要素課題に分けて実施した。

（研究成果）

(1) 薄膜型サーマルコンバータの開発

耐久性能を改善した薄膜型サーマルコンバータ素子の低周波特性と経年特性の評価を行った。その結果10 Hz から100 kHz の周波数範囲において、5 ppm 以下の優れた周波数特性と2 ppm 以下の安定な経年特性を実現した。合わせて、素子の耐環境性に関する評価を行い、温度、湿度、圧力の過酷な環境下での安定な連続動作を確認した。

(2) 複合量任意信号源回路の開発

複合量任意信号源回路の開発では、昨年度開発したエラー補正回路と連動する様に信号源回路を改良した。さらに、フィードバック回路を安定化させるために、信号源回路内に恒温槽を取り付けた。これによって、出力安定度は飛躍的に向上し、10 ppm 以下を実現した。

(3) 小型ジョセフソン電圧標準の開発

従来のジョセフソン電圧標準においては、超電導ジョセフソン電圧標準素子を絶対温度約4 K に冷却するため、取扱いの難しい液体ヘリウムを用いていた。本研究課題においては絶対温度約12 K で動作する窒化ニオブ素子を用い、液体ヘリウムを使用しない、小型のジョセフソン電圧標準システムを実現した。

(4) 複合量電気標準発生システムの開発

これまでに開発してきた薄膜型サーマルコンバータ、任意信号源回路、小型ジョセフソン電圧標準を組み合わせて、複合量電気標準発生システムの構築を行った。任意信号発生回路の出力を自動補正システムによる誤差評価を通して出力補正を可能とする制御する制御プログラムを完成させ、校正された電気複合量の発生が可能となった。出力電圧では50 Hz で10 ppm 以下、3000 Hz で110 ppm 以下、出力電流では50 Hz、3000 Hz とともに35 ppm 以下の出力安定度を実現した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 電気標準、サーマルコンバータ、マルチプレクサ、ジョセフソン素子

・国内資源開発基礎情報取得等事業

〔研究題目〕 平成23年度国内資源開発基礎情報取得等事業

〔研究代表者〕 池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 池原 研、荒井 晃作、井上 卓彦、
佐藤 智之、片山 肇、岸本 清行、
下田 玄、棚橋 学、鈴木 祐一郎、
中嶋 健、森田 澄人、後藤 秀作、
飯俣 幸吉（常勤職員12名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、日本周辺海域の地質情報を収集・整理し、国民経済上特に重要であり、その安定的な供給の確保が特に必要な石油・天然ガス等の鉱物の鉱区候補地の指定や資源探査許可申請への対応のための基礎情報を整備することが目的となる。この目的のため、以下の事業を実施した。1) 日本周辺海域で得られている地質情報を整理し、日本周辺海域の海洋地質図をベースマップとして整備する。具体的には、産業技術総合研究所で出版した海洋地質図をデジタル化し、海域資源ポテンシャル評価のためのベースデータとして整備した。また、海洋地質図作成のために取得された各種地球科学データの収集・整理を行った。2) 産業技術総合研究所及び他機関で取得された地質情報データの収集・整理から、石油・天然ガス、海底鉱物資源（海底熱水鉱床とコバルトリッチクラスト）について、それぞれの資源ポテンシャルの概要をまとめた。3) 各資源ポテンシャルを有する地域の海底地形や地質構造の状況をまとめるとともに、それぞれの資源探査に適切な探査手法の概要をまとめた。さらに、特定区域の指定や探査申請への許可を行うにあたって必要な周辺の自然条件や産業の情報、利害関係者の把握や配慮すべき他産業との事項についての基礎情報の収集と解析を行った。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 鉱業法、海域地質情報、地質図、鉱物、資源、情報整備

・その他

〔研究題目〕 平成23年度水素ネットワーク構築導管保安技術調査（水素漏えい・拡散挙動調査）

〔研究代表者〕 緒方 雄二（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 緒方 雄二、椎名 拓海、和田 有司、
久保田 士郎、堀口 貞茲、江渕 輝雄、
伊藤 俊介、Wahyudi Sugeng
（常勤職員4名、他4名）

〔研究内容〕

中低圧の水素のパイプライン供給を想定した場合に考え得る水素の漏えい挙動、拡散挙動、着火影響及び静電

気着火に関する調査研究を実施した。

風速を毎秒4メートルまで設定でき、可燃性ガスを放出・拡散することができる可燃性ガス風洞内で、実際の配管の腐食漏えい孔を模擬した内径0.8mm と2.0mm のピンホールから漏えいする水素の漏えい量と管内圧力との関係を計測した。

また水素が拡散する様子を密度勾配を利用して可視化し高速カメラで観察するとともに、高応答速度の水素センサーを用いて濃度分布を計測した。

さらに漏えいした水素が着火した場合の影響を評価するため、着火した瞬間に起こる爆発の爆風圧と、定常的な燃焼に移行した後の拡散火炎の火炎長、輻射熱、総熱流束を測定した。

静電着火挙動に関しては、水素空気予混合気の流速と湿度を変化させて着火を抑制する効果について検討したが、計測した範囲で着火の抑制効果は確認されなかった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、パイプライン供給、漏えい拡散、着火影響、静電着火

【研究題目】 平成23年度カーボンフットプリント制度構築等事業（カーボンフットプリント共通原単位データ整備等事業）

【研究代表者】 田原 聖隆（安全科学研究部門）

【研究担当者】 玄地 裕、本下 晶晴、井原 智彦、河尻 耕太郎、畑山 博樹、村松 良二、松林 芳輝、高田 亜佐子、横田 真輝、城石 登（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

国が実施している「カーボンフットプリント制度試行事業（以下、CFP 事業）」では、カーボンフットプリントの値の算定に当たり、申請者がデータを実測する「一次データ」の取得が困難な場合、同事業で整備・公表している共通原単位データベースに登録されているデータの値の使用が認められている。同データベースに登録されていない原単位についても、CFP 事業事務局が「参考データ」として算定に必要なデータを提供している。共通原単位データベースへの登録は、データの妥当性について有識者会合の審査を経て登録されているが、参考データは便宜的に事務局から付与されているものであり、CFP 事業を民間事業として移管するに当たり、透明性を確保する観点からも、全てのデータを共通原単位として専門家の審査を受けることが望ましい。また、今後海外の工場で生産された製品に対するカーボンフットプリントの利用の伸びが予想されるが、海外工場での生産に係るユーティリティ関連の原単位や、海外から日本国内への輸送に係る原単位は、未だ整備されておらず、「参考データ」として扱わざるを得ない問題がある。そこで、これまで共通原単位データベースに登録されずに「参考データ」として利用されてきたデータ、さらには、海外

の必要な原単位データを整備することを目的とした。

参考データの中から、公開データベースに登録可能なデータを抽出し、整備したデータは CO₂換算量原単位データ検証委員会に謀り62件が合格となり共通原単位データベースに登録が可能になった。また日本企業（日系企業）が日本の CFP ラベル取得するために必要となる海外各国の電力、燃料など、生産活動に必須なユーティリティ関連データ等の原単位データを作成し、CO₂換算量原単位データ検証委員会に諮り、106件が合格となり共通原単位データベースに登録が可能になった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 カーボンフットプリント、LCA、環境負荷、温暖化、データベース

【研究題目】 CO₂圧入手法の適正評価と CO₂貯留層の健全性評価

【研究代表者】 中尾 信典（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】 中尾 信典、當舎 利行、雷 興林、船津 貴弘、加野 友紀、石戸 恒雄、楠瀬 勤一郎（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本業務では、北海道苫小牧において二酸化炭素地中貯留の実証試験を行うのに先立って、検討すべき課題のひとつとして、二酸化炭素を地中に入れることによる地震の誘発可能性と実証試験地が巨大な地震に襲われたときの安全性について評価を行った。評価の結果は以下のとおりである。

1. 現在計画されている CCS 実証試験の内容であるならば、二酸化炭素の圧入に伴う地震誘発を想定する必要はないと考えられる。
2. 現在計画されている CCS 実証試験の内容であるならば、大地震による強震動に実証試験地が見舞われても、下部貯留層の西縁で滝ノ上層を切る断層により二酸化炭素が上部の萌別層にリークすることを想定する必要はないと考えられる。
3. ただし、実証試験地においては、微小震動の観測網を設置し、観測結果を圧入事業に反映することが重要である。また、事業への安心・信頼性向上のためには、石狩低地東縁断層帯南部など、周辺の微小地震活動についてもモニターすることが肝要である。
4. 将来、大規模な CCS 事業を実施する際には、今回の CCS 実証試験の成果を踏まえて、地震誘発・二酸化炭素の漏えいについて再評価することが必要である。

【分野名】 環境・エネルギー、地質

【キーワード】 CO₂地中貯留、北海道苫小牧、実証試験、健全性評価、微小地震、地震の誘発可能性、漏洩、モニタリング

②【文部科学省】

・科学技術基礎調査等委託事業

[研究題目] 沿岸海域における活断層調査

[研究代表者] 岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 岡村 行信、楳原 京子、内田 康人
(北海道立総合研究機構)、栗田 泰夫、
坂本 泉(東海大学)、杉山 雄一、
阿部 信太郎(地震予知総合研究振興
会)(常勤職員4名、他3名)

[研究内容]

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成21年4月に策定した「新たな活断層調査について」のなかで、「陸域部の活動履歴は求められているが海域部の長さが明らかになっていない活断層」とされている函館平野西縁断層帯(海域部)、青森湾西岸断層帯(海域部)、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底－柳ヶ瀬山断層帯(海域部分)、山田断層帯／郷村断層帯(海域部分)について、海域部の活断層の正確な位置や形状を明らかにするため、海上音波探査、海底堆積物採取等を実施した。

1) 函館平野西縁断層帯(海域部)

海底地質構造を解明するため、北海道立総合研究機構、電源開発株式会社、海上保安庁の調査データを参考にしつつ、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査とパラメトリック方式の地層探査装置によるシングルチャンネル音波探査を行った。また、採泥調査にはパイプロコアラーを用いた。その結果、函館平野西縁断層帯(海域部)は陸域から函館湾内まで連続し、海域部の長さは約12-13km、陸域断層と併せた全体の長さは約26kmとなると推定された。さらに、断層の変位速度は最大約0.3m/千年、完新世に活動した可能性があることが明らかになったが、活動履歴を解明することはできなかった。

2) 青森湾西岸断層帯(海域部)

海底地質構造を解明するため、電源開発株式会社、調査データを参考にしつつ、津軽半島北側から青森湾内までの海域において、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査、パラメトリック方式の音波探査、ピストンコアを用いた堆積物採取を行った。その結果、青森湾には入内断層から連続する活断層が存在し、全体の長さが27km、平均変位速度は0.4-0.8m/千年、平均活動間隔は2600-5300年と推定された。また、平館断層も南方及び北方海域に連続し、全体の長さは30km以上に達し、平均変位速度については0.4m/千年程度、平均活動間隔は4000年以上と推定された。更に、平館断層の東方に東上がりの撓曲帯が見出されたが、全体の構造については十分な情報が得られなかった。

3) 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底－柳ヶ瀬山断層帯(海域部)

敦賀湾においてパラメトリック方式の地層探査装置による音波探査と採泥調査を行うと共に、日本原子力発電株式会社等から開示を受けた既存調査資料の検討を行った。その結果、同断層帯は約7300年前の鬼界アカホヤ火山灰の降下後に2回、明瞭な上下変位を伴う活動を行っていることが明らかとなり、1回の活動に伴う上下変位量は平均約2mであることが分かった。1回の活動に伴うネットスリップは3.5m以上に達した可能性がある。また、平均上下変位速度は0.45m/千年、平均活動間隔は5千年±2千年と見積もられ、断層帯の全長は約35kmに達する可能性が高いことが判明した。

4) 山田断層帯／郷村断層帯(海域部)

郷村断層帯の海域延長部において、海上保安庁海洋情報部のスパーカー記録、産業技術総合研究所のエアガン音波探査記録を参考に、海岸に近い浅海部ではナローマルチビーム測深による精密な地形調査、その沖ではブーマーを音源とした高分解能マルチチャンネル及び高分解のサブスキャン(チャープソナー)を用いた音波探査と、ピストンコアを用いた堆積物採取を行った。その結果、海域部で北北西方向に断続的な活断層が最大で43kmに達する活断層が連続し、その活動間隔は12,490~29,000年と推定された。

[分野名] 地質

[キーワード] 沿岸活断層、音波探査、函館平野西縁断層帯、青森湾西岸断層帯、浦底－柳ヶ瀬山断層帯、山田断層帯／郷村断層帯

[研究題目] 活断層の補完調査

[研究代表者] 吉岡 敏和

(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 吉岡 敏和、丸山 正、杉山 雄一、
宮下 由香里、近藤 久雄、杉戸 信彦
(名古屋大学)、堤 浩之(京都大学)、
廣内 大助(信州大学)
(常勤職員5名、他3名)

[研究内容]

本研究は、地震調査研究推進本部が定めた基盤的調査観測対象断層帯のうち、これまでの調査結果に基づく評価で将来活動確率が十分絞り込めなかった断層帯について補完調査を実施することを目的に、文部科学省からの委託を受けて行われたものである。

平成23年度の調査対象断層帯は、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯(砺波平野断層帯西部)、西山断層帯、阿寺断層帯(佐見断層帯)、阿寺断層帯(白川断層帯)の4断層帯である。各断層帯において、断層の位置・形状、活動度、過去の活動履歴等を明らかにするための調査を実施し、地震調査研究推進本部の活断層の長期評価に貢献する資料が得られた。

1) 砺波断層帯西部断層帯の調査

砺波平野断層帯西部のうち、高岡市福岡町上向田地区での石動断層のトレンチ掘削では、段丘堆積物を切断する複数の逆断層が出現した。そのうちの一つは縄文時代中期後半の土器片を包含する流路埋積層を切断して、約900年前の年代値を示す黒色土壤層に覆われていることが確認され、本調査によりはじめて同断層の完新世の活動に関する具体的な情報が得られた。

南砺市法林寺地区での法林寺断層のトレンチ調査では、始良丹沢テフラを挟む扇状地堆積物とそれを覆う湿地堆積物や斜面堆積物を変位させる明瞭な逆断層が確認された。地層の変形程度の急変や断層と地層の切断・被覆関係および地層の年代から、約5,600年前以降に少なくとも2回のイベントを含む複数回の古地震活動が認定され、従来報告されているよりも断層運動の頻度が高いことが明らかになった。

2) 西山断層帯の調査

西山断層帯のうち、潤野トレンチ1の調査結果から、6回の断層活動イベントが認定された。その時期は、イベント1：12680-12430cal yBP以降、イベント2、3、4：18760-18100cal yBP以降、12680-12430cal yBP以前、イベント5および6：24790-23970cal yBP以降、18760-18100cal yBP以前で、このうちイベント1は2つのイベントに分離できる可能性があり、イベント1以降にも複数回の断層活動が生じた可能性があることが明らかになった。

潤野トレンチ2の調査結果からは、5回の断層活動イベントが認定された。その時期は、イベント1、2、3、4：36540-35250cal yBP以降、1530-1380cal yBP以前、イベント5：38450-36770cal yBP以降、36540-35250cal yBP以前で、このうちイベント2は2つのイベントに分離できる可能性があることが明らかになった。

両トレンチ調査結果の対応関係から、潤野トレンチ1のイベント1の上限年代は、1530-1380cal yBP以前に限定できることが判明した。

3) 阿寺断層帯（佐見断層帯）の調査

岐阜県東部に位置する阿寺断層帯の佐見断層帯について、空中写真判読による地形調査を実施するとともに、その中で比較的断層変位地形が明瞭な岐阜県加茂郡白川町村君（村君地点）において空中写真図化およびピット調査を、同町上佐見小野（小野地点）において空中写真図化およびトレンチ調査を、同町上佐見吉田（吉田地点）において空中写真図化およびピット調査をそれぞれ実施した。

白川町上佐見の調査地点では、3つのトレンチを掘削し、そのうち2つのトレンチ壁面で堆積物を変位させる明瞭な断層が確認された。断層の上部に認められた亀裂群を充填する堆積物を分析したところ、約1,100年前の年代が得られたことから、佐見断層では約1,100年前以後（10世紀以後）に何らかの活動があ

った可能性があることが判明した。

4) 阿寺断層帯（白川断層帯）の調査

岐阜県東部に位置する阿寺断層帯の白川断層帯について、空中写真判読による地形調査を実施するとともに、その中で比較的断層変位地形が明瞭な岐阜県加茂郡東白川村宮代（宮代地点）において空中写真図化およびピット調査を、同村西洞（西洞地点）においてトレンチ調査を、同村越原（越原地点）において空中写真図化およびピット調査をそれぞれ実施した。

東白川村西洞地区におけるトレンチ調査では、基盤岩の濃飛流紋岩と腐植土層を挟む斜面堆積物が高角で境する境界を確認した。しかしながら、トレンチ西壁面で見られる堆積物は人工の堆積物で、基盤岩との垂直の境界は断層境界ではなく、人工による掘削で基盤岩中の断層面が剥離したものの可能性があると考えられるため、本調査では断層の活動時期に関するデータは得られなかった。

【分野名】地質

【キーワード】活断層、補完調査、活動履歴、長期評価、地震調査研究推進本部

・科学技術試験研究委託事業

【研究題目】がん関連遺伝子産物の転写後発現調節を標的とした治療法の開発

【研究代表者】夏目 徹（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】夏目 徹、三枝 智香、穂本 真佐江（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

多くの癌に於いてがん抑制遺伝子の発現抑制が起こっている事が知られており、それらのがん抑制遺伝子発現上昇を誘導できれば癌の治療が期待できる。我々はこれまでに、マスマスペクトロメーターを用い mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定できる事、また、その制御を解除するアンチセンスオリゴ（USO）を用いる事により特定のタンパク質の発現上昇を引き起こせる事を明らかとしてきた。

この技術を用いる事により我々は、がん抑制遺伝子の翻訳抑制機構を標的とした核酸医薬の開発を行う事目標とし、平成23-27年の間に以下の行程での研究を計画している。1. 発現上昇により癌の治療が期待される標的癌遺伝子の決定、2. がん抑制遺伝子 mRNA の翻訳（安定性）制御因子を同定、3. 制御を標的としたアンチセンス=USO を設計、4. In Vitro における USO の機能確認、および、USO の最適化、5. マウスを用いた薬効確認実験。

本年度は、上記の研究計画に基づき、癌に関わる遺伝子のリストアップ及び文献調査を行い、癌に於いて発現の低下が報告されている癌抑制遺伝子や、発現の上昇により癌細胞の増殖阻害や治癒が期待される遺伝子として

癌抑制遺伝子計11種類を選択した。また、既知のRNA-タンパク質の相互作用（Histone-mRNA とSLBP等のpolyA付加制御因子の結合や7SK-ncRNAとpTEF等の転写制御因子の結合）を指標とし、マススペクトロメーターを用いたRNA制御因子同定を行うプラットフォームの構築及び、実験条件の検討による同定技術の高精度化を行った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌、核酸医薬、USO アンチセンス、RNA マススペクトロメーター

【研究 題目】 次世代がん研究推進のためのシーズ育成支援基盤（天然物ライブラリーを用いた探索試験の実施）

【研究代表者】 新家 一男（バイオメディカル情報研究センター）

【研究担当者】 新家 一男（常勤職員1名）

【研究 内容】

産業技術総合研究所では、30万ライブラリーを超える天然物ライブラリーを用いて、ハイスループットおよびハイコンテンツスクリーニングを実施する。H23年度は主に以下の3つの事項について実施した。

① スクリーニング用サンプルの整備

現在、我々は企業提供ライブラリーも含め30万あまりのスクリーニングサンプルを保有している。これらのサンプルは各社のフォーマットで供給されるが、本プログラムで用いるために統一したフォーマットのセットを整備した。

② アッセイ系の確立

本プロジェクトでは、シーズ班から提案されるアッセイ系について天然物ライブラリーを用いてスクリーニングを行うが、384-wellあるいは1536-wellプレートに適合したアッセイ系を構築する必要がある。平成23年度は、2種類にアッセイ系について実施するが、次年度の準備として2種類のアッセイ系に関してアッセイ系の確立を進めた。

③ 分子標的を基盤とした抗がん剤リード化合物の探索

平成23年度は、2種類程度のアッセイ系について、天然物ライブラリーを用いてスクリーニングを開始した。得られたヒットに関して、再現性の確認後、培養抽出物からの活性物質の単離・精製、および構造決定を進めている。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 スクリーニング、天然化合物ライブラリー

【研究 題目】 高病原性鳥インフルエンザウイルスの受容体シアロ糖鎖結合変異監視 技術の開発と応用

【研究代表者】 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】 成松 久（常勤職員1名）

【研究 内容】

目標：

高病原性鳥インフルエンザウイルスの鳥型からヒト型へと変異する分子シグナルを捉える基盤を糖鎖ウイルス学的アプローチにより開発し、監視および機構解析をグローバルに行う基盤構築へと応用することを目的とする。研究計画：

インフルエンザウイルスの標的器官細胞であるヒト肺小気管支細胞から、インフルエンザウイルスレセプター糖鎖（N-結合型糖鎖およびO-結合型糖鎖）を分離し、多段階タンデム型質量分析計を用いた詳細な糖鎖構造解析を行う。

研究進捗状況：

ヒト肺小気管支細胞とコントロールとしてイヌ腎臓由来の細胞（MDCK）からタンパク質を抽出した後、N-結合型糖鎖については酵素学的に、O-結合型糖鎖については化学的に処理し、各細胞からそれぞれN-およびO-結合型糖鎖の切り出しを行った。各細胞から調製したN-ならびにO-結合型糖鎖は、それぞれ部分的なグリコシダーゼ消化（シアリダーゼ処理あり、なし）を施した後、完全メチル化処理を行い、多段階タンデム型質量分析計を用いてそれぞれの糖鎖構造について比較解析を行った。シアリダーゼ処理をしていない糖鎖構造解析の結果、ヒト肺小気管支細胞の糖鎖は、コントロールであるMDCK細胞に比べて、多様なシアル酸含有O-結合型糖鎖の存在が明らかとなった。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 鳥インフルエンザウイルス、糖鎖構造解析、多段階タンデム型質量分析

【研究 題目】 ナノプロセッシング・パートナーシップ・プログラム（NPPP）

【研究代表者】 秋永 広幸（ナノデバイスセンター）

【研究担当者】 秋永 広幸、高野 史好、宮田 直之、大塚 照久、増田 賢一、松野 堅吉、佐藤 平道、飯竹 昌則、羽山 和美、山崎 将嗣、真屋 博幸、風間 茂雄、唐澤 しのぶ、高村 雅美（ナノデバイスセンター）（常勤職員2名、他12名）大久保 雅隆、他10名（計測フロンティア研究部門）

【研究 内容】

目的：

独立行政法人産業技術総合研究所のもつ基盤技術から先端技術までの多様で幅広い研究開発資源を組織内部で機動的に連携させ、「技術支援による学界及び産業界への貢献」、「技術革新を担う人材の育成」という社会ニーズに応えるためのアクションプランとして、有限の資源で成果を最大化し、研究分野の融合、産学官の広範囲な

研究者・研究機関のネットワーキング、事業内外における人材育成を推進するプラットフォームの実現を当委託業務の目的とする。より具体的には、

- ① 技術相談：研究開発上のボトルネック抽出、プロセス設計などのコンサルティング
- ② 装置利用：当該施設の装置を利用する機会の提供
- ③ 技術支援：産総研の最先端技術を用いた研究成果創出の支援
- ④ 成果創出支援：得られた成果を、学術論文、特許実施例などに活用するための支援
- ⑤ 実地訓練：装置利用に際して必要な要素技術のガイダンス
- ⑥ 人材育成：超微細加工・分析・評価技術等を習得するスクールを開催
- ⑦ 情報発信：当該分野における最新情報、ノウハウなどを発信
- ⑧ ネットワーキング：利用者の利便を高め、関連施設との連携を図る

からなるサービスの提供を行う。

年度進捗状況：

① 技術相談サービス：

施設・装置を適切に利用するためのガイダンスはもちろんのこと、支援依頼元の研究開発上のボトルネックを明確化し、それに対するプロセス設計などのコンサルティングを、産総研の経験豊富な専門家が実施した。尚、本技術相談を実施した後、装置利用、技術代行あるいは共同研究として支援を行った案件は、それぞれ実施した件数に計上し、それ以外でかつそれらのどの支援にも至らなかった案件を技術相談の件数として計上した。その件数は10件であり、その内訳は産：3件、学：1件、官：6件であった。さらに、研究支援効率を上げるために必要とあれば、ナノテクノロジー・ネットワーク参画他機関等への紹介などもこのサービスの一環として行った。その結果として、2011年3月11日の東日本震災のため、被災者対応のネットワークサービス案件1件を実施した。

② 装置利用サービス：

超微細加工とナノ計測・分析両領域合計で85件、当該施設の装置を利用する機会を提供した。そのために必要な要素技術習得トレーニングなども、あわせて実施した。得られた研究成果はユーザーあるいはユーザーの派遣元が100%保有することになるが、規程で定める成果報告書をご提出いただいた。また委託事業でのサービスであることを鑑み、プロセスノウハウの産総研側への提供を、機会を捉えて推奨した。

③ 技術支援サービス：条件付技術代行支援と条件付共同研究型支援サービス

装置利用ユーザーとのバランスを考慮しつつ、合計で43件の技術代行および共同研究サービスを行った。尚、技術支援員が支援依頼元の要望に沿った試作、分

析を行う場合には、産総研独自の技術ノウハウを必要とする場合に限ってその依頼を引き受けた。また、産総研の知的財産、研究開発資源を一つの支援に対して50%を超える寄与度で投入しなければならない場合には、共同研究による研究支援とする方針をとった。これらの支援に対しても、規程で定める成果報告書をご提出いただいた。

④ 成果創出支援サービス：

得られた成果を、学術論文、特許実施例作成、あるいはベンチャー設立に向けた準備などに活用するための支援を行った。①のサービスとあわせ、当事業が民間の有料サービスと最も大きく差別化される項目である。今年度は、113件の学術講演会等での口頭発表、40件の学術論文等での誌上発表、および、2件の特許出願が行われている。また、産総研研究関連部門、知的財産部門、ベンチャー支援室などの専門家と協力し、必要に応じて支援案件に対応した。

⑤ 実地訓練サービス：

昨年度までと同様に、装置の使い方や注意事項、装置予約の仕方を伝えるために、ユーザーが新たに装置を使い始める際には、個々の装置について必ず操作方法のガイダンス（実地訓練）を行った。今年度は640件の実地訓練を行った。また、不連続に期間をあけて装置を利用するユーザーに対しては、初回だけでなくそのつど技術支援員による手厚いガイダンスを実施した。このようなサービスを行う目的は、装置利用の効率化、装置故障率の低減、安全性の向上を図ることにある。本サービスの充実により、今年度も多数のユーザーが積極的に施設を活用できる環境を提供することができた。

⑥ 人材育成サービス：

「ナノテクノロジー・ネットワーク」参画機関である物質・材料研究機構および東京工業大学と合同で、「超微細加工・計測・分析人材育成スクール」を企画・開催した。このスクールは講義と実習からなり、10月19日に産総研つくばセンターで6つの講義をまとめて行った後、総計6件の実習をそれぞれの機関で実施した。以前から実施し好評である電子ビーム描画装置の実習は、本年度も産総研と東京工業大学の両機関で実習を行った。また、昨年度と同様、産総研で集束イオンビーム加工観察装置の実習を行った後、物質・材料研究機構で透過型電子顕微鏡観察を行う実習を実施した。このように、要素技術の習得を目指したスクールの多彩な人材に対して開催することができた。さらに、特定の要素技術に特化した人材育成サービスとしては、走査プローブ顕微鏡セミナー及びショットキーダイオード作製・評価実習を開催した。走査型プローブ顕微鏡セミナーは、昨年度までは3コマの講義と希望者を対象とした実機デモンストレーション及び実習で構成されていたが、今年度は講義を10コマ（2日

間)に拡張し、技術に関わる基礎から応用にわたる、幅広い内容のものとした。実機デモンストレーションと実習は昨年と同様に実施した。ショットキーダイオード作製・評価実習に関しては企業で主として装置・設備のメンテナンスを業務とする技術者に対し、ショットキーダイオードの作製のプロセス、又デバイス諸特性の測定を体験して頂いた。本年度に実施したこれらのスクール、セミナーの総参加者数は90名(内講義のみの参加者が48名)であり、内訳を見てみると、産：38名、学：10名、官：42名であった。

⑦ 情報発信サービス：

当該分野における最新情報、当事業で開発され公開可能なノウハウなどを、産総研外部研究者に向けてニュースとして発信した。より具体的には、産総研ナノプロセッシング施設(NPF)発行の電子メール配信方式のニュースであり、平成17年度から開始したサービスである。また、当事業のホームページに関しては、ユーザーからの要望を受け、共用研究施設に設置されている装置でどのようなことができるのかがより直感的に感じられるよう、各装置で実施された研究支援例を表示するなど日々改善に務めた。

⑧ ネットワーキングサービス：

産総研外部研究者の利便性を高め、安全に上記研究支援活動を行うために、装置予約、利用時間管理、ユーザーによる支援進捗状況の確認などを、インターネットを介して実現するネットワーク環境を管理し、年間を通じてこのサービスの提供を行った。また、「ナノテクノロジー・ネットワーク」参画機関である物質・材料研究機構(NIMS)など、つくば地区4機関(NIMS、産総研、筑波大、高エネ研)合同で「イノベーションつくば」ワークショップを2012年2月23日に開催し、その機会を通じて主に人材育成カリキュラムに係る情報発信も行った。なおこのワークショップは、先端研究施設共用イノベーション創出事業参画機関間のネットワーキングを促進するために実施したものである。参加者数は91名で、内訳は産業界22名、公的機関40名、大学29名であった。また、さらに重要なこととして、このサービスにおいては、支援内容がプレコンペティティブ段階にある場合に、上記①、④をベースに、積極的に外部ユーザー同士の連携や研究分野の融合によるネットワーキングの推進に努めた。

⑨ 先端共用施設の整備と管理：

先端共用施設を効率的に稼働させるためには、消耗品の欠品を防止し日常点検および定期点検で装置の故障を事前に察知し対応することが肝要である。共通消耗品の管理に加えて専任担当者によるNPFの日常点検・監視を行い、さらに、装置予約・使用状況の管理も年間を通して実施した。また、酸素濃度計など各種モニターによる作業環境の監視サービスに加え、クリーンルーム内に設置したカメラ6台により、ドラフト

等危険な作業での事故を防止できるよう務めた。また、利用初期のユーザーに対して、装置の原理や操作手順などが記載された装置マニュアルを以前から提供しているが、この装置マニュアルがより実践的で実用的なものとなるよう、⑤に示した実地訓練サービス等を受ける頻度の高い質問やトラブルシューティングを装置マニュアルに取り入れるなどして随時改訂を推進した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 極微細加工、ナノ造形、リソグラフィ

[研究題目] アルツハイマー病治療薬創出に向けた γ セクレターゼの構造解析と機能制御(γ セクレターゼ複合体の機能解析と活性制御にかかわる構造研究)

[研究代表者] 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 佐藤 主税、小椋 俊彦

(常勤職員2名)

[研究内容]

目標：

日本は世界でも稀にみる超高齢化社会を迎えている。社会全体としても、認知症対策の研究、特にアルツハイマー病研究に対する要求は高まってきている。アルツハイマー病の原因として現在知られているものの一つとして、脳における β -アミロイド沈着による細胞死がある。 β -アミロイドは様々なステップで生産されるが、最終的な血液の放出には膜タンパク質 γ -secretaseが深く関与する。その構造を解明し、その活性阻害薬開発からアルツハイマー症の治療薬開発に貢献する。また、 γ -secretase 類縁タンパク質には生理的に重要な役割を担うタンパク質が多い。Signal peptide peptidase (SPP)は、シグナルペプチド(SP)を切断する膜タンパク質である。膜タンパク質や分泌タンパク質には、SPを持った分子が多く存在し、これらタンパク質を生産するときにSPの切断・除去は不可欠である。SPPは、C型肝炎ウイルスやマラリアの増殖などに関わることが知られており、創薬標的タンパク質として期待される。

研究計画：

電子顕微鏡を用いた単粒子解析により、 γ -secretaseの3次元構造を決定する。また、SPPに関しても同様に単粒子解析を行なう。

年度進捗状況：

γ -secretaseの負染色電顕像からの低分解能での3次元構造の決定に、東大の岩坪・富田等との共同研究により成功した。電子顕微鏡を用いた単粒子解析を行なうところ、SPPは全体として、4回対称の弾丸様の構造であった。膜貫通部位の内部には、親水性環境の隙間があることが判明した。この酵素内に導入された β -アミロイ

ド前駆体は、この親水性環境で切断されると考えられ、それはタンパク質の切断反応に水分子が必要であることと良く一致した。国際誌 JBC に発表した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質構造、画像解析、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、アルツハイマー症、 γ -secretase、SPP

【研究題目】 発癌性物質や酸化ストレスに応答する生体防御系センサーの構造基盤（生体防御系センサー複合体の電子線単粒子解析）

【研究代表者】 佐藤 主税

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐藤 主税、小椋 俊彦、三尾 和弘
（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

目標：

我々の体は、外部からの酸化ストレス性物質に常さらされている。Keap1センサーは、これら酸化ストレスにより遺伝子を含む体の損傷がおきないように守っている。酸素および親電子性分子と総称される一群の毒性化学物質は空気・食物などから体内に取り込まれ、癌、動脈硬化、糖尿病などの原因となる。一方、動物細胞は酸素毒性や親電子性分子を感知する仕組みを備えており、細胞内に活性酸素や親電子性分子が出現すると、抗酸化応答系や解毒代謝酵素群が働き、これらのストレスは速やかに消去される。このような適応・応答機構は、Keap1が分子センサーとして親電子性分子や酸化ストレスを感知し、転写因子 Nrf2を活性化することで、生体防御酵素群の発現を制御していることによる。本研究では、Keap1とその複合体の構造を解明して、これらの機構に迫る。

研究計画：

代表機関と連携し Keap1たんぱく質の大量発現・精製を行い、ネガティブステイン法による電子顕微鏡像の測定と低分解能電子線単粒子解析を行う。さらに、その複合体の解析を行う。

年度進捗状況：

代表機関と連携して、発現・精製された全長 Keap1の染色・電子顕微鏡撮影に成功した。さらにその構造決定に成功して、国際誌である PNAS 誌に発表した。さらに複合体の解析を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質構造、画像解析、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、酸化ストレス、発癌

【研究題目】 重度先天性骨代謝疾患に対する遺伝子改変間葉系幹細胞移植治療法の開発

【研究代表者】 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】 弓場 俊輔、大西 弘恵、小田 泰昭、勝部 好裕（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

目標：

低フォスファターゼ症は、組織非特異型アルカリフォスファターゼ（TNSALP）の遺伝子変異による重度先天性骨代謝疾患で、このうち、最も重症である周産期型に対する再生医療技術の開発を行う。

研究計画：

島根大学医学部附属病院と共同で本疾患患者に対する他家間葉系幹細胞（Mesenchymal Stem Cell；MSC）移植を行う。当所では細胞製造施設（セルプロセッシングセンター；CPC）を厳密な品質管理の下に運用して移植用 MSC を製造する。また、患者 MSC からの iPS 細胞を作製し、病態解明・治療法開発の研究用試料として理化学研究所細胞バンクへ寄託する。

年度進捗状況：

延べ6回（症例としては2例）の移植治療用ドナー MSC を製造し、これら移植用 MSC は骨分化能検査、感染症検査、環境モニタリング等を行い、全例とも異常がないことを確認した。いずれの症例でも、島根大学病院において、ドナーからの骨髄移植を行った後、複数回の MSC 移植を行ったところ、全身の骨における石灰化、何よりも呼吸状態が改善し、明らかに延命効果が認められた。また、患者 MSC から iPS 細胞も樹立に成功した。現在、樹立した iPS 細胞の寄託準備中である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 再生医療、間葉系幹細胞、骨代謝疾患

【研究題目】 研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究（データベース連携技術に関する研究）

【研究代表者】 関口 智嗣（情報技術研究部門）

【研究担当者】 関口 智嗣、田中 良夫、小島 功、的野 晃整、Steven Lynden
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

科学の第4パラダイムといわれる E-サイエンスを実現するうえで、複数の異種分散データベースを容易かつ安全に連携・統合する技術が重要な課題となっている。本研究では、複数の組織により提供されるアプリケーションやデータを必要に応じて連携利用可能とするプラットフォームを仮想研究コミュニティとして形成・運用するための技術として、データベース連携・統合技術とユーザ認証情報管理技術の研究開発を行っている。

本研究は平成20年度から23年度までの計画であり、最終年度にあたる平成23年度は、データベース連携・統合技術については、実証実験を進めながらソフトウェアの完成度を上げ、ユーザ認証情報管理技術と連携させたシステムを構築し、産総研の GEO Grid およびウィーン

大学の呼気解析プロジェクトにおける実利用を開始した。データベース連携・統合ソフトウェアの一部を英国 OGSA-DAI プロジェクトに提供するとともに、開発したソフトウェアの分散問い合わせ言語 SPARQL を用いた分散処理部分について独自のオープンソースソフトウェア (ADERIS) として公開した。また、開発したデータベース連携・統合ソフトウェアを、国際標準フォーラム Open Grid Forum の DAIS Working Group において標準化が進められている OGSA-DAI 仕様の参照実装とし、同 WG における互換性テストを主導した。その知見に基づいて同仕様の修正を進め、最終的な仕様を完成・提出した。また、RDF のための標準仕様の策定を終了し、パブリックコメントを反映した版の提出を完了した。

ユーザ認証情報管理技術の開発においては、実証実験を進めながらソフトウェアの完成度を上げ、データベース連携・統合技術と連携させたシステムを構築して実用化を進めた。具体的には、アカウントポータルにおいてパスワードを忘れた場合のアカウントリセット機能の追加や OpenID モジュールの GridSphere Version 3 対応などを行なった。また、統合・連携実験として GEO Grid の環境においてデータベース連携とユーザ認証情報管理を統合した衛星画像検索・処理応用を構築し、利用者に提供した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】E-サイエンス、グリッド、データベース連携、セキュリティ

【研究題目】圧電フロンティア開拓のためのバリウム系新規巨大圧電材料の創生 (MPB エンジニアリングによる巨大圧電材料の電気特性評価)

【研究代表者】飯島 高志

(水素材料先端科学研究センター)

【研究担当者】飯島 高志、李 鳳淵

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

ペロブスカイト構造を有する新しいバリウム系圧電材料の探索とそれを用いた MPB エンジニアリング、およびそれらのドメイン構造の微細化、結晶構造・方位を最適化するドメイン構造制御により、圧電特性を2桁以上向上させる技術を開発する。この技術を用い、研究開始3年後に圧電プレフロンティア領域に、5年後には圧電フロンティア領域に到達し、新デバイス応用を目指す。このため、独立行政法人産業技術総合研究所では、新規圧電材料について、バルク・薄膜等の試料形態に関わらず、圧電特性などの電気特性を評価することで、MPB 組成を明らかにするための研究開発を実施する。

研究計画：

① 電気特性評価技術の開発

Ba 系焼結体において、リーク特性が十分ではなくても、低周波帯域での微小変位測定が可能であることが明らかになってきた。そこで、平成22年度までに確立させた、1KHz~100kHz の高周波帯域における微小変位と強誘電特性の同時測定技術を、当該年度は低周波帯域 (0.1Hz) にまで拡張し、研究プロジェクトで作成された圧電体試料 (焼結体、薄膜) の比誘電率、強誘電特性、圧電特性について評価する。

② バリウム系圧電材料前駆体溶液の合成

昨年度までにバリウム系材料の焼結性向上およびリーク特性向上の可能性を見いだしている。そこで当該年度は、酸素アニールや稀土類元素添加によりリーク特性を向上させたバリウム系圧電材料として、Ba (Cu, Nb) O₃、Ba (Cu, Ta) O₃、およびそれらを端成分とした固溶体を作製し、その基礎物性 (結晶構造、相変態温度 等) さらには強誘電特性、圧電特性を評価することで、MPB 組成の探索を試みる。

年度進捗状況：

① 電気特性評価技術の開発

0.1Hz~100kHz までの周波数帯域に対応可能な微小変位と強誘電特性の同時測定技術を確立した。この評価技術を用いて、研究プロジェクトで作製された圧電体試料として、Ba 系焼結体および方位制御エピタキシャル薄膜などの評価を行った。

② バリウム系圧電材料前駆体溶液の合成

Ba (Cu, Nb) O₃、Ba (Cu, Ta) O₃、へ La を添加した焼結体および、Ba (Cu, Ta) O₃-Sr (Cu, Ta) O₃、固溶体に La を添加した焼結体などを作製し、その基礎物性 (結晶構造、相変態温度 等) を評価した。その結果 0.3Ba (Cu, Ta) O₃-0.7Sr (Cu, Ta) O₃ 固溶体に 0.25mol%La を添加した試料において、焼結密度が高く、リーク電流が比較的低い焼結体が得られた。誘電特性、強誘電特性、圧電特性の測定を試みた所、誘電特性の温度依存性はリラクサー的な挙動を示し、明確な強誘電・圧電特性は得られなかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】低環境負荷、非鉛系圧電材料、元素戦略

【研究題目】水銀同位体を用いた海底熱水鉱床の探査技術の開発

【研究代表者】丸茂 克美 (地質情報研究部門)

【研究担当者】丸茂 克美 (常勤職員1名)

【研究内容】

海底熱水鉱床周辺の堆積物や硫化物などの水銀濃度と水銀同位体組成を用いた鉱床探査技術の概念設計を行うためには、海底熱水鉱床周辺の海水や堆積物、硫化物の水銀濃度分布や水銀同位体組成変動の原因を解明し、鉱床探査技術の理論的裏付けを確立する必要がある。そ

のため、海洋研究開発機構の NT11-19「なつしまーハイパードルフィン3000による沖縄トラフ航海」で、伊平屋北海丘の海底熱水鉱系の潜航調査を行い、海水や堆積物、硫化物の水銀濃度、堆積物や硫化物の水銀同位体組成、水銀の存在形態、水銀以外に測定すべき元素などを決定し、海底熱水鉱床周辺の海水や堆積物、硫化物の水銀濃度分布や水銀同位体組成変動の原因の解明を目指した。

潜航調査の結果、海底熱水系では硫化水素などとの反応を免れた0価や2価の水銀が海水に放出され、周囲に拡散していることが明らかにされた。従って、海水中の水銀濃度が高い海域が見つかった場合には、その海域に海底熱水鉱床が存在する可能性がある。また海水中に拡散した水銀は堆積物の表層に濃縮しており、固定されることが判明した。

伊平屋北海丘の海底熱水鉱系の硫化物には質量数202の重い水銀同位体が濃縮しており、硫化物が沈殿する過程で、質量数198の軽い水銀同位体が周囲に拡散していることが示唆された。実際、堆積物中には質量数202の水銀同位体は多くない。従って、海底熱水系からは水銀が拡散しており、軽い質量数の水銀同位体が堆積物に濃縮することが明らかにされ、水銀濃度や水銀同位体組成から鉱床探査を行うことが可能であるデータが得られた。

【分野名】地質

【キーワード】海底熱水鉱床、堆積物、水銀同位体、水銀存在形態、伊平屋北海丘海底熱水系

・原子力基礎基盤研究委託事業

【研究題目】電気化学的吸着脱離によるコンパクトで再利用可能なセシウム分離回収システム

【研究代表者】田中 寿（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】田中 寿、川本 徹、浅井 幸、福島 千賀子、陳 栄志（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

我々は Cs の吸着材料としてよく知られているヘキサシアノ鉄酸金属錯体塩（MHCF）を新たにナノ粒子インク化することで加工性を高め、ユーザビリティに優れた材料としての応用を進めている。このインク化 MHCF を用いて、選択的 Cs 分離回収を電気的にかつ繰り返しおこなうことのできるシステムの構築を目指しているが、その特長は従来の電析による MHCF の膜形成に比べて、容易に多孔質かつ厚膜を電極上に作る事ができ、金属イオンの電気的吸着/脱離をおこなう目的に適している点にある。我々はこの吸着電極を用いて、吸着液からセシウムを回収し、脱離液側にセシウムを移動させることに成功した。この方法はシステム自体が単純であるため小型化が可能で、かつ電気的に制御することで、操作手段・スペースなどに制限の多い使用済み核燃料処理に利用可能となることが期待される。また

耐 pH 特性の異なる各種 MHCF、分散性制御による多様な形態の吸着材の検討により福島第一原発事故後の Cs 除染への対応も考えられる。実際には Cs 除去の対象物質（使用済み核燃料、福島原発事故汚染土壌・木質焼却灰・下水汚泥焼却灰、等）によってセシウム回収をおこなう溶液の組成（共存イオン）、液性が大きく異なるため、今後はこれらの条件を考慮した各種 MHCF 電極による電気化学的 Cs 回収の検討を進めていく予定である。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】セシウム回収、使用済み核燃料処分、電気化学的吸着脱離、ヘキサシアノ鉄酸金属錯体

【研究題目】白色中性子源を用いた中性子線量計の革新的校正法に関する研究

【研究代表者】原野 英樹（計測標準研究部門）

【研究担当者】原野 英樹、松本 哲郎、海野 泰裕、増田 明彦（常勤職員4名）

【研究内容】

中性子を利用する現場で利用されている中性子線量計は、原子炉施設や核燃料施設など中性子を利用する作業員や、放射線施設周辺住民、周辺環境の安全性を担保するために、重要な役割を果たしている。しかしながら、中性子線量計の感度曲線は、通常 ICRP が定める理想的な線量曲線を再現していることはないため、固有の中性子スペクトルを持つ作業環境場において、表示値は大きな不確かさを持つ。そこで、本研究では、熱外中性子から20 MeV までの領域のパルス白色中性子を利用し、中性子飛行時間と線量計等測定器からの出力の2次元測定を行い、広いエネルギー領域の測定器の感度を実験的に一度に求める方法を提案した。研究は、(1)白色中性子源を用いた中性子線量計の校正法に関する研究、(2)静電加速器を利用したパルス白色中性子源の開発、(3)準単色高エネルギー中性子場における低エネルギー成分の解明の3つに分類して行う。(1)では、中性子飛行時間と波高の2次元測定が可能なデータ処理システムを構築し、試験を行える段階まで行った。また、京大炉の電子ライナックを利用した白色中性子源からの中性子ビームを利用して、中性子線量計の感度曲線の校正を行った。

(2)では、産総研ペレットロン加速器からのイオンビームを発生させるために、加速器のチューニング作業を行った。しかしながら、年度の大部分は震災からの加速器の復旧のために時間を費やした。(3)では、日本原子力研究開発機構 TIARA における高エネルギー中性子場の低エネルギー成分を得るために、昨年度作製した³He 比例計数管と2つの Si 検出器によって構成されたサンドイッチスペクトロメータによる測定を行った。TOF 法およびボナー球による測定結果を加え、最終的に準単色高エネルギー中性子場における熱～数 MeV 領域のスペ

クトラルフルエンスを求めた本研究の一部は、京都大学、高エネルギー加速器研究機構、放射線医学総合研究所に再委託されている。

〔分 野 名〕 標準・計測

〔キーワード〕 中性子標準、白色中性子、中性子線量、パルスビーム、中性子飛行時間法、校正

・原子力試験研究委託費

〔研究 題目〕 高電流密度多種イオンビームシステムの開発に関する研究

〔研究代表者〕 榊田 創 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 榊田 創、小口 治久、木山 學、平野 洋一、島田 寿男、佐藤 康宏 (常勤職員2名、他4名)

〔研究 内容〕

イオンビームは、様々な目的で使用されてきている。しかしながら、ビーム発散が少なくかつ高電流密度のイオンビームを得ること、引き出されたイオンビームの発散を押さえることが可能な技術を確認することは未だに重要な課題である。本研究では、低エネルギー領域において、集束性の良い高電流密度のイオンビームを得ることが可能な技術を確認すること、また固体元素由来のイオン源の技術を開発することが目標である。

本研究の目標である、1) 低エネルギー加速実験において、ビーム引き出し電流60mA 以上、及びビーム焦点近傍において電流密度1mA/cm²以上を達成することに成功するとともに、電子ビームを接地電極に照射し2次電子を利用する電荷中和法によりビーム発散を抑制することが可能な条件を見出すことができた。2) 高密度の純炭素プラズマイオン源として、現在約1000秒程度の準定常運転に成功するとともに、薄膜生成試験を行った。

従って、低エネルギー領域において、集束性の良い高電流密度のイオンビームを得ることが可能な技術、及び炭素イオン源の開発を通じた純固体元素由来のプラズマ源の技術を確認したことで、炭素を始めとする多様なイオン種の高密度ビームとの反応過程の促進による新機能物質の創製、材料表面の高機能化など、新たな道を拓いた。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 低エネルギーイオンビーム、高電流密度、炭素ビーム、凹型電極、電荷中和、電子ビーム、2次電子、放射線検出

〔研究 題目〕 表面修飾ホウ素ナノ粒子の開発とその中性子捕捉療法への応用に関する研究

〔研究代表者〕 越崎 直人 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 越崎 直人、川口 建二、石川 善恵、曾我 公平、長崎 幸夫、金田 安史、松村 明 (常勤職員2名、他5名)

〔研究 内容〕

本年度は最終年度として本研究によりはじめて得られるようになった炭化ホウ素 (B₄C) 球状粒子について、中性子捕捉療法用薬剤としての可能性を生物学的に評価することを目標に研究を進めた。まず、in vivo 試験が可能となる多量の炭化ホウ素球状粒子を作製する最適な方法を実験的に検証して、繰り返しバッチ方式を採用して数百 mg 作製した。これを利用して in vitro 毒性試験、in vivo 毒性試験、in vivo 薬物動態試験を行った。実際の臨床で使われているホウ素薬剤 (パラボロノフェニルアラニン (BPA) やドデカボランチオール (BSH)) で供給されるホウ素量と等価な量を投与しても、表面修飾の有無にかかわらず粒子自体の毒性は低いことが明らかとなった。また、薬物動態試験により、粒子は肝臓に集積することがわかったが、腫瘍ターゲット性を目指した表面修飾の顕著な効果は認められなかった。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・製造・材料

〔キーワード〕 炭化ホウ素、球状粒子、中性子捕捉療法

〔研究 題目〕 化学災害の教訓を原子力安全に活かす E ラーニングシステムの開発に関する研究

〔研究代表者〕 和田 有司 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 緒方 雄二、和田 有司、若倉 正英、和田 祐典、加藤 勝美 (福岡大学)、中島 農夫男、松倉 邦夫、阿部 祥子、杉本 まき子 (常勤職員2名、他7名)

〔研究 内容〕

化学災害の教訓を原子力安全に有効に活用するためには、原子力関連の様々な階層の従事者が、化学災害の教訓を学び、化学物質や施設に対する安全意識を養う必要がある。本研究は、原子力関連と化学関連の事故例を共通の原因によって結びつけ、抽出された教訓を学習するための E ラーニングシステムを開発し、原子力関連施設の安全向上を目的とした。

そのために5カ年計画で1) 事故事例の収集、2) 教訓の抽出、3) 教材の開発、の3項目を実施する。本年度は、2009年以降の新しい原子力関連の事故事例とそれらの事例と共通の教訓を持つ化学プラントの事故事例の収集、解析を引き続き行い、また、E ラーニングシステムの完成を目標とした。

原子力関連の事故事例については、産総研で開発した事故分析手法 PFA を用いて、安全管理者および現場作業員という職種に応じて、学習すべき原因や教訓の抽出を行い、事故進展フロー図を作成し、ケーススタディ教材コンテンツ化した。E ラーニングシステムに関しては、管理者による学習進捗管理やテスト機能の実装が可能なオンライン版を完成させた。その中で、原子力関連施設と化学プラントの事故事例との関連付けのために、原子力関連施設のケーススタディコンテンツから産総研で公開している「リレーショナル化学災害データベース」の化学プラントの事故事例へのリンクを可能とした。現地

調査では、社員教育の中で E ラーニングを活用する方法やサーバの管理方法について意見交換を行った。これらの過程で、外部の専門家からなるアドバイザリ委員会でご議論いただいた。(E ラーニング：パソコンやインターネットなどの情報技術を利用して、学習・研修など行う教育形態)

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、原子力安全、E ラーニング、教訓

〔研究題目〕 照射誘起欠陥の動的挙動評価のための高度複合ビーム分析技術の開発

〔研究代表者〕 木野村 淳
(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 木野村 淳、大島 永康、大平 俊行、鈴木 良一、B. E. O'Rourke、西島 俊二 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

発電用原子炉の高経年化に伴い、中性子照射下の原子炉部材の損傷形成過程を評価し、その寿命を精度良く予測することが、近年、強く求められている。このため、従来の経験的な評価手法だけでなく、照射損傷形成過程の基礎的な理解に基づいた評価が重要である。本研究では、高強度陽低速電子ビームとイオンビームをそれぞれ試料室に導いて複合照射し、照射損傷の導入中に材料の陽電子寿命測定が可能な複合ビーム分析法を開発する。平成23年度は、複合ビーム分析装置のイオンビームラインと陽電子ビームラインの最終調整を行った後、複合ビーム分析を実施した。試験的試料として熱酸化 Si を用いて装置の性能確認を行い、イオン照射中に陽電子寿命スペクトルの同時取得が可能な事、欠陥の形成に伴う陽電子寿命スペクトルの逐次変化が測定できる事が示された。次に、これまでに既存陽電子ビームラインで予備実験したものと同一純 Fe および純 Ni 試料に対して実験を行った。そして、イオンビームの連続照射、あるいは、イオンビームの照射と停止を繰り返す交番照射の形で、陽電子寿命測定を行った。その結果、金属試料に対してもイオン照射中の陽電子寿命スペクトルの逐次変化が測定できることが示された。本研究の装置開発を通じて、時間分解した陽電子パルスによる点欠陥の動的過程観測の基礎技術を確立した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 陽電子消滅分光、照射損傷、その場分析

〔研究題目〕 原子燃料融点の高精度測定に関する研究

〔研究代表者〕 石井 順太郎 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 石井 順太郎、山田 善郎、笹嶋 尚彦 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

原子炉の高効率・高熱出力運転や高速増殖炉の熱設計・管理の目的から信頼性の高い燃料融点の情報整備が喫緊の課題となっている。そのため本研究では、原子燃料融点温度の高精度測定技術の開発を行う。具体的には：

1) 温度測定の基準となる国際単位系 (SI) トレーサブルな高精度温度目盛設定技術の開発を UO_2 の融点を超える 2900°C まで行う。2) 2900°C まで使用可能な融点測定用高温炉技術を開発し、原子燃料融点の精密計測技術を確立する。同時にその場 (in situ) 校正用温度定点セル技術を開発する。3) 開発した技術を日本原子力研究開発機構 (JAEA) に移転し UO_2 融点を高精度で測定する。

平成23年度は、JAEA の融点測定炉中で放射温度計の in situ 校正に使用するための金属製高温定点セルの再現性向上と不確かさ評価を行った。タングステン (W) るつぼ中の W_2C 共晶定点とレニウム (Re) るつぼ中の Re-C 共晶定点の実用化に向けて、定点金属とるつぼ材の反応を抑制するために内部に金属箔を配置したるつぼを用意し、定点金属量の異なるセルを複数個製作し、融解温度値に及ぼす定点金属量と融解・凝固速度依存性を評価した。一つのセルを同一測定条件下において単色放射温度計で評価することにより、融点が標準偏差で 3 K で実現できることを実証した。さらに、融解速度をゼロに補外した値は、6 K 以内で一致することを実証した。今後、放射率の影響や融解速度の影響をさらに精密評価することにより、 W - C 共晶定点実現の不確かさのより一層の低減をはかる。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 原子燃料、融点、高温標準、高温定点、放射温度

・その他

〔研究題目〕 国際共同研究の推進

水と二酸化炭素を利用するサステイナブル触媒反応システム開発

〔研究代表者〕 白井 誠之 (コンパクト化学システム研究センター)

〔研究担当者〕 白井 誠之、佐藤 修、山口 有朋、日吉 範人、佐藤 恭子、上田 昭子、村上 由香 (常勤職員4名、他3名)

〔研究内容〕

本開発では、バイオマスや有機系廃棄物の化学原料化、そして得られた化学物質を変換し工業的に重要な化合物へ変換する触媒システム開発を行うものである。特に、有害な有機溶媒や無機酸を用いないで変換する触媒反応システムをインドの研究者の協力のもとに行う。具体的には、1) 二酸化炭素溶媒と固体触媒を利用する水素化反応、2) 高温水による未利用資源の化学原料化、3)

水と二酸化炭素を利用するバイオマス派生物の変換反応について検討する。平成23年度は、高温水と高圧二酸化炭素を用いる反応システムの構築を行い、以下の結果を得た。1) 超臨界二酸化炭素中でフルラール水素化反応に高活性を示す担持パラジウム触媒を開発した。二酸化炭素圧力制御により反応活性の向上に成功した。2) リグニンを主成分とする有機系廃棄物を400℃の超臨界水でメタンや水素等の燃料ガスに変換できる担持ルテニウム触媒を開発した。3) 多価アルコールを高温水と高圧二酸化炭素で連続的に処理できる流通装置の開発に成功した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水、二酸化炭素、固体触媒

【研究題目】国際共同研究の推進 先進 Mg 合金開発に関する東アジア連携の構築

【研究代表者】坂本 満（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】坂本 満、重松 一典（サステナブルマテリアル研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

先進 Mg 合金の開発は、自動車等の軽量化技術に貢献し、アジア地域において緊急の課題とされている環境問題の解決に効果的な技術の一つである。我が国は Mg 合金開発に関しては先進的技術を有しているが、原料の安定的供給国、材料の大量使用国との連携なくして将来の展開は見込めない。本研究においては、東アジアにおける Mg 研究の拠点である大学・研究機関と相互補完的な共同研究を推進し、これらの研究活動を通して、先進 Mg 合金開発に対する持続的、戦略的かつ互恵的な国際連携の基盤を構築する。

本課題においては、先進 Mg 合金の高機能化と高度な利用技術として必須となる技術開発を行う。マグネシウム合金の最適組成制御及び加工組織制御による機械的特性の改善と塑性加工材の接合に関する基盤技術の確立を目指す。組成及び加工組織制御によるマグネシウム合金の機能性を最大限に発揮するための溶化材及び溶接技術の検討を通じて、高機能マグネシウム合金を構造体として広範に実用するための技術基盤を確立する。

平成23年度はマグネシウム合金の高機能化を目指し、カルシウムが添加された難燃性マグネシウム合金 AMX602（Mg-6.0wt%Al-0.4wt%Mn-2.0wt%Ca）の押し板材の溶接技術について検討した。すなわち、昨年度に合金設計した各種溶加材を用いたアーク溶接技術について、良好な接合特性が得られた溶加材成分についての強化機構の解明を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】マグネシウム合金、組織制御、接合技術、溶加材、東アジア

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

【研究代表者】遠藤 貴士（バイオマス研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、美濃輪 智朗、李 承桓、柳下 立夫、藤本 真司
（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

本テーマは、岡山県を中核機関として企業、大学、公設試を含めた産学官13機関で研究開発を推進しており、ヒノキ等の間伐材を原料として、ナノサイズの超微細繊維（ナノファイバー）を製造し、オレフィン樹脂等と複合化・成形することにより低コストでかつ物性に優れた複合材料の開発を目標としている。また、将来的な事業性についても経済性、環境性および社会性の観点から評価を実施する。

本年度は、ナノファイバーの複合化方法について研究を進めた。湿式ディスクミル処理により製造した大量の水を含んだナノファイバーのポリオレフィンへの複合化方法の検討として、水溶性添加剤の効果について調べた。その結果、高級脂肪酸塩あるいはセルロース誘導体塩をナノファイバースラリーに0.25wt%添加して凍結乾燥ナノファイバーを得た後に、ポリプロピレン（PP）と複合化することにより、未添加のPPと比較して引っ張り強度で1.5倍、弾性率で2.4倍、物性を向上させることができた。また、モデル系での複合化試験を実施した結果、水溶性ポリマーであるポリビニルアルコールとの複合体では、ナノファイバー添加量が1wt%でも引っ張り強度が1.3倍まで向上することが確認できた。

事業性評価については、参画機関へのヒアリングを行い、本実証事業および実用化時のデータを収集して、バイオマス会計表を作成した。これに基づいた経済性ならびに環境性（GHG 排出量）の評価を行った。また、山側の評価のため、日本各地の林業の状況を調査し、日本および真庭市の林業体系における GHG 排出量は、木材が固定化する CO₂量の数%であることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】間伐材、セルロース、微細繊維、セルロースナノファイバー、複合材料

【研究題目】タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究

【研究代表者】匂坂 正幸（安全科学研究部門）

【研究担当者】匂坂 正幸、工藤 祐揮、定道 有頂
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

タイ国において低炭素排出型のエネルギーシナリオを作成するために、Japan-SEE（Sustainable Energy and Environment）Forum が Thai-SEE Forum のカウ

ンターパートとなり、国際共同研究を推進する。特に本研究ではそれぞれの技術について個別に共同研究を行うのではなく、エネルギー需給シナリオ策定研究を統括的に実施しつつ、タイ国における重点課題に対して分科研究グループを構築し、それぞれが有機的な連携を図りながら共同研究を実施する。

エネルギーブランテーションによるバイオエネルギーの生産は、石油輸入に伴う支出を削減すると共に、国内での新産業を創出し、エネルギー・セキュリティを高めるだけでなく、地球温暖化の主因である温室効果ガス（GHG）排出量を削減につながるとして、タイ政府の重要なエネルギー政策の1つとなっている。今後のバイオエネルギーの生産の拡大とそれに伴う温室効果ガス排出削減量を予測するため、平成23年度は地理・気象・土壌など地域固有の条件を考慮し、バイオエネルギー生産可能量とそれに伴う GHG 排出削減ポテンシャルを推定するモデルを構築した。またこのモデルを用いてデータが入手できた北タイにおいてケーススタディを行い、異なるエネルギー作物からのエネルギー生産可能量と GHG 排出削減量ポテンシャルを示した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 タイ、低炭素、エネルギーシナリオ、ライフサイクル、バイオマスエネルギー

【研究題目】 国際共同研究の推進 アジア GEO Grid
イニシアチブ

【研究代表者】 田中 良夫（情報技術研究部門）

【研究担当者】 田中 良夫、関口 智嗣、小島 功、
中村 良介、山本 浩万、前田 高尚、
村山 昌平、Sarawut Ninsawat、
石戸谷 重之、江原 洋平、水落 裕樹、
宇佐美 哲之、矢田部 裕美
（常勤職員7名、他6名）

【研究内容】

アジア地域においては地球環境保全や災害予防などの地球環境科学に対するニーズが高い。炭素排出・吸収源などの局所規模地上観測データは、現在は地理的に散在し、観測実施者ごとに非統一的に処理されているが、これを標準的プロトコルに基づき集約し、広域、全球を網羅する面的分布データとして、衛星観測データやモデルとのスケールのギャップを埋める技術の開発が必要である。本研究においては、グリッド技術を用いてアジア諸国が保有するデータベースを共有する情報処理基盤を確立する。複数の環境観測的研究分野と情報技術研究分野の融合により、アジア地域における長期持続的かつ分野・地域横断的な環境観測情報の集約・統合・利用の推進と、地理情報システムに関する国際標準に貢献することを目指す。

本研究は平成22年度から24年度までの計画であり、2年目にあたる平成23年度は、①統合検索システムの研究

開発、②地上フラックス観測のモデルケース構築、について研究開発を進めた。①においては、岐阜高山スーパーサイトおよびタイの MaeKlong と Sakaerat の2ヶ所のスーパーサイトにおけるセンサーデータ、ASTER および MODIS の衛星データのカタログ情報を統合データ検索サイトに登録し、衛星データとセンサーデータのカタログ情報の統合検索を実現した。②においては、岐阜高山スーパーサイト、タイの MaeKlong および Sakaerat の2スーパーサイトにおいて、現地フラックスタワーに装備された多数のセンサーによる観測データをオンラインで自動収集・送信するシステムの構築、運用を行った。

衛星データとセンサーデータを統合利用するアプリケーションとして、衛星データとセンサーデータの比較により植生指数 EVI（Enhanced Vegetation Index）と植生の総一次生産量（GPP）の関係を見るシステムを開発した。本アプリケーションで活用するデータ検索・収集において①と②により構築した統合検索システムを用い、その機能および性能評価を行ない、標準プロトコルを介して複数の地球観測にかかるデータベースを統合検索・利用するという当初の目的を実現できていることを確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 グリッド、GEO Grid、フラックス、地球環境

【研究題目】 CZTS 系薄膜太陽電池の欠陥・界面・粒界の評価および高性能化技術の開発

【研究代表者】 仁木 栄

（太陽光発電工学研究センター）

【研究担当者】 仁木 栄、松原 浩司、柴田 肇、
石塚 尚吾、反保 衆志
（常勤職員5名）

【研究内容】

目標：

CZTS 系太陽電池は研究開発の歴史も浅く、基礎的な物性データも十分ではない。長岡高専および産総研で作製した薄膜、デバイスについて、CIS 系で実績のある各種評価手法を用いて系統的な評価を行い、高効率化のための課題を明らかにするとともにデータベース化を図る。さらに、CZTS 系光吸収層に最適な周辺素材の見直し・最適化を図る。

研究計画：

CZTSSe 太陽電池の技術課題を明らかにすることを目的に、欠陥・界面・粒界の系統的な評価を行い、それをもとに材料・構造両面から徹底的な検討を行うことで、10%を超える CZTS 太陽電池を実現する。具体的には、1)、2)の研究テーマを実施する。

1) 評価技術の開発

CZTS 太陽電池では、CZTS 光吸収層の組成が、

Cu-poor、Zn-rich 組成の時に高い変換効率が得られることが、長岡高専グループの研究で明らかになった。これは化学量的組成のずれにより生成される点欠陥が太陽電池性能と密接に関わっていることを意味している。

CZTSSe 太陽電池は研究開発の歴史も浅く、基礎的な物性データも十分ではない。長岡高専で作製した薄膜、デバイスを中心に、上記の各種評価手法を用いて系統的な評価を行い、高効率化のための課題を明らかにするとともにデータベース化を図る。

2) 高性能化のための新材料、新構造の探索

CZTS 太陽電池の高効率化のための新材料、新構造の探索を行う。CZTS 太陽電池では、CIGS 太陽電池で成功している基板・材料をほぼそのまま用いている。本テーマでは、上記テーマ1) で明らかになった課題をもとに、基板から、光吸収層、バッファ層材料、窓層まで、材料と構造の見直しを行う。光吸収層については、多段階での積層構造や傾斜組成の容易な蒸着法による製膜技術を独自に開発する。最初の3年間は課題1) の評価と技術指針の明確化を中心に進める。後期2年間は課題2) の太陽電池での性能実証を中心に研究開発を進める。

年度進捗状況：

平成23年度は CZTSe における組成ずれと変換効率の関係性を調査し、組成ずれ、および特にキャリア濃度に変換効率に大きく影響することを明らかにした。本年度は「物性・デバイスの評価」については、変換効率向上を阻害している原因を明らかにし、高品質な CZTSSe 混晶を用いて系統的に光学的・電氣的な諸物性の解明を進める。

また、「界面形成技術の開発」については、CZTSSe 太陽電池構造において、各薄膜層界面や結晶粒界等の評価を進める。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 薄膜太陽電池、CZTS、物性評価、デバイス高性能化

【研究題目】 可搬型生物剤・化学剤検知用バイオセンサの開発

【研究代表者】 永井 秀典（健康工学研究部門）

【研究担当者】 永井 秀典（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

病原性微生物を検知するバイオセンサを搭載した、小型軽量で携帯可能なシステムを開発する。超高速なセグメントフローPCR を搭載し、測定開始から結果表示まで15分以内に危険濃度の検知を実現する。

研究計画：

炭疽菌検知用のセグメントフローPCR 法を用いたバイオセンサの作製のため、透明樹脂板上に小型 NC 微

細加工機をもちいて、微細流路を切削加工し、リアルタイム PCR 法による遺伝子の増幅に伴って変化する2波長の蛍光バランスを計測することで、標的遺伝子の定量を実現する。特に、セグメントフローPCR 法を用いるセンサにおいて、試料遺伝子の流路内壁への非特異吸着が感度の低下を引き起こすため、炭疽菌遺伝子の検知感度の向上を目指して、試料遺伝子の流路内壁への非特異吸着を出来るだけ抑制する流路コーティング技術を開発する。

年度進捗状況：

炭疽菌検知用セグメントフローPCR 法を用いたバイオセンサを NC 微細加工機により作製し、流路デザインを最適化した。また、最適化されたデザインに基づき射出成形によるバイオセンサの大量生産を行った。作製したセグメントフローPCR 法を用いたバイオセンサにより、炭疽菌遺伝子検知用及びコントロール用のリアルタイム PCR キットの試料遺伝子の増幅を行い、それぞれ2色の蛍光波長を使い分け各遺伝子の定量を実現した。さらに、タンパク等を利用したコーティング技術を新たに開発し、遺伝子試料の非特異吸着の抑制し、高い増幅効率を実現した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 PCR、POCT、遺伝子、炭疽菌

【研究題目】 細胞性粘菌リソースの整備と提供（細胞性粘菌標準株および変異株の収集、保存と提供）

【研究代表者】 上田 太郎

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃、範 翠晶

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

基礎と応用の様々な分野でモデル生物として利用されている細胞性粘菌について、文部科学省・ナショナルバイオリソースプロジェクトの補助を受け、系統株と遺伝子及びそれに対応した変異株のリサーチリソースを収集整備し、保存・提供することによって当該生物を利用した研究の一層の発展を図る。当研究グループでは、国内の細胞性粘菌研究者が分散保存している細胞株を集中的に保存し、希望者に提供することで、モデル生物として様々な優れた性質をもつ細胞性粘菌の研究をさらに活性化することを目標として活動を行っている。また同じ目的から、細胞性粘菌を扱ったことがない研究者が新規に細胞性粘菌の研究に参入しやすい環境を整備し、必要に応じて、基本的な培養法や実験技法の指導を行う。

今回特筆すべき事情として、前年度3/11の大震災に伴う長期停電で冷凍庫の温度が上昇し、多くの保存株が失われてしまった。そこで今年度は、これらの株の回復に全力を傾けた。具体的には、液体窒素容器にバックアップのあった株はそれを増殖再保存、バックアップのない

ものについては、可能な限り寄託元から再度取り寄せて再保存した。しかし10株程度は完全に失われてしまった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞性粘菌、株保存、提供、バイオリソース

【研究題目】光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点

【研究代表者】野間口 有（理事長）

【研究担当者】石川 浩、並木 周、工藤 知宏、河島 整（常勤職員33名、他16名）

【研究内容】

映像情報を中心としてネットワークトラフィックが増大しており、対応してネットワーク機器の消費電力が急激に増大している。ネットワークを活用した効率的な社会インフラを構築するには、低消費エネルギーで大量の情報を処理することのできる新しいネットワーク技術が必要となる。この新しいネットワーク技術として、光スイッチを用いた回線交換型の光パスネットワーク技術を開発する拠点を協働企業10社とともに形成している。映像情報のような大きな情報を、光スイッチによる光パスネットワークで扱うことで従来のIPネットワークに比べて大幅な消費電力の低減が可能となる。この拠点では、デバイス、システム化技術からアプリケーションとのインターフェースまでをカバーする垂直融合の技術開発を進めている。具体的には企業と連携して、以下の四つの技術開発を行っている。第一はネットワークアプリケーションインターフェース技術で、ネットワーク資源とストレージ資源を統合管理するソフトウェアの開発を進めた。第二はダイナミックノード技術で、多粒度情報に対応できる光ノードを目指して、要素技術として、ODUスイッチ、ダイナミックROADM、ならびに波長可変レーザの開発を進めた。第三はパスキューションング技術で、伝送路の分散と波形劣化の評価技術の開発、パラメトリック分散補償装置のモジュール化の基礎検討を行った。第四は、光パスネットワークで光パスを切り替える光スイッチで、シリコン細線導波路型の干渉計構造による多ポートのスイッチを目指して開発を進めて、8x8のスイッチの技術を開発した。また、波長選択性スイッチについても設計と要素技術開発を進めた。以上に加えて、将来のネットワークのアーキテクチャについて検討を行い、リングとメッシュからなる光パスネットワーク案を策定した。H26年にはこれらの技術を統合して、光パスネットワークの実証デモ実験を行う予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光パス、省エネルギー、ネットワーク、シリコンフォトリクス、光スイッチ、可変分散補償

③【環境省】

・地球温暖化対策技術開発事業

【研究題目】温泉共生型地熱貯留層管理システム実証研究

【研究代表者】阪口 圭一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】安川 香澄、阪口 圭一、當舎 利行、佐々木 宗建、柳澤 教雄、内田 利弘、上田 匠、高倉 伸一、杉原 光彦、西 祐司、町田 功、名和 一成（常勤職員12名）

【研究内容】

本事業の目的は、“温泉に対する悪影響がない発電が可能であることを実証する総合的な地熱貯留層管理システムを開発した上で、当該システムの有効性を検証すること”である。業務の内容としては、以下の3項目を掲げている。平成23年度は、八丈島と南伊豆の2つのモデル地域を対象として実証研究を行った他、最終成果物となるシステムの基本設計を行った。

1) 地熱系モデル開発及びシステム統合化

八丈島地域においては、モニタリング、シミュレーション等のデータの突き合わせを行い、モデルを改良した。南伊豆地域においては、地熱系モデルを作成のため、不足している地質・水理・地化学データを取得して、地熱系モデルを作成した。また、比抵抗調査（MT法）の予備調査を行った。システム統合化に関しては、モニタリングの項で示す通り、八丈島地域におけるモニタリングデータの自然変動幅を把握した。また最終年度に備え、最終成果物となる統合化システムの概念設計を行った。

2) モニタリング技術開発

八丈島地域においては、観測井の掘削及び揚水試験を行い、モニタリングの重要項目である水位等の観測準備を行った。発電所・温泉データについては、データ取得に必要な装置設置・動作確認を完了し、データの蓄積を開始している。今年度は、これまでに得られたデータ解析を行った。

南伊豆地域には既存のモニタリング設備がないので、今年度は、来年度予定しているモニタリングに備えて約700m深度の観測井を掘削し、検層（温度検層（含温度回復試験）、電気検層、注水試験時の温度・圧力検層）と注水試験を行った。なお温泉井モニタリングは、観測井近傍の休止温泉井3本を使い、温度、水位、電気伝導度を数分間隔で測定を行った。

一方、微小重力についてはモニタリング手法を確立させるため、八丈島において、3か所の温泉及び観測井での水位等の連続観測、調査井地点での高精度重力計による重力連続観測および、ハイブリッド重力計測を行った。

3) 変動予測シミュレーション

八丈島での浅部をより詳細にシミュレーションする

ための昨年度のモデル設計に基づき、今年度は、変動予測シミュレーション結果と各種モニタリングデータ等の比較検討を行い、モデルの改良を行った。

〔分野名〕 エネルギー・環境、地質

〔キーワード〕 地熱発電と温泉との共生、地熱貯留層管理システム、地熱系モデル、モニタリング、シミュレーション、八丈島、南伊豆、観測井

・地球環境保全等試験研究

〔研究題目〕 非意図的生成 POPs の生成挙動と排出抑制に関する研究

〔研究代表者〕 畑中 健志（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 畑中 健志、竹内 正雄、土屋 健太郎、浮須 祐二、北島 暁雄
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

これまでの研究結果から、金属溶解炉などの産業用炉では、残留性有機汚染物質（POPs）に関するストックホルム条約において可能な限り削減することとされている非意図的生成 POPs の排出を、廃棄物焼却炉で使用されている既存の排ガス処理では十分に抑制できないことが分かった。この原因を解明し、産業用炉からの汚染物質の排出を低減するため、金属溶解炉から採取したフライアッシュを用いた実験を行うとともに、稼働中の金属溶解炉の煙道で排ガスやフライアッシュのサンプリング、POPs等の組成分析を行った。

稼働中の溶解炉のバグフィルター前後で排ガスのPOPs濃度を比較すると、排ガス温度が十分低いにも関わらず、出口の方が入口より明らかに高かった。この測定結果は、これまでに研究室で実施したフライアッシュの加熱実験の結果と大きく異なった。この原因を明らかにするため、フライアッシュ組成や各実験条件がPOPs生成挙動に及ぼす影響を調べた。この結果、研究室での加熱実験の結果が工場での測定結果に近くなる条件を見出した。これらの条件は、稼働中の金属溶解炉のバグフィルターで、十分温度が低いにも関わらずPOPsが生成する原因と密接に関係していると推測され、これらの影響をさらに詳細に調べることで、実施が容易で十分な排出抑制が可能となる対策技術を検討する。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属溶解炉、残留性有機汚染物質、排出抑制

〔研究題目〕 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）PFOS/PFOA 前駆体物質の分解・無害化反応システムの開発

〔研究代表者〕 忽那 周三（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 小池 和英、堀 久男、三浦 直子、

村山 美沙子（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では産業界での重要度が高いPFOS/PFOA前駆体物質のうち、今後も使用される見込みが高いもの、PFOS/PFOA代替物質という側面があり需要が増加しているものおよび新材料に関し、焼却によらない低エネルギーコストの分解反応システムを開発する。

23年度は実試料の分解処理で問題となる共存物質の影響について、ペンタフルオロプロピオン酸イオン（ $C_2F_5C(O)O^-$ 、PFOAと同族、PFOA/PFOS前駆体物質の分解反応中間生成物）と塩化物イオン（ Cl^- ）の混合液のペルオキシ二硫酸イオン（ $S_2O_8^{2-}$ ）光反応を検討した。その結果、 $C_2F_5C(O)O^-$ 分解反応開始剤の $SO_4^{\cdot-}$ が Cl^- との反応により消費されて $C_2F_5C(O)O^-$ 分解反応が阻害されること、 Cl^- は $SO_4^{\cdot-}$ 反応により塩素酸イオン（ ClO_3^- ）に変換するため相当量の $S_2O_8^{2-}$ を加えれば Cl^- が溶液から除去されて $C_2F_5C(O)O^-$ 分解反応が進行することがわかった。反応開始に必要な $S_2O_8^{2-}$ 量は、 Cl^- 初期濃度に比例した。一方、 Cl^- が除去されると、 ClO_3^- がさらに酸化して有害性が懸念される過塩素酸イオン（ ClO_4^- ）が生成した。 Cl^- 共存下で $C_2F_5C(O)O^-$ 分解反応を進行させ、かつ ClO_4^- を生成しない触媒を探索したが、 ClO_4^- 生成を抑制する触媒はみつからなかった。そのため、分解反応の前処理として Cl^- の分離操作を検討した。市販の銀担持フィルターで試料液をろ過することにより試料液から Cl^- のみを完全に除去できることを確認し、このような分離前処理が実試料の分解処理に有効であることを示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 有機フッ素化合物、PFOS、PFOA、ペルオキシ二硫酸、塩化物イオン、塩素酸イオン、過塩素酸イオン、分離操作、前駆体、代替物質

〔研究題目〕 平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究

〔研究代表者〕 村山 昌平（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 裕昭、村山 昌平、前田 高尚、石戸谷 重之、谷田部 裕美、宇佐美 哲之、蒲生 稔、山本 晋、三枝 信子、安立 美奈子
（常勤職員4名、他6名）

〔研究内容〕

本研究では、これまでに各研究機関で運営されてきたタワーフラックス観測サイトを長期生態系モニタリングサイトとして整備・運営する。観測手法の標準化を図ることによって、観測サイト群総体としての効率化・合理

化を図るとともに、アジア地域の多様な立地条件に適用可能な標準観測手法を構築・提示する。また、CO₂フラックスに関して、移動が容易な基準観測システムを開発して比較観測を実施し、モニタリングサイト群としての精度確保を図る。アジアの地域基幹サイトにおいて比較観測を行い、データ共有化、アジア地域からのデータ提供を促す。産総研では、これらのうち、国内山岳遠隔サイトおよび海外森林サイトの観測を継続し、長期連続観測手法の標準化およびデータの共有化を目指す。

H23年度は、岐阜県高山市の乗鞍山麓にある冷温帯落葉広葉樹林サイト（高山サイト）において、タワー観測を継続して実施した。過去3年と比べて春季の気温が低く正味のCO₂収支が吸収に転じるのが遅かった。梅雨の期間が早く、6月の日射量が少なかったため、6月の正味CO₂吸収量は過去3年と比べて小さかった。7月下旬以降、フラックス観測に使用しているポンプにトラブルを生じたため、観測されたCO₂フラックス値の補正方法の検討を進めた。タイの熱帯林サイトにおいては、現地研究機関と協力して、長期観測維持のために測器の整備を行って観測を継続した。観測サイト構内のオンライン化を進め、現地におけるデータの消失を防ぐため、サイト内に散在するデータロガー類のデータを複製・集約保管し、つくばへ送信する通信システムの試験導入を行った。また、現地機関や関連研究機関と今後の情報交換、連携、人材育成についての協議を行った。さらに、タワーを用いたCO₂フラックス観測手法の標準化に関連して、当研究課題共同研究機関と協力して英文マニュアルを作成し、ウェブ上で公開するとともに冊子として出版した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】炭素循環、森林生態系、フラックス観測、長期生態系モニタリング、ネットワーク

【研究題目】平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）
南鳥島における微量温室効果ガス等のモニタリング

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】石戸谷 重之、宇佐美 哲之
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

南鳥島において、既存の観測所設備と研究観測で確立されてきた観測技術を活用し、また同島の諸事情にあわせた形で改修し、微量温室効果ガスのモニタリングを開始する。観測現場で大気試料を採取し、実験室に持ち帰って分析を行う、フラスコサンプリング法により南鳥島の各成分の変動を把握するとともに、遠隔制御技術により可能となった連続観測装置を清浄大気にあわせて改修し、時間分解能の高い観測を開始する。気象庁が取得している主要な温室効果ガスの観測データと新たに気象研

究所、国立環境研究所および産総研が開始する観測で得られるデータとを組み合わせる統合データセットを作成し、温室効果ガス等の濃度変動のプロセス解明等の研究を進める。産総研では大気中二酸化炭素（CO₂）の安定同位体比の観測をフラスコサンプリング法及び質量分析計を用いた手法により開始するとともに、開発中のCO₂安定同位体比連続測定装置の改良を進め、清浄大気観測への適用を目指す。

平成23年度は、清浄大気のCO₂安定同位体比の高精度観測に適した大気試料の採取法の検討を行った。2011年6月から南鳥島においてフラスコサンプリング法による観測を開始し、およそ1週間に1回の頻度でデータを取得した。得られたデータの解析を行い、夏から冬にかけての南鳥島における時間変動の特徴を明らかにすることができた。同位体比連続測定装置については、清浄大気の振幅の小さな変動が高精度に測定できるように、光学系の改良について検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】南鳥島、温室効果ガス、バックグラウンド大気、安定同位体、炭素循環

【研究題目】平成23年度試験研究調査委託費（地球環境保全等試験研究に係るもの）
分子内プロトン転移と錯形成を吸着原理とする新規ホウ素回収剤の開発

【研究代表者】清野 文雄（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】清野 文雄、中山 紀夫、野崎 たみ
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究は、安価で簡便なホウ素回収技術を開発することを目的とし、このため、(1)分子内プロトン転移制御による新規ホウ素吸着剤の研究開発、(2)天然代替物の利用によるホウ素吸着剤の低コスト化、(3)ホウ素リサイクルシステムの経済性評価の研究を行うものである。

まず、新規吸着剤を探索するための基礎検討として、特に1-N,N ジメチルアミノ-2, 3, 4, 5, 6ペンタヒドロキシヘキサンを対象として、この、3、4位のヒドロキシル基をチオール基に置換した化合物（1-N,N ジメチルアミノ-2, 5, 6-トリヒドロキシ-3, 4-ジメルカプトヘキサ）及び3、4位の炭素を珪素に置換した化合物について同様の計算を行い、計算結果を比較することにより吸着剤としての可能性を検討した。その結果、天然化合物にはシステインなどのようにチオール基を持つものもあり、このような天然化合物を高効率なホウ酸吸着剤として使用できる可能性があることが示された。

天然代替物の利用によるホウ素吸着剤の低コスト化の研究においては、排水中のホウ素の除去剤として、建設工事現場で発生している廃棄物であるコンクリートスラッジを原料とした吸着剤を創成することを試み、優れたホウ素吸着能を持つものが得られた。具体的には、スラ

ッジを蒸留水で希釈後攪拌し、硫酸アルミニウムを添加し、合成反応させ、脱水後、様々な温度で乾燥処理をして吸着剤とした。ホウ素吸着能試験の結果において全ての処理工程を行った吸着剤においてホウ素濃度の減少が見られた。XRDの結果から、吸着剤にはエトリンサイトが含有されていることが確認され、ホウ素は主として硫酸イオンとイオン交換によって取り込まれているものと推測された。また、ホウ素回収プラントを排水処理施設とリサイクルのための回収施設に分け、それぞれ導入コスト、運転コストを試算した結果、リサイクルを行った方が採算性は向上するとの結論を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ホウ素、吸着剤、天然代替物

【研究題目】ディーゼル特殊自動車排出ガス浄化のための多機能一体型コンバータに関する研究

【研究代表者】後藤 新一

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】後藤 新一、濱田 秀昭、小淵 存、大井 明彦、内澤 潤子、難波 哲哉、平田 真司、佐々木 基、Sultana Asima、鈴木 邦夫、小熊 光晴(常勤職員7名、他4名)

【研究内容】

ディーゼルエンジン排ガス中のすべての規制成分、すなわち、NO_x、PM、CO、HC を処理するための触媒やDPFを備え、さらに、小さい補助加熱で内部を昇温し各触媒反応を促進することが可能な自己熱交換(熱回収)機能を備えた多機能一体型反応器の開発に取り組み、排気量3.3Lのエンジン排ガスを処理できる、主要部体積6.6Lのコンパクトな一体型コンバータを試作した。本コンバータに酸化触媒、DPF、NH₃-SCR触媒等を搭載し、NH₃をNO_x還元剤として用いることにより、コンバータを全く使用しない場合と比べて約5.5%、補助加熱を使用しない場合と比べて約2%の燃費犠牲によりコンバータ内部温度を常に320℃に保つことが可能になり、この効果によりディーゼル特殊自動車の過渡運転条件(NRTCモード)で、目標とするNO_x除去率90%以上の性能を達成した。また、PM処理については、Pt/Al₂O₃を担持したDPFを同コンバータに搭載することにより、総除去率99%以上、20nm程度のナノ粒子についてもDPF再生中以外は除去率90%以上の性能で取り除くことが可能なことを確認した。なお、捕集されたDPFは内部温度を400℃以上に保って連続再生するか、短時間620℃まで上昇させて強制再生することが可能である。

また、上記コンバータの開発と併行して、還元剤の一部として燃料を用い尿素SCRと組み合わせる新しい燃料由来SCR触媒の開発を行った。燃料由来SCR

触媒について模擬燃料条件で探索を行い、Cu/HZSM-5、Ag/Al₂O₃、Co/ZSM-5が比較的高い活性を有することを見出した。さらに実証候補となる燃料由来SCR触媒として、Ag/Al₂O₃とZn/ZSM-5の物理混合触媒を選定し、模擬排ガス条件で最大67%のNO転化率を示すことを見出した。耐久性検討の結果、同触媒は10時間程度連続運転しても55%程度のNO_x転化率を維持できることを確認した。さらに、本触媒の実ガス評価を行い、特殊自動車排ガス後処理触媒としての実用性を調べた。また、燃料由来SCRと組み合わせる尿素SCRについて、活性の発現要因を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ディーゼル特殊自動車、排出ガス、窒素酸化物、粒子状物質、浄化、コンバータ、自己熱交換、選択還元触媒

【研究題目】外部振動源による家屋内環境振動の人体感覚評価・予測に関する研究

【研究代表者】国松 直(地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】国松 直(常勤職員1名)

【研究内容】

従来の調査検討結果によれば、敷地境界での排出源規制の考え方に基づく振動規制法では、家屋内振動の環境実態との整合性が十分ではないことが指摘されている。本研究は、家屋内環境振動の実態把握および人体感覚評価・予測精度向上のために、家屋が立地している地盤、家屋の基礎構造、家屋構造に基づく振動特性および家屋内振動暴露に関わる人体感覚特性を明らかにすることを目的とする。

研究内容は、(1)標準加振装置の開発、(2)家屋内外振動計測システムの開発、(3)ランダム振動に対する人体感覚特性の解明、の3項目である。

以下は、23年度の研究成果概要である。

- (1) 昨年度からの継続として、標準加振装置による有効な加振周波数範囲を確保するために、鉛直および水平方向加振に対して周波数域における信号処理および高周波数域におけるハード的な検討を行い、約3Hz～16Hzの振動伝達特性を得ることができるよう改善が見られた。
- (2) ワイヤレスシステム方式の屋外広域振動計測システムを開発し、実際に数カ所において計測点で記録された加速度をホストステーションへ転送する広域計測を行い、課題を整理した。
- (3) ランダム振動を用いた被験者実験を実施し、水平方向振動による被験者の知覚特性について、FFT分析による卓越振動数と時系列波形における加速度最大値で評価できる可能性を見出した。他方、水平および鉛直方向振動についての実験を実施し、現行の評価法による知覚閾値を求め、評価法の違いによる差異を検討した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 環境振動、外部振動源、家屋振動、標準加振装置、無線センサ、感覚評価

[研究題目] 健康リスク解析のための騒音曝露の長期観測データ収集システムの開発と住民参加型データベース構築手法の研究

[研究代表者] 今泉 博之（地圏資源環境研究部門）

[研究担当者] 今泉 博之、高橋 保盛、藤本 一寿、穴井 謙（常勤職員2名、他2名）

[研究内容]

騒音の長期間曝露による健康への影響を研究するために、住民の行動パターンと騒音曝露量の長期間にわたる取得と、それをデータベースとして収集・蓄積するためのシステムの開発を実施してきた。最終年度の取りまとめ成果は以下の通りである。

- (1) モバイル型情報通信端末を基幹とした住民行動パターンと騒音観測データの自律型収集システムの基本設計を行い、騒音信号計測部、環境情報計測部および位置情報計測部から構成され、位置情報計測部に搭載された各種データの収集・計測・転送およびそれらの閲覧等に係る機能を統括するソフトウェアで制御されるシステムの実機プロトタイプ（以下、HIKE という）を製作した。さらに、当該プロトタイプが“長期間騒音曝露の健康リスクの解析”に用いることができることを確認した。
- (2) HIKE による一連の計測データを長期間にわたり収集・蓄積し健康リスク解析に資するデータベースを構築するために、計測データの検索・抽出機能を具備したデータベースサーバを構築し、全計測データを管理可能なデータベース構造を確立した。また、HIKE を構成するモバイル型情報通信端末からデータベースサーバ上に蓄積された計測データの検索・抽出および抽出された騒音曝露状況を数値地図にマッピング・表示するツール等を開発した。
- (3) 長期間の同時計測を通じた HIKE およびデータベースサーバの動作検証を行い、正常に作動することを確認した。以上から、住民の行動パターンと騒音曝露量を長期間にわたって取得し、それをデータベースとして収集・蓄積するためのシステム HIKE を確立させた。
- (4) 本研究実施者らが開発している環境騒音 GIS に、都市域の主要な騒音源である道路交通騒音に関して新規の道路構造に対する推計方法を加え、また推計方法全般の改良を行う等して推計結果の妥当性を向上させた。さらに、環境騒音 GIS による都市域の道路交通騒音（環境騒音）の推計およびそのマッピングと住民行動パターン（GPS データ）とを組み合わせ、騒音曝露量の予測が可能であることを示した。
- (5) 関連する既往の研究における騒音曝露と健康影響の

調査項目およびその方法等は、本研究が目指す“個人単位”の騒音曝露の把握と同一ではないものの、個人レベルの騒音曝露に係る研究は騒音の健康リスク解析に資するものとして強く支持されることが判明した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 健康リスク、騒音曝露、長期観測、データベース、住民参加型

[研究題目] 公共用水域・地下水中窒素を低減するための畜産排水からの窒素除去技術の開発

[研究代表者] 竹内 美緒（地圏資源環境研究部門）

[研究担当者] 竹内 美緒、坂田 将、山岸 昂夫（常勤職員2名、他1名）

[研究内容]

嫌氣的アンモニア酸化反応（アナモックス）は、有機物の添加なしに硝酸を窒素に変換する事が可能な微生物反応であり、これを利用することで従来技術より低コストな廃水からの窒素除去が可能と期待されている。

本年度は窒素濃度、pH、温度がアナモックス活性に与える影響を、安定同位体を用いた活性測定により調べた。アナモックス反応の亜硝酸に対する K_m 値は $1.8\mu\text{M}$ 、アンモニアに対する K_m 値は $26\mu\text{M}$ で、低い窒素濃度でも活性が維持されることが示された。硝酸還元によって生じた処理装置内のごく微量の亜硝酸をアナモックス菌も利用可能であったと考えられる。リアクター汚泥について酸素感受性および、担体の効果を検討した。その結果、担体に付着した状態で存在することにより0.6%の酸素の存在によっても活性は失われないことがわかり、担体の利用は酸素の阻害を回避する有効な手段になると考えられた。

[分野名] 環境・エネルギー、地質

[キーワード] 畜産排水、窒素除去、アナモックス反応

[研究題目] メガデルタ沿岸環境保全のための観測診断技術と管理手法の開発

[研究代表者] 齋藤 文紀（地質情報研究部門）

[研究担当者] 齋藤 文紀、田村 亨、田中 明子、金井 豊、西村 清和、齋藤 弘美（地質情報研究部門）、上原 克人（九州大学）、グエン・バン・ラップ、ター・チ・キム・オアン（ベトナム科学技術院）、楊 作升、王 厚杰（中国海洋大学）（常勤職員4名、他7名）

[研究内容]

アジアに数多く分布するメガデルタ（巨大デルタ）の沿岸環境保全のために、河川データと、沿岸陸域調査、沿岸海域調査、衛星データ解析を統合して、観測診断技術と管理手法を開発することを目的としている。5ヶ年計画で、1-2年目が中国の黄河を主体に、3-5年目はベト

ナムとタイのメガデルタを対象に研究を行っている。平成23年度は、ベトナムのメコンデルタを主対象に研究を行った。メコンデルタ中部のチャービン海岸において海浜地形と堆積物の繰り返し調査を実施し、2010年から2012年にかけて南部の侵食が顕著になってきていることが明らかになった。海浜地形と堆積物は冬季と夏季では大きく異なることがわかっているが、夏季に海域に堆積したと推定される堆積物を夏季モンスーンの終わりに採取し、ベリリウム-7を測定した結果、当該年の夏季の堆積物であることが実証された。また冬季モンスーンの時期に採取した堆積物からは、新たに河川からの土砂供給が無かったことが確認された。このことからベリリウム-7を用いた堆積物の解析が年変化及び季節変化の激しい沿岸域で有効であることが示された。合成開口レーダ(SAR)の衛星データを用いた解析では、データの強度画像から2006年12月から約4年間の河口州の面積の時系列の変化を捉えることを試みて、河口州の年変化と季節変化の検出に成功し、河口州が潮位変動と土砂の堆積によってこのような変化をしていることが明らかになった。

【分野名】地質

【キーワード】メコン江、デルタ、環境変動、沿岸侵食

【研究題目】温暖化に伴う内水域環境の変化監視情報システム構築に資する研究

【研究代表者】長尾 正之(地質情報研究部門)

【研究担当者】長尾 正之、鈴木 淳
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

内水域での環境変化を表す新指標として、炭酸系諸量に注目し、最適な測定方法について研究を行なった。温暖化の進行に伴い、内水域におけるpHや溶存無機炭素(Dissolved inorganic carbon, DIC)、全アルカリ度などの炭酸系諸量に変化している可能性があるが、この観点からの研究は未だ少なく、これらの炭酸系諸量の基本的な挙動の解明が必要である。霞ヶ浦に流入する人工河川である新利根川に観測点を設け、炭酸系諸量のモニタリングを実施した。炭酸系諸量には明瞭な季節変化が認められ、pHは夏に低く冬に高い。一方、溶存無機炭素および全アルカリ度は、夏に高く冬に低い。これは、温暖化が進行すると、炭酸系諸量の年較差が小さくなることを示唆する。観測点で商業的に養殖されている淡水棲二枚貝イケチョウガイの殻の炭素同位体比は、河川水の溶存無機炭素の炭素同位体比をよく反映していることも確認された。炭酸系諸量について過去のモニタリングデータが存在しない地点については、このような淡水棲二枚貝類を用いて、環境変遷の復元が可能であることが示唆される。また、ある程度の流れがある新利根川観測点と霞ヶ浦湖心では、炭酸系の挙動に大きな違いが認められ、その詳細解明は次年度の課題である。

【分野名】地質

【キーワード】水温、ダム湖、地球温暖化、時系列解析、季節調整法、水質、季節変動、霞ヶ浦

・環境研究総合推進費

【研究題目】第二種特定有害物質汚染土壌の迅速で低コストな分析法の開発

【研究代表者】丸茂 克美(地質情報研究部門)

【研究担当者】丸茂 克美、金井 豊
(常勤職員2名、他6名)

【研究内容】

大阪府の工場跡地の汚染土壌地と広島県の自然起源の汚染土壌地を対象に、土壌の蛍光 X 線分析、溶出量試験、含有量試験を実施して迅速で低コストな分析法を確立するため、ひ素や鉛の溶出量と含有量が高い土壌と、溶出量が低い含有量が高い土壌に含まれるひ素と鉛含有物質を、蛍光 X 線透視分析装置を用いて調べた。その結果、大阪府の工場跡地の汚染土壌地において鉛含有量と溶出量が高い土壌試料には、マンガン酸化物や鉄酸化物に鉛や銅、亜鉛が吸着されていることが判明した。一方、鉛含有量が高い溶出量が低い土壌試料中の鉛含有物質は炭酸鉛、リン酸鉛、金属鉛などのような鉛化合物として産することが判明した。また、広島県の自然起源の汚染土壌地のひ素溶出量と含有量がいずれも高い土壌にはひ素硫化物が含まれ、ひ素含有量が高い溶出量が低い土壌には鉄酸化水酸化硫酸塩鉱物のシュベルトマナイトが含まれることが明らかになった。シュベルトマナイトは硫酸イオンのサイトにひ素を固定することができるため、ひ素硫化物が分解して解放された鉄とひ素がシュベルトマナイトに固定されるならば、ひ素の溶出量は著しく低くなるはずである。従って、蛍光 X 線透視分析装置を用いて鉛含有粒子やひ素含有粒子を特定することにより、汚染土壌からのひ素や鉛の溶出量と含有量を把握できるため、迅速で低コストな分析法となる。

また、仙台市で実施された21個のボーリング試料を対象に10分間、60分間、6時間の溶出試験を行い、溶出時間がひ素と鉛の溶出量に与える影響を検討した結果、ひ素も鉛の溶出量は時間とともに増加してしまい、短時間の溶出量試験ではひ素と鉛の溶出量を把握できないことが判明した。従って公定法溶出量試験の時間短縮を図り迅速で低コストな分析法を確立することは困難であることが判明した。

【分野名】地質

【キーワード】第二種特定有害物質、土壌汚染、蛍光 X 線透視分析装置、溶出量試験、ひ素、鉛

【研究題目】溶融塩電解精製による太陽電池用 Si のリサイクルおよび製造方法の開発

【研究代表者】大石 哲雄(環境管理技術研究部門)

【研究担当者】大石 哲雄、布施 正暁、矢口 未季

(常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

太陽電池はエネルギー問題や CO₂排出量削減への寄与が期待され、需要も急増している。現在の主流は結晶 Si を用いたものであり、これは発電効率や信頼性等が優れているためであるが高コストであり、特に高純度 Si 製造時のコストや消費エネルギーが問題視されている。一方、今後廃棄される太陽電池も当面は結晶 Si 系のものが主であり、2020年頃から廃棄量が急増すると予想されているが、そのリサイクル技術はまだ確立していない。そのため、廃太陽電池から Si を低コストかつ効率的にリサイクルする、あるいは高純度 Si を安価に製造する技術の確立は緊急性の高い研究課題である。本研究では、Si を低コストかつ効率的にリサイクルするプロセスとして熔融塩を用いた新規な電解精製法を検討した。このプロセスは、Cu-Si 液体合金に不純物を含む Si を溶解して陽極とし、Al-Si 液体合金を陰極として主にフッ化物系の熔融塩中で電解精製を行う。これにより陰極側に濃縮した Si は部分的に冷却して Si を析出させ、高純度 Si を回収する。Si 濃度の低下した液体合金は電解槽に戻し、陰極として再利用する。本プロセスの特長は、両電極に液体合金を用いることで電解浴からの汚染を大幅に低減できるうえ連続化および工業化が容易であることに加え、省エネルギー的に Si を精製できる点である。平成23年度は、実験値および熱力学計算をもとに定性的、定量的な検討を行い、本プロセスにおいて問題となる元素を特定した。さらに、太陽電池リサイクルに関わるライフサイクルアセスメント (LCA) とマテリアルフロー解析 (MFA) の準備段階として、インベントリデータの収集と太陽電池の導入量、廃棄量の推計を試みた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] リサイクル、太陽電池、熔融塩電解、廃棄物

[研究題目] 気中パーティクルカウンタを現場にて校正するためのインクジェット式エアロゾル発生器の開発

[研究代表者] 飯田 健次郎 (計測標準研究部門)

[研究担当者] 飯田 健次郎、櫻井 博、榎原 研正、原田 さやか (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

本研究の目的は、大気エアロゾルや自動車排ガス中の粒子数濃度の粒径分布測定に使用される計測器の粒子計数能力の動作確認を、観測現場で可能にする技術として、発生される粒径および粒子数が既知であり制御できるエアロゾル発生器を世界で初めて開発することである。そして本研究ではこの現場校正用エアロゾル発生器として、インクジェットによる粒子発生頻度を制御する、インクジェットエアロゾル発生器 (Inkjet Aerosol

Generator、これより IAG と略) の開発を進めている。研究目標は気中パーティクルカウンタが使われる用途の広い範囲において IAG を使った現場校正が行えることを実証することである。そして研究計画では、自動車エンジン排ガス監視用の凝縮成長式パーティクルカウンタ (Condensation particle counter、CPC)、粒子数濃度が比較的高い大気環境で使用される大気エアロゾル観測用の光散乱式気中パーティクルカウンタ (Optical Particle Counter、OPC) を対象とした評価実験を行う。

年度進捗状況は以下の4点である。①市販されている OPC のサンプル流量の最大領域である、30 L/min. の OPC の現場校正が行えることを実験により実証した。②IAG の構造に関する設計を見直し、メンテナンス性を向上させた IAG を製作した。③IAG で放射線源を使ったイオン発生源を使う方針を見直し、軟 X 線型のイオン発生源を採用した IAG の設計した。④水を吐出した場合の液滴径の経時的安定性を評価した。そして、この評価結果を基に、IAG による粒径制御能力を数値化した。今後は、これまでに蓄積した IAG の基本性能を粒子計測に関する様々な課題解決へと応用し、IAG 技術がより社会へと普及するように努める。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] エアロゾル、粒子数濃度、インクジェット

④【その他省庁】

[研究題目] 嘉手納 (H21) 保管庫移設解析業務

[研究代表者] 緒方 雄二 (安全科学研究部門)

[研究担当者] 飯田 光明、緒方 雄二、久保田 士郎、佐分利 慎、和田 有司、中山 良男、松村 知治、若林 邦彦、堀川 貴広、高柿 大輔、黒田 英司、出雲 充生、高久 義裕、山本 高貴、内田 恵子、小泉 富士子 (常勤職員8名、他8名)

[研究内容]

計画されている保管庫は、一般の保管庫と異なり、周囲に土堤を設けない構造であり、さらに、天井部分が鉄筋コンクリート製となっている。そのため、保管火薬類が万が一爆発した場合の安全性を検証するために、以下のスケール実験と数値シミュレーションを行った。

1. 保管庫安全構造解析

モデル火薬庫が爆発した場合に発生する衝撃波と飛散物の発生状況等を室内実験から検証した。室内実験では、数グラム程度の爆薬を用いてモデル火薬庫による実験を実施し、発生した爆風および飛散物を計測した。

2. 保管庫安全距離規模効果解析

実規模での爆発時の衝撃波および飛散物を予測するために火薬庫のスケール実験を実施した。実験では、1/20スケール及び1/10スケールの野外実験を実施して、

発生した爆風と飛散物（飛散距離、重量等）を計測して、規模効果による影響を明らかにした。

3. 保管庫安全距離数値予測技術開発

実規模の爆発状況を解析するために必要な大容量高速演算技術を構築した。実規模の解析モデルを作成し、実規模解析を実施して、発生する爆風の影響と発生したコンクリート飛散物の距離解析を実施した。

4. 委員会設置・運営等

実験手法の検討および実験内容の妥当性を検証するために、外部の有識者からなる委員会を設置して検討した。また、実験および数値解析結果から保管庫の安全性を検証した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 保管庫、安全性、飛散物、爆風、数値シミュレーション、大容量演算装置開発、安全距離解析、スケール効果、モデル実験

〔研究題目〕 下水汚泥等に含まれるセシウムの低減化に関する業務

〔研究代表者〕 川本 徹（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 川本 徹、伯田 幸也、田中 寿、高橋 頭、保高 徹生（地圏資源環境研究部門）、于 涓、南 公隆（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本事業は、放射性セシウムに汚染された下水汚泥やその焼却灰を除染すると共に、放射性廃棄物を減容することが目的である。その根幹技術は、加熱酸洗による焼却灰からの放射性セシウム抽出と、抽出したセシウムのプルシアンブルーによる吸着回収である。本技術の実用性可否を検討するため、小規模の抽出・吸着試験により処理条件情報を得ると共に、小型除染プラントによる実証試験を実施した。また、除染の結果生じる焼却灰、廃液、放射性廃棄物の取扱いについても検討を行った。

焼却灰からのセシウム抽出試験では、2mol/L の硝酸での洗浄を約100℃の加熱下で行うことで、非放射性セシウムで81%、放射性セシウムでは91%の抽出率を達成した。また、加熱酸洗に耐える材質を用い、実用プラントへのスケールアップが可能な小型除染プラントを設計、製作した。製作した小型プラントを用い、主たる要素技術である、焼却灰の加熱酸洗によるセシウム抽出試験と、プルシアンブルーによるセシウム吸着試験を実施したところ、予備試験と矛盾しない結果が得られた。以上のことから、スケールアップ可能な小型プラントでの除染は可能であると結論づけた。さらに、除染後の下水汚泥焼却灰並びに溶液に関する再利用、処理、処分の検討も行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 放射性セシウム、プルシアンブルー、除

染、下水汚泥、焼却灰

〔研究題目〕 小児の転倒・転落防止に資する検討業務

〔研究代表者〕 西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 山中 龍宏、西田 佳史、北村 光司（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

小児事故として、さまざまな製品等に関連した転倒・転落による負傷等の被害が生じている。こうした状況を踏まえ、本研究では、製品等の特性、小児の身体的特徴、行動特性等を勘案し、転倒・転落事故の原因について仮説を立て、その仮説についてコンピュータシミュレーションを用いて立証し、小児の転落事故防止に資する検討を行った。具体的には、以下の調査研究を実施した。

1) 製品等ごとの事故情報の分析

消費者庁に集約されている事故情報等（消費者安全法に基づく消費者事故情報、事故情報データベース、医療機関ネットワーク等）のうち、小児の転倒・転落事故について、製品等ごとに、事故の状況（能動的に乗り上げて転落した、滑って転倒した、ぶつかって転倒した等）を分類した。11～15程度の製品等について、事故の状況ごとに、製品等の特性及び小児の身体的特性、行動特性等を勘案し、事故の原因について仮説を立てた。

2) 転倒・転落事故被害のシミュレーション解析と考察

平成22年度に消費者庁の事業として実施した「小児転倒・転落防止のための安全性に関する調査」の人体データ（年齢ごとに身長、体重、重心高さ等30項目の測定データ）等を用いて、コンピュータ上に子どもマネキンを作成した。作成した子どもマネキンは、17以上の体節（頭部、頸部、胸部、腹部、腰部、上腕部、前腕部、手部、大腿部、下腿部、足部）と16以上の関節で構成される。年齢ごとの平均的な寸法や、事故被害者の体型が判明しているものについては、その体型等に変えられるものとした。

製品等ごとの事故状況ごとに、コンピュータシミュレーションにより転倒・転落事故を再現する。コンピュータシミュレーションに必要な物性値等は、既存のデータを調査し、引用した。再現性を確認した上で、事故の原因の仮説に基づき、コンピュータシミュレーションにおいて、その原因となり得る周囲の状況等を変化させ、製品等ごとにおける効果的な事故防止方策・衝撃緩和方策を検討した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 傷害予防、転倒・転落、製品安全、シミュレーション、バイオメカニクス

〔研究題目〕 消防防災無人ヘリコプタの高精度飛行制御技術の研究開発

〔研究代表者〕 森川 泰（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 森川 泰、松本 治、富田 文明
（常勤職員2名、他1名）

〔研究題目〕

災害が起こった場合、迅速に災害現場の情報収集を行い、救助活動をすることが重要であり、特に上空から得られる情報は重要である。この時、無人ヘリコプタなどの無人航空機を用いることは、有人航空機よりもコストやリスクの低減や迅速性の面で優れている。本研究では、高精度で位置姿勢制御が出来、振動の少ない無人ヘリコプタの飛行制御技術の研究やシステムの開発を行い、消防防災用無人ヘリコプタを実用化する。

無人ヘリコプタのハードウェアに関しては、斜面崩壊監視システムなどの観測機器を搭載する為の防振機構を備えた搭載ユニットを製作し、ヤマハ発動機製産業用無人ヘリコプタに取り付ける改造を行った。また、無人ヘリコプタを自動制御する為の飛行制御システムを開発した。斜面崩壊監視システムの主要装置となるレーザスキャナーを搭載して飛行実験を行い、重量重心位置や飛行特性に問題は無く良好なことが明らかになり、スキャンデータなども取得することが出来た。

小型無人ヘリコプタによる飛行制御の研究については、全長30cmほどの小型無人ヘリコプタを使って飛行制御システムを構築し、飛行制御技術の基礎実験を行った。この小型実験機で研究した成果を消防防災用無人ヘリコプタへ応用していく。

ステレオビジョンシステムに関しては、3次元データを得る為の基本的なカメラシステムの構築と撮影実験を行い、シンプルな物体の3次元データを得られることを確認した。また、ステレオビジョンによって位置姿勢を計測するシステムの原理やアルゴリズムについて検討した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 無人航空機、無人ヘリコプタ、飛行制御、ステレオビジョン、消防防災

〔研究題目〕 輸出農産物・食品中残留農薬検査の分析精度確保のための認証標準物質開発

〔研究代表者〕 鎗田 孝（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 鎗田 孝、大竹 貴光、伊藤 信靖、青柳 嘉枝（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

農産物・食品検査の分析法バリレーションや内部精度管理を国際基準に適合して実施するためには認証標準物質の使用が有用であるが、残留農薬分析用の認証標準物質は世界的に皆無であった。そこで、本研究では、残留農薬濃度を認証したキャベツ、ネギ、大豆、及びリンゴの認証標準物質を開発することを目的とした。

昨年度までに、キャベツ認証標準物質とネギ認証標準物質の開発を完了するとともに、大豆認証標準物質とリンゴ認証標準物質を調製しその均質性を評価している。そこで、研究の最終年度に当たる本年度は、大豆認証標準物質とリンゴ認証標準物質の安定性を評価するとともに、同位体希釈質量分析法によって農薬濃度を正確に測定した。更に、得られた結果を用いて、認証値と不確かさを算出した。以上により、大豆認証標準物質とリンゴ認証標準物質の開発を計画通りに完了させた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 標準物質、食品検査、残留農薬分析

〔研究題目〕 加温機排気中の CO₂の効率的回収貯留システムとその園芸作物への活用技術の開発

〔研究代表者〕 鈴木 正哉（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 正哉、月村 勝宏、犬飼 恵一、前田 雅喜（常勤職員4名）

〔研究内容〕

施設園芸では、収量増大・品質向上を目的として、CO₂発生機により CO₂を施用することが行われている。一方、寒冷地では、灯油燃焼による加温機も併用しているが、その排気から CO₂を回収貯留して施用に利用すれば、全体として CO₂排出総量とコストの削減が期待できる。本研究開発は、CO₂の回収貯留のために非金属鉱物材料を使用した、新たな施設園芸用システムとその活用技術の開発を目的としている。実施に当たっては、産総研を中心とした複数の研究機関・企業による連携体制をとっている。

平成23年度までに、装置の小型化・低価格化を目指した省エネ型 CO₂回収貯留システムの試作機を製作し、奈良県および岩手県の施設園芸現場試験を通して園芸作物の増収・高品質化の実証試験を実施している。本研究開発については、産総研オープンラボを始め、さまざまな研究発表の場で公表してきているが、「TX テクノロジーショーケース in 2012つくば」では、「ベスト産業実用化賞」を受賞し、産業界からもその成果が期待されているところである。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 燃焼排気ガス、二酸化炭素、回収貯留、園芸作物

〔研究題目〕 宝石サンゴの持続的利用のための資源管理技術の開発

〔研究代表者〕 鈴木 淳（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 淳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

深海に生息する宝石サンゴは資源枯渇が懸念されており、国際取引規制の議論も起きている。しかし、宝石サンゴ類の成長率、繁殖期、資源量等の科学的知見がない

ため、規制の是非を判断することができない。宝石サンゴの資源の持続的利用のための管理計画や施策を提案するための基礎的なデータを得ることを目的として、本研究課題では、宝石サンゴ骨軸の酸素同位体等を分析することで、それらが生存していた期間の海洋環境を復元する。

前年度に実施した宝石サンゴの一種シカイサンゴの骨軸断面の肥大成長方向の分析により、酸素同位体比は水温指標としては適さず、Mg/Ca 比が水温指標として適当である可能性が示された。そこで、今年度は、各種の宝石サンゴの骨軸について、Mg/Ca 比を分析した。日本周辺の宝石サンゴ（アカサンゴ、シロサンゴ、シカイサンゴ）およびウミタケについて骨軸の平均値を知るために均質化したバルク試料を用意した。これらのサンゴの生息水深は30-1500m の範囲にあり、平均水温は2.5-19.5℃の範囲にある。これらの試料の Mg/Ca 比を結合誘導プラズマ質量分析計を用いて分析したところ、統計的に有意な水温との相関が得られ、関係式の傾きは無機的に形成された方解石のそれと大きくは変わらない。年輪毎に Mg/Ca 比を測定すれば、生息水温を年単位で復元出来る可能性がある。

【分野名】地質

【キーワード】宝石サンゴ、骨軸、水温、酸素同位体比、マグネシウム／カルシウム比

【研究題目】サブバンド間遷移素子を用いた多値位相変調光信号処理の研究開発

【研究代表者】鋏塚 治彦（ネットワークフォトニクス研究センター）

【研究担当者】秋本 良一、小笠原 剛、牛頭 信一郎、土田 英実、物集 照夫（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

コア・メトロフォトニックネットワークで適用が拡大する多値位相変調光信号を超小型、低消費電力で処理するための技術の確立を目的として研究を進めている。超小型を実現するため、他の通信用光半導体素子や電子回路と集積可能で、低消費電力を実現するため、パッシブ動作が可能な、AlAsSb/InGaAs サブバンド間素子を用い、光バスネットワークシステムや、位相多値変調・光時分割多重複合システムにおいて不可欠な光信号処理技術の確立を目指している。

サブバンド間遷移素子の高効率化に関する研究に関して、前年度に行ったバンド間遷移波長とバンド構造に関する設計に基づき、素子の試作を行い効率改善の効果を検証することを目標に研究を進めた。光信号処理のための四光波混合の原理について理論検討を進めた。これをもとに、バンド構造とバンド間遷移波長の最適化設計を行った。6dB 以上の改善が得られる設計が可能なが分かった。さらに、励起光を増加させるための光入

力耐性の向上に向けた設計指針を得た。TM 励起光を4dB 増加させ、さらに TE 励起光を7dB 増加することにより、目標の-30dB の変換効率を、設計上はほぼ達成できる結果を得た。素子設計結果に基づき改良を行った素子の試作を、結晶成長のレベルから進めた。

サブバンド間遷移素子による多値位相変調信号光信号処理の実証に関して、サブバンド間遷移光導波路を用いて「パルス圧縮技術において40GHz の繰り返しパルスを2ps 以下に圧縮する。」ことを目標として掲げた。既存の評価装置に、繰り返し周波数が可変な繰り返し光源を追加し、この出力に対してパルス圧縮の実証をするための評価系の整備を進めた。また、パルス圧縮の最適化のシミュレーションを行い、入射光の強度や偏光状態を制御することにより、目標とする2ps のパルス圧縮を実現する条件を得た。さらに、サブバンド間遷移素子による多値位相変調信号光信号処理技術として、位相変調光信号の4値の位相のいずれかと同一の位相を有する光を生成する技術の検討を開始した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】サブバンド間遷移素子、多値位相変調光信号、光信号処理

【研究題目】超低消費電力光ノード実現に向けた超小型高速相変化光スイッチの研究開発

【研究代表者】河島 整（ネットワークフォトニクス研究センター）

【研究担当者】桑原 正史、王 曉民（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

初年度に試作した1×1相変化光スイッチの評価結果、2年目に開発した相変化材料の装荷方法を踏まえて、3線路構造型の2×2スイッチを有望とみて、その製造プロセスを検討した。3線路のコアをSiで形成する場合、隣接する導波路間のギャップが、これまでになく狭隘（≦200 nm）となるため、EB 露光のパターンに露光量を減らしたエリアを設ける必要があることが分かった。ビルディングブロックとして、この2×2スイッチを4つ含む形で4×4スイッチが形成できることが分かった。昨年度に開発した、電気制御型スイッチは、PCM に直接電流注入し、それ自身の抵抗で加熱するものであったが、相変化に伴う短絡破損を免れない問題があった。これを回避するために、今年度は、加熱用抵抗体（ヒータ）の上にPCM を装荷する構造の製造プロセスを検討し、抵抗体には、TiN または Pt の薄膜を用い、その厚さを調整して（～50 nm）シート抵抗を約10オームとなるようにした通電型デバイスを試作した。昨年度まで検討してきたGST225は、消費係数が大きいことが導波路損失を招き、スイッチ設計の自由度を制約していることが分かってきた。そのため、今年度は、消費係数が小さいと見込める材料を選別して、材料探査を進めた。その結果、

損失の原因と見られる金属 Sb の含有率を下げた材料が、光スイッチにより適していることが分かった。結晶相を始状態としたグレーティングスイッチを試作した。昨年度、600nm であったラインアンドスペースを300nm まで小さく出来た。回折特性のスイッチング動作を評価し、理論に沿う結果が得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光スイッチ、シリコンフォトニクス、光導波路、光相変化材料

【研究題目】クライアントおよびサーバ双方からの情報漏えいを防止するアクセス制御技術の研究開発

【研究代表者】須崎 有康

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】須崎 有康、古原 和邦、八木 豊志樹
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

情報漏えいはネットワークの盗聴ばかりでなく、プロバイダ管理者からの覗き見／持ち出しや利用者のクライアント端末を経由したものが少なくない。一旦漏えいが起こるとファイルが暗号化されていたとしてもパスワードのオフライン全数探索が可能となったり、リバースエンジニアリングによって解読される危険性がある。また、漏えいはクライアント端末経由からの不用意な印刷や画面のカットアンドペーストからも起こる。これらを解決するためにインターネットで公開するファイルが手元のクライアントから漏えいせず、且つサーバからも漏えいさせないアクセス制御技術を開発する。1年目に当たる本年度は3つに分けた下記の構成要素の開発、および全体統合を見据えた連携インターフェースの作成を行った。

「(1) ファイルがサーバから漏えいしない技術」のために開発済みのインターネット対応仮想ディスクに対して、データの冗長化、分割、暗号化による細かいピースとするインターフェースを開発した。

「(2) ファイルがクライアント端末からのコピーされない技術」のために(1)で開発するインターネット対応仮想ディスクにファイルのコピー、プリント、カットアンドペーストがされない技術を適用可能とするインターフェースを開発した。

「(3) ドライバへの攻撃検出および鍵の無効化による高信頼クライアント技術」のためにハイパーバイザーのメモリ改ざんを検知する技術の開発、および攻撃者がクライアント端末に記録されているデータと通信路を流れたデータの両方を入手し解析できたとしてもそこに格納されている鍵の特定が困難であり、かつ、鍵の無効化と再発行を可能とする鍵管理機能にたいするインターフェースの開発を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】クラウドストレージ、情報漏えい対策、

鍵管理、仮想化

【研究題目】バイオメトリクス認証システムのウルフ攻撃に対する安全性評価技術に関する研究

【研究代表者】大塚 玲 (情報技術研究部門)

【研究担当者】大塚 玲、井沼 学

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

身体特徴や行動特徴により個人を同定するバイオメトリクス認証において、多くのユーザの登録生体情報に高い類似度を示す特殊な(人工的な)サンプルを提示することで、任意のユーザに高確率で成りすまそうとする攻撃をウルフ攻撃と呼ぶ。本研究は、ウルフ攻撃とその安全性評価尺度であるウルフ攻撃確率の理論を、生体検知システムやマルチモーダル認証システムなどのより高度で実用的なシステムにも応用可能な理論に発展させ、種々のバイオメトリクス認証システムやあらゆる強度の成りすまし攻撃を網羅するような評価理論を構築すること、また、理論を裏付けするための評価実験を行い、評価技術の基盤となるデータや知見を蓄積すること、これらの理論にもとづいて強い成りすまし攻撃に対して安全でかつ高性能な照合アルゴリズムを開発することなどを目的とし、中央大学、早稲田大学と共同で研究を進めている。

平成23年度は、3年計画の2年度である。初年度に開発したマルチバイオメトリクスの安全性理論に関する研究を進展させ、最も広く利用されている Sum Rule に基づくマルチバイオメトリクスに関して、ウルフ攻撃の下界定理を証明すると共に、ある1つのモダリティ(認証手段)がウルフ攻撃に対して脆弱であるならば、システム全体が脆弱になる可能性を示唆する実験結果を示した。生体検知システムや種々のバイオメトリクス認証システムの安全性評価理論に関する研究として、生体検知システムに関し、素材を工夫した人工物で2つの全く異なる生体情報に対して高確率で一致する合成サンプルを作成できることを実験的に確かめた。また、指紋の特徴点と隆線を使用するマニキュアシャリレーションマッチング方式の指紋認証アルゴリズムに関し、複数の指紋の特徴情報を合成した特徴情報を持つ人工的な合成指紋サンプルに対する攻撃成功確率を実験により求め、なりすまし成功確率の高いサンプルの合成に成功した。さらに、眼球の虹彩に関し、虹彩の空間周波数領域を詳細に解析する攻撃法を研究し、人間の平均の5倍のなりすまし成功確率を示すウルフサンプルを合成した。安全で高性能な照合アルゴリズムの研究として、暗号理論と融合したバイオメトリクス技術の研究を行い、遠距離型(アクティブ型)の RFID システムを併用することで、ストレスなく、かつ安全性の高いキャンセラブルバイオメトリクス方式を提案した。特に提案方式では、実用上の課題とな

る、複数の RFID タグから正しい RFID タグを迅速に特定する方法に関し、正しいタグを持つ生体情報の類似性を利用して迅速にふるいにかけるタグフィルタリングプロトコルを開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】バイオメトリクス、情報セキュリティ

【研究題目】4次元メディアシステムの研究開発

【研究代表者】川崎 洋（鹿児島大学大学院）
【研究担当者】川崎 洋、古川 亮、佐川 立昌（知能システム研究部門）、
Shammaa M. Haitham、阪下 和弘（知能システム研究部門）、
Yohan Thibault、Ismael Daribo（常勤職員1名、他6名）

【研究題目】

3次元データによる臨場感のあるコミュニケーションが待ち望まれているが実現していない。主な理由として、3次元ディスプレイや、コンピュータグラフィクスなど「表現」する技術の実用化が進む一方で、3次元のデータをリアルタイムに取得する研究が十分行われていないためと考えられる。そこで、本研究では、全く新しい3次元計測手法により、ビデオ映像のように、時間的な推移も加えられた3次元形状情報を効率よく取得する、4次元メディアシステムの研究開発を行う。本年度の目標は、1. 赤外光源による形状計測システムの構築、2. 全周形状計測システムの構築、3. 4次元メディアのフォーマットの策定、の3点の実現を目指し、年次目標のうち主に「1. 赤外光源による形状計測システムの構築」を担当した。具体的には、近赤外光パターンを投影するプロジェクト、および可視光・赤外光を同時に取得するマルチバンドカメラを試作し、形状とテクスチャを同時に取得するシステムの構築をおこなった。試作システムを用いて、形状とテクスチャを同時に計測し、計測した動物体にテクスチャマッピングすることを実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】3次元形状計測、動体計測、時間軸連続性

【研究題目】高品質量子ドットを用いた低消費電力面発光レーザーの研究開発

【研究代表者】天野 建（電子光技術研究部門）
【研究担当者】天野 建、アハメド モハメド（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

量子ドット活性層は優れた温度特性や高い発光効率をもつ次世代発光材料として非常に有望であるが、光利得はこれまでの量子井戸に比べて低いということが課題として挙げられる。このため、量子ドット材料を高密度化するのはもちろんだが、レーザー構造にも低損失かつ高

い光閉じ込め構造が必要となる。まず、低損失化を実現するために AlAs 酸化狭窄層の設置場所を最適化した。レーザーの低消費電力化の観点では電流広がりを抑えるために AlAs 酸化狭窄層位置は活性層直上が望ましい。しかし、面発光レーザーでは活性層直上は光振幅の腹であるためにこの場所に AlAs 酸化狭窄層を置くと光散乱が大きくなってしまう。そこで、GaAlAs 層を $3/4\lambda$ 長にし、その中の光定在波の節部分に AlAs 層を設置した。これにより、光散乱ロスが低減可能だと思われる。また、コンタクト層位置も重要となる。ミラーが誘電体である本構造ではコンタクト層がミラー内部に形成されてしまうため、位置によっては大きな光吸収が存在しまい、また電流経路も回り込み構造が存在してしまう。計算により500nm 以上が必要なことは分かった。ただ、実用上ではまだ抵抗値が高いため、ドーピング濃度を最適化することで、最終的に抵抗値100Ωほどのデバイス抵抗値が実現できた。多層膜反射鏡は一般的には誘電体多層膜反射鏡（酸化チタン、酸化タンタル等）を用いるが、これらは真空蒸着法により成膜される。今回、面発光レーザーの光出射部分のみに反射鏡を形成するためにフォトレジストによりパターンニングを行っている。このため真空蒸着法では成膜温度が300℃ほどとなり、レジスト膜が劣化してしまい、通常の方法では使用することが出来なかった。現在、本研究では一般的な真空蒸着法の低温成膜とスパッタ法による Si/Al₂O₃多層膜反射鏡を検討している。スパッタ法により、実際に反射鏡製作を行い、99%を超える高い反射率特性と正常なレジスト膜を確認した。これにより、面発光レーザーの光出射部分のみに反射鏡を製作することが出来た。今回、レーザー発振はしておらず、発光ダイオード特性となっている。今回レーザー発振しなかった原因はミラー反射率が発振条件まで届いていなかったためである。今後最適なミラーを製作することでレーザー発振が得られると考えている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
【キーワード】面発光レーザー、量子ドット

【研究題目】超伝導光子検出器による量子もつれ波長多重量子暗号通信技術に関する研究

【研究代表者】吉澤 明男（電子光技術研究部門）
【研究担当者】吉澤 明男、福田 大治、土田 英実（常勤職員3名）

【研究内容】

量子暗号通信の長距離・高速化を目指して、波長1.55μm 帯における研究が進展しているが、光ファイバのポテンシャルを活かすためには、波長多重による高速化は必須である。本研究では波長多重量子暗号通信の実現を目指して、広帯域量子もつれ光子対発生技術、高量子効率・高速・低雑音光子検出技術、及びこれらの要素技術を用いた量子暗号鍵配布システムの開発を行っている。本年度は広帯域偏光量子もつれ光源、ならびに超伝

導単一光子検出器の開発を行った。具体的には、長さ1mmの擬位相整合型ニオブ酸リチウム導波路を利用して、中心波長1.55 μm の4波長量子もつれ光源を試作した。光子検出器に関しては、震災による装置の故障と復旧のため、6か月程度の実験が中断した。このため、信号対雑音比測定による検出器の動作最適化を1波長についてのみ行い、連続光励起のもとで、もつれの品質を表す指標である忠実度98.5%を得た。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】量子暗号、超伝導、量子もつれあい、ファイバ、光子検出

【研究題目】重症低ホスファターゼ症に対する骨髄移植併用同種間葉系幹細胞移植に関する研究

【研究代表者】弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】弓場 俊輔、大串 始
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

目標：

低ホスファターゼ症は、組織非特異型アルカリフォスファターゼ（TNSALP）の遺伝子変異による重度先天性骨代謝疾患で、このうち、最も重症である周産期型に対して骨髄移植併用同種（他家）間葉系幹細胞（Mesenchymal Stem Cell；MSC）移植による治療技術を確立する。

研究計画：

「ヒト幹細胞を用いた臨床研究に関する指針」に従った「ヒト幹細胞臨床研究」として、島根大学医学部附属病院と共同で本疾患患者に対する他家間葉系幹細胞MSC移植を行う。当所は移植用MSCを製造するが、その移植用MSCの*in vitro*での骨形成能および同細胞を移植した患者の骨形成状態を検討することで、他家MSC移植の有効性を検証する。さらに同疾患モデルマウスを用いた動物実験において、臨床研究で得られた有効性を検証する。

年度進捗状況：

ドナーである保因者由来の移植用MSCの骨分化・石灰化能は健常者由来のものと同程度であることが確認できたことから、患者骨形成に寄与した可能性を示した。さらに、患者と同様の遺伝子変異を人工的に導入した疾患モデルマウス（TNSALP KO マウス）を米国ジャクソン研究所より入手し、保因者にあたるヘテロ接合体の個体同士を交配することにより、疾患モデルとなるホモ接合体の繁殖を開始した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】再生医療、間葉系幹細胞、骨形成、疾患モデル

2) 国以外からの外部資金

子欠陥

①新エネルギー・産業技術総合開発機構

〔研究題目〕金属系水素貯蔵材料の基礎研究

〔研究代表者〕中村 優美子

(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕中村 優美子、林 繁信、榑 浩司、
浅野 耕太、松本 愛子、榎 浩利、
Kim Hyunjeong、鈴木 陽、
治村 圭子、秋葉 悦男
(常勤職員7名、他3名)

〔研究内容〕

目標:

高性能な水素貯蔵材料開発のため、水素貯蔵に関する基本原理を解明し、開発指針を産業界へ提供することを目的として、先端的測定手法を活用した金属系水素貯蔵材料の構造解析技術を確立する。また、構造解析の結果に基づき、水素吸蔵・放出反応特性の理解、反応機構の解明を進め、材料開発のための指針を導く。

研究計画:

X線回折法、中性子回折・散乱法、陽電子消滅法、固体 NMR、透過型電子顕微鏡などを用いた金属系水素貯蔵材料の構造解析手法の開発・高度化を行う。各手法を用いた構造解析を進め、構造と水素吸蔵・放出反応特性との相関を調べる。

年度進捗状況:

軽金属元素を含む積層型貯蔵材料 (Mg,Ca)₃Ni₉合金の水素貯蔵特性測定と構造解析を進めた。水素化物の X線・中性子回折データから水素占有位置について検討した結果、Mg/Ca 比によって (Mg,Ca)₂Ni₄セルの水素占有量が大きく異なることを見出した。また、予測と異なり Mg₂Ni₄セルにも水素が吸蔵されることが示され、積層構造による吸蔵特性向上の効果が確認された。SPinrg-8の高エネルギー放射光 X線回折を二体分布関数 (PDF) 法に適用し、金属格子の局所構造解析を可能にした。この手法を用いて BCC 構造をもつ合金の水素吸蔵・放出に伴う局所構造変化を解析したところ、主に転位とみられる格子欠陥の密度がサイクル数とともに増加することが分かり、これが吸蔵量の低下と密接に関係していることが示唆された。また、米国ロスアラモス国立研究所との共同研究では、昨年度までに整備した水素導入環境と測定セルを用いて、水素吸蔵曲線とその場中性子全散乱の同時測定に成功した。また、Mg を含むラーベス相合金である (Mg, レアアース (RE)) Ni₂水素化物の結晶構造と局所構造を解析して比較したところ、Mg-rich の組成では局所的に立方晶配置から斜方晶配置へ歪んでいることが初めて確認された。得られた結果から、局所構造が水素吸蔵特性に及ぼす影響について詳細に検討を進めている。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素貯蔵材料、結晶構造、局所構造、格

〔研究題目〕水素ガス化およびチャーの燃焼の基礎研究 (次世代高効率石炭ガス化技術開発)

〔研究代表者〕鈴木 善三 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕鈴木 善三、松田 聡、倉本 浩司、
松岡 浩一、村上 高広、中山 勝洋、
加藤 義重、壹岐 典彦、倉田 修、
川端 方子、陳村 理沙、幡野 博之
(常勤職員8名、他4名)

〔研究内容〕

高効率の次世代石炭ガス化装置の開発のため、①低温ガス化の基礎研究、②実機として想定される二塔ガス化装置開発のための流動解析、③システムの最適化のためのシステム解析、の各研究を実施した。

低温ガス化では、中間評価までに石炭水蒸気ガス化の基礎研究を実施し、揮発分とチャーの相互作用を排除する一方で、強化する必要もあることを指摘し、熱分解炉とガス化炉を分離するガス化炉開発が必要であることを明確にした。中間評価以降は、ガス化炉と熱分解炉が分離した新規な循環流動層ガス化装置を試作し、チャーと媒体粒子を系内に循環させることで、ガス化率の向上、タール改質が大幅に進行することを見出し、エクセルギー再生ガス化炉に必要な方法論を明らかにした。

流動解析では、東大千葉実験場構内に建設した高さ 15m の大型コールドモデルによる実験を東大と共同で行った。その結果、目標値である 350 kg/m²・s の粒子循環速度を達成した。これに加え、石炭の混合器の最適構造の決定、伝熱速度の推定を行った。

システム検討では、A-IGCC、A-IGFC について、最適化の検討を行った。その結果、A-IGCC ではタービン、圧縮機の断熱効率が高ければ、60%HHV を超える発電端効率が期待できることが確認できた。また、CO₂回収型 A-IGCC について、燃焼前回収、燃焼後回収を比較した。CO₂吸収専用解析ソフト (AMSIM) を導入して CO₂回収ユニットの解析を厳密に行ったところ、プラント汎用解析ソフト (PRO/II) のみで解析を行った平衡状態の結果よりも効率が低下した。燃焼前回収にはシフト転換が必要であり、発熱反応であることから、ガス中の化学エネルギーが減少して、タービン出力の低下につながる事が明確になった。一方、A-IGFC については、アノード (燃料極) 排ガスの一部を再循環するだけでなく、さらに、アノード排ガスを昇圧し石炭ガス化炉に戻すなどの工夫によってアノード排ガスの一部を水蒸気と入熱として石炭ガス化炉に循環した場合、69.7%HHV の発電端効率 (所内動力を考慮して送電端約65%) が得られることを示した。さらに、CO₂回収についても検討し、CO₂回収時に64.5% (所内動力を考慮して送電端約60%) の可能性を示した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕 石炭、ガス化、発電効率

〔研究題目〕 高性能ゼオライト触媒を用いる革新的ナフサ分解プロセス基盤技術開発

〔研究代表者〕 花岡 隆昌（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 花岡 隆昌、白井 誠之、池田 拓史、佐藤 剛一、山口 有朋、日吉 範人、井上 朋也（集積マイクロシステム研究センター）、水上 富士夫（ナノシステム研究部門）、Jin Ding-feng、吉田 沙恵、夏井 真由美（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

エチレン、プロピレン、ブテン、BTX等の基礎化学品原料は、ナフサを850℃で熱分解することにより得られている。化学産業におけるエネルギー消費削減のため、より低温かつ高い収率で上記基礎化学品原料を得るため、ナフサを接触分解する触媒の開発が求められている。ZSM-5ゼオライトはナフサのスチームクラッキングに高活性を示すが、反応の進行に伴い活性が急激に低下する。活性劣化の主因として水蒸気による脱アルミニウムによる酸量の減少があげられる。平成23年度は脱アルミニウムを抑制する触媒の化学修飾とその活性構造解明を行った。シリカ/アルミナ比が30-90である種々のZSM-5触媒に対し、アルミニウムに対して原子比で0.6のリンを修飾し、700℃で焼成した触媒がn-ヘキサンの接触分解反応の耐久性が最も高いことを明らかにした。例えば、1wt%のリンを担持したシリカ/アルミナ比=60のZSM-5（リン/アルミニウム比=0.6）は長寿命を示した。リン修飾と焼成処理によってもたらされる触媒構造の変化と酸性質挙動について、種々のキャラクターゼーションを行った。リン修飾ZSM-5のXRDから、900℃で焼成してもゼオライト骨格は維持されること、²⁷Al MAS NMRにより、700℃焼成まで四配位のアルミニウムが存在することを明らかにした。また、アルゴンスパッタしたリン修飾ZSM-5触媒のXPSスペクトルにより、表面近傍のリン濃度が高いことを見出した。アンモニアTPDにより、リン修飾ZSM-5触媒では700℃焼成まで強酸点（300-400℃でアンモニアが脱離する酸点）が存在することが明らかになり、リン修飾によりゼオライト骨格内でアルミニウムが安定化することで、ヘキサンの分解活性の劣化が抑制されるものと判断した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ナフサ、ZSM-5、ゼオライト触媒

〔研究題目〕 希少金属代替材料開発プロジェクト／超硬工具向けタングステン使用量低減技術開発

〔研究代表者〕 小林 慶三

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 小林 慶三、尾崎 公洋、多田 周二、三上 祐史、西尾 敏幸、高木 健太、中山 博行、溝尻 瑞枝、森下 翔（サステナブルマテリアル研究部門）、吉澤 友一、宮崎 広行、福島 学、日向 秀樹（先進製造プロセス研究部門）（常勤職員13名、他2名）

〔研究内容〕

本研究開発では、超硬工具（切削工具）におけるタングステン使用原単位を30%以上低減するため、切削工具の基材部分をタングステン使用量の少ない硬質材料に置き換える「ハイブリッド化技術」と、工具の刃先近傍や表面のみ超硬合金を使用してそれ以外を炭窒化チタンを主成分とする「複合構造硬質材料化技術」を開発した。

本年度は、実用工具形状における刃先構成部である硬質なセラミックス材料を、タングステン含有量が従来の超硬合金に比べて40%低減した炭窒化チタン系硬質材料に、短時間で接合する技術を開発した。接合した試料を評価し、硬質材料刃先は1000℃に加熱しても100MPa以上の接合強度で、タングステン含有量が40%低減した硬質材料に接合されていることを確認した。接合プロセスを短時間化するために、簡易なロボットを組み込んだ短時間接合装置を開発した。この装置によって、硬質な刃先を炭窒化チタン系硬質材料に1個当たり1分以内で接合することに成功した。得られたハイブリッド切削工具は、民間企業との協力のもと、当初の計画した切削加工性能（従来の超硬合金工具と同程度の性能）を発現できることを確認した。

さらに、工具を複合構造化してタングステン使用量を低減するため、超硬合金と炭窒化チタン系硬質材料を積層してプレス成形し、真空焼結で同時焼結する技術を開発した。炭窒化チタン系硬質材料の組成や超硬合金の組成を最適化することで、積層した超硬合金層と炭窒化チタン系硬質材料の界面での剥離やクラックの発生を抑えた同時焼結を行うことができた。実際の工具においては、プレス成形時に超硬合金層の表面に3次元ブレーカを形成して焼結される。民間企業と連携のもと、この実用工具形状の複合構造切削工具を試作し、当初の目標値であった切削性能（断続切削試験における超硬合金なみの性能）を確認することができた。また、本プロセスで作製した複合構造切削工具は超硬合金部に圧縮の残留応力が存在するため、耐チップング性が改善することを確認した。このプロセスで作製した複合構造切削工具は焼き上がり状態（M級）で使用するため、焼結時の超硬合金層と炭窒化チタン系硬質材料の収縮特性などを調整し、両層間での変位量をそろえる工夫を行った。これにより、切削工具におけるタングステン使用量を30%以上削減した切削工具を作製することが可能となった。今後、ハイブリッド切削工具の技術は異種材料の接合技術（バルク

材／バルク材接合)へ、複合構造切削工具の技術は異種材料粉末の同時焼結技術へ展開できるものと考えられる。さらに、複合組織硬質材料の研究で得られた硬質材料は切削工具や金型への応用とともに、従来の超硬合金では使用できなかった高温域での利用が拡大するものと考えられる。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 レアメタル対策技術、省タングステン、切削工具、ハイブリッド切削工具、複合構造硬質切削工具、短時間接合、同時焼結、炭窒化チタン系硬質材料、サーメット、超硬合金、切削性能

【研究題目】 希少金属代替材料開発プロジェクト／超硬工具向けタングステン代替材料開発

【研究代表者】 松本 章宏

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 松本 章宏、加藤 清隆、下島 康嗣、

細川 裕之、中尾 節男

(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

本プロジェクトは、希少金属の代替材料の開発、または使用量低減を目指すものでもあり、我が国の希少金属の中長期的な安定供給を確保することを目的としている。具体的には、超硬工具(切削工具、耐摩耗工具)のタングステン使用原単位を30%以上低減するため、WC基超硬合金に代わる硬質材料として有望な炭窒化チタン(Ti(C, N))基サーメットについて、新規サーメット材料の開発および新規サーメットを基材とした新規コーティング技術の開発を行い、切削工具および耐摩耗工具に適用するサーメット及びコーティング技術を開発することを目標とする。

産総研は「サーメット及びコーティングの基盤研究」を担当し、平成23年度は以下の成果が得られた。「サーメットの構造評価技術」では、FIBを用いて、破壊したサーメットバルク材のTEM試料作製技術を確立した。炭窒化物中ならびに結合相中の転位を解析することにより、サーメットの破壊に関する新しい知見を見いだした。

「サーメットの濡れ性評価技術」では、種々金属元素を固溶した炭窒化物とNi間の精密な接触角測定を行い、機械的特性との関連を検証するとともに、濡れに関して新しい観点から考察した。さらに、サーメット原料に特定の金属粉末を添加することにより、靱性を改善できることを見いだした。「サーメットの成形性・焼結性評価技術」では、提案した成形助剤を用いてφ50mmの大型サーメット成形体の高速脱脂(200°C/h)に成功するとともに、機械的特性の改善に成功した。これにより、サーメット金型への展開に貢献することができた。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 サーメット、切削工具、耐摩耗工具、構

造評価、濡れ性評価、成形性評価

【研究題目】 新構造 FinFET による SRAM 技術の研究開発

【研究代表者】 昌原 明植

(エレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永勳、

松川 貴、大内 真一、坂本 邦博、

塚田 順一(常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

半導体の微細化が進むにつれて最初に動作限界の危機に直面すると考えられている半導体メモリSRAM(Static Random Access Memory)の技術課題解決を目指し、微細化に伴う短チャネル効果に強いFin形状チャネルを有するトランジスタ(FinFET)に2つの独立ゲートを付与した新構造トランジスタ(4端子FinFET)を開発する。さらに、4端子FinFETのしきい値電圧制御を利用した新しいSRAMセル(Flex-Pass-Gate SRAM)が微細化しても安定して動作することを実証し、本技術が次世代SRAM技術として有効なことを示す。

本年度は、実効ゲート長20nm級FinFETにより構成されるFlex-Pass-Gate-SRAMセルの試作に成功し、正常動作を確認した。また、SRAMを構成する個別極微FinFET特性バラツキとSRAM動作余裕の相関の解明に成功した。SoC他回路との信号入出力系に関しては汎用性を維持しつつ、かつ、特殊な回路を利用せずにパスゲートのしきい値電圧制御可能なFlex-PG-SRAM回路IPを確立した。周辺回路(及びパスゲートVth制御回路)を含むFlex-PG-SRAMセルアレイを設計し、シミュレーションにより正常動作を確認した。さらに、シミュレーションにより、20nm世代において、バルクトランジスタを用いた場合のSRAMと比較して、セル面積増加無、動作余裕1.5倍、待機時消費電力が1/30となることを確認した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ダブルゲートトランジスタ、FinFET、SRAM、メモリ、集積回路

【研究題目】 ナノテック・先端部材実用化研究開発／水素拡散を制御した高信頼性絶縁膜の開発とフラッシュメモリへの応用

【研究代表者】 柳 永勳

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 柳 永勳、昌原 明植、遠藤 和彦、

松川 貴、堀川 剛(常勤職員5名)

【研究内容】

フラッシュメモリの低電圧化を実現するため、電界集中が起きるような微細な3次元トンネル領域を持つFinFET構造のフラッシュメモリの開発を進めている。

また、フラッシュメモリの信頼性向上のため、トンネル絶縁膜中にナノレベルの水素貯蔵層を埋め込み、酸化膜とシリコン界面の劣化を抑制することを目指している。平成23年度においては、微細な3次元チャネルを持つ FinFET フラッシュメモリの作製プロセスを確立し、世界初のスプリットゲート FinFET フラッシュメモリの作製に成功し、過消去抑制効果を実験的に確認した。また、Double-Gate と Tri-Gate 構造を持つ FinFET フラッシュメモリの作製し、しきい値電圧のばらつきなどを評価することで、微細化には Tri-Gate 構造が有利であることを実験的に示した。更に、微細な三角断面のトンネル領域を持つ浮遊ゲート型 MOS キャパシタの作製及び電気特性評価を行い、三角先端領域での電界集中が低電圧での電子注入に有効であることを確認した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] フラッシュメモリー、3次元チャネル、トンネル絶縁膜

[研究題目] カゴ状物質を利用したナノ構造制御高性能熱電変換材料の研究開発

[研究代表者] 山本 淳 (エネルギー技術研究部門)

[研究担当者] 山本 淳、上野 和夫、小原 春彦、長瀬 和夫 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

共同研究を実施した広島大学、山口大学より P 型および N 型の BaGaSn クラスレートの単結晶バルク体および多結晶バルク体の供給を受け、8対型熱電モジュールの設計、試作、評価を実施した。素子寸法は断面が 2mm×2mm、基板面積は15mm×18mm とし、InGa 等のろう材を使用してモジュールを試作した。また性能劣化原因や、性能再現の要因を調べるために素子のミクロ組織分析についても実施した。

試作したモジュールについて高温側400℃、低温側30℃、真空中、を共通条件として発電特性の評価を実施した結果、単結晶では最大発電効率4.6%、最大出力750mW を、多結晶では4.8%、最大出力650mW を観測した。また、BiTe 系材料とのセグメント化により、高温側温度400℃、低温側温度10℃において最大効率7.5%、最大出力870mW を観測した。

161対クラスレートモジュールの真空封入パッケージを設計、試作し、熱ロス評価並びに発電特性評価を実施した。パッケージ材の最適設計により、効率低下を最大4.6%に抑えこむことに成功し、目標性能を満たすことを確認した。さらにこのパッケージを利用した実証用熱電モジュールの試作を行い、共同研究機関において実施した発電実証試験に供した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 熱電変換材料、ナノ構造制御、未利用熱エネルギー、熱電モジュール

[研究題目] 省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／強誘電体フラッシュメモリ基盤技術の研究開発

[研究代表者] 酒井 滋樹

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 酒井 滋樹、高橋 光恵、Le Hai Van、Zhang Xizhen、巖 康、Zhang Wei、郭冬云 (常勤職員2名、他5名)

[研究内容]

強誘電体ゲート FET (FeFET) をメモリセルとする強誘電体 NAND (Fe-NAND) フラッシュメモリは従来の浮遊ゲート型 NAND フラッシュメモリと比べて約1万倍以上の高書換え耐性、書き込み電圧が約1/3であることによる低消費電力性、 $4F^2$ の同等の高集積性を持つため、実用化されれば高機能重視のデータセンタ用 SSD の記憶媒体として期待されている。Fe-NAND のメモリセル微細化やフラッシュメモリ動作実証の点でまだ未検証な開発要素も多いため、我々はこれら基盤技術の開発を行った。ゲート長 $L=0.54\mu\text{m}$ の FeFET で、メモリウィンドウ1.0V、室温・実測3日で良好なデータ保持特性、 10^8 回の書換え耐性を実証した他、 $L=0.26\mu\text{m}$ の FeFET でメモリウィンドウ0.9V、室温・実測7日で良好なデータ保持特性、 10^9 回の書換え耐性を実証した。将来の Fe-NAND メモリセル高集積化に対応するため、FeFET のゲート積層構造の側壁傾斜角を大きくするエッチング条件を探索し、側壁傾斜角 85° を実現した。また、将来の Fe-NAND 実用化を促進する応用研究として64kb Fe-NAND メモリセルアレイ回路を世界で初めて試作し、全ブロック消去と全ビット書き込み、市松模様書き込みを行い、読出しに成功した。単一セル自己昇圧法による書き込みディスターブ低減の効果を実験で確認し、Fe-NAND では書き込み時非選択ビット線電圧を1V 以下に抑えられることを実証した。この結果は Fe-NAND の消費電力が従来 NAND の約14%であることを示唆する。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 強誘電体メモリ

[研究題目] 省エネルギー革新技術開発事業／先導研究／省エネ情報機器のための超並列バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の研究開発

[研究代表者] 仲川 博

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 仲川 博、青柳 昌宏、菊地 克弥、渡辺 直也、居村 史人 (常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

情報機器の製造・運用に関わる大規模なエネルギー削減を行うための基盤技術を確立することを目的として、

超並列通信バスによるヘテロジニアス・マルチチップ積層 Cool System の LSI チップのスケラブルな積層により高集積化を可能とする基盤技術確立のため、超並列通信バスで接続するために必要となる微細接続電極の形成および接続技術と低容量貫通電極形成技術を開発する。平成23年度は1000個以上の10 μm 以下の微細接続電極を用いた積層チップ間接続について、電気接続特性の評価を実施した。具体的には、Au ナノ粒子堆積技術を用いてバンプ径7 μm で1600個の Au 円錐バンプ配列を形成した TEG デバイスを用いて、高精度フリップチップ接合プロセスにより微細バンプ接続を行い、4端子法により抵抗測定の結果、0.26 Ω /(1bump+1line)となり、無欠陥1600個のバンプ接続を確認できた。さらに、2個の0.25 μm CMOS 技術で作製した超並列通信バス内蔵 LSI チップ上に Au 円錐バンプを形成した後、高精度フリップチップ接合プロセスにより積層して、1600バンプ配列接続によるバスインターフェースについて動作検証を行った。JTAG (Joint Test Action Group) 検査方式で動作可能な、超並列通信バス用双方向バスドライバ回路により、積層バンプ接続間のバスインターフェースを介して1024ビットの並列信号伝送可能なことを確認した。また、最大クロック周波数50MHzにおいて、51.2Gb/sの高速データ転送と目標値100mW以下となる消費電力97mWを達成した。

【分 野 名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】LSI デバイス、積層、シリコン貫通電極

【研究 題目】ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発

【研究代表者】清水 哲夫 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】清水 哲夫、内藤 泰久、堀川 昌代、菅 洋志 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

本研究の目標は、産総研の抵抗スイッチ効果であるナノギャップスイッチ効果を利用した不揮発性メモリの実現である。その目的のため京都大学及び民間企業と共同で基礎から実用化研究までの広い範囲の研究を行っている。その中で産総研の役割は、本スイッチ効果のメカニズム探索研究から素子の安定動作や低消費電力動作を探索するものである。その中でも平成23年度は、作製した素子のナノギャップのギャップ幅を、スイッチ可能な2nm以下のギャップ幅に調整するフォーミング作業に関して、その作業中に必要な印加電圧を抑制する研究を行った。このフォーミング電圧は、今までは10Vを越える大きな電圧を必用とするケースもあり、省電力化にむけてひとつの大きな課題となっていた。メカニズムの研究からフォーミング現象は、ギャップ間に発生する電界に依存することが示唆されていた。そのため、作製段階から非常に狭いギャップ幅を持つナノギャップ電極を用いて電界の増強を行い、フォーミング電圧の低減効果を

検証した。その結果作製ギャップ幅によって予想通り電圧を抑制でき、通常のスイッチング操作以下の電圧でフォーミングが可能であることがわかった。また、その小さなナノギャップ電極を集積して作製するための新たなナノギャップ電極作製手法を考案し、その有効性も検証した。

【分 野 名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ナノギャップスイッチ効果、不揮発性メモリ、ナノサイズ効果

【研究 題目】ナノテク・先端部材実用化研究開発／形状制御されたアルミナナノ粒子ゾルの実生産のための基盤技術の確立と用途開発

【研究代表者】水上 富士夫 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】水上 富士夫、伯田 幸也、小平 哲也、阪東 恭子、高島 浩、井原 和弘、鈴木 洋平、櫻村 睦美、永井 (常勤職員5名、他4名)

【研究 内容】

本研究開発は、繊維状アルミナナノ粒子 (アルミナナノファイバー) の (1) 大量製造法 (量産化技術) の開発、具体的には、当該ゾルの量産技術と長期安定保存技術等基盤技術を確立することと、繊維状をはじめとするアルミナナノ粒子形状のより精密な形状制御技術の確立を目的とした。と同時に、アルミナナノファイバーの産業製品への展開・利用に繋げるために、アルミナナノファイバーの (2) 部材化と特性評価も行った。

(1) の量産技術の開発では、繊維状アルミナナノ粒子ゾルの生産スケールを、ベンチレベル (30L~150L) まで引き上げてゆく過程で、反応基質や pH 調整剤の供給法や分散化方法、熱伝達方法、攪拌方法等を検討し改良を行うと同時に、反応器壁面へのゾルの大量付着を解決することによって、大量生産技術の基礎を確立した。ゾルの長期間安定保存技術も確立できた。アルミナナノ粒子の形状制御技術の精密化では、反応基質濃度、pH、温度などを操作パラメータとして、繊維状アルミナナノ粒子の成長機構の解析を行い、繊維状アルミナナノ粒子の長さを制御でき、さらに板状や球状など他の形状の粒子ゾルに対しても、単分散ゾルとすることに成功した。

(2) の部材化と特性評価では、繊維状アルミナナノ粒子ゾルの用途拡大のために、本ゾルをコーティング材、フィルター材および自立膜として用いた薄膜、機能性無機物質や有機物質などとのハイブリッド材料等の部材を作製し、それらの物性を調べた。塗布膜、自立膜およびハイブリッド膜等の物性・性能評価を基に、繊維状アルミナナノ粒子ゾルのコーティング材、フィルター材、酵素固定化担体、発光膜、光反射膜、高硬度コーティング、撥水性コーティング、超親水性コーティング、防曇・防汚コーティング等各種部材への用途展開を提示した。

【分 野 名】ナノテクノロジー・材料・製造分野

【キーワード】 繊維状アルミナナノ粒子ゾル、ペーマイ
ト、自己組織化、コーティング材

【研究題目】 革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロ
ジェクト／革新的断熱技術開発／発泡ポ
リマー＝シリカナノコンポジット断熱材
および連続製造プロセスの開発

【研究代表者】 依田 智 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 依田 智、古屋 武、大原 基広、
大竹 勝人、高橋 智輝
(常勤職員2名、他3名)

【研究内容】

マイクロメートルサイズ以下の大きさをもつポリマー
の発泡セル内部を、熱伝導率の低い低密度シリカで充填
した構造を持つ発泡ポリマー＝シリカナノコンポジット
断熱材の開発を行った。

・ポリマー／シリコンアルコキシド／超臨界二酸化炭素
反応系の検討

ポリマー、シリコンアルコキシドおよび二酸化炭素
(CO₂) の三成分系について、高圧相平衡観察を引き
続き行った。テトラメトキシシラン (TMOS) -CO₂-
ポリメタクリル酸メチル PMMA-三成分系について、
313K-393K, 0.1-30MPa の領域について相図を作成
した。

・断熱材の構造と物性の評価

発泡させた試料の発泡セル内に、シリカ成分が凝集し
た構造を作成する条件について検討し、特定のポリマ
ー種とアルコキシド種の組み合わせで形成されること、
構造形成が加水分解の影響を受けることを見いだした。
これらの知見から、発泡セル内にシリカ含有単一粒子
が生成した構造を持つ発泡体の作成法を確立した。

・連続製造プロセスの開発

ポリマーの押出成型機をベースとした断熱材連続製造
プロセスについて、発泡倍率の増大と、熱伝導率の最
適化を目的とした製造条件の最適化を行った。発泡倍
率の大幅な増大、発泡セルのセル径の抑制と破泡の抑
制について効果が見られたが、試料の成型等に難があ
り、熱伝導率としては昨年度と同程度 (0.028-
30W/mK) に止まっている。また成型した試料につい
て、長期安定性試験 (加速試験) を行い、室温下10年
相当で、熱伝導率、寸法に大きな変化がないことを確
認した。

・連続気泡型ポリマーフォーム含浸シリカエアロゲルの
作成

表記試料について押出試料と同様に長期安定性試験を
行い、同じく室温下10年相当で、熱伝導率、寸法に大
きな変化がないことを確認した。またバッチ超臨界乾
燥プロセスを用いた場合の製造コストについて精査を
行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 断熱材・ナノコンポジット・発泡ポリマ
ー・シリカエアロゲル・超臨界二酸化炭
素

【研究題目】 省エネルギー革新技術開発事業／挑戦研
究／チップ間信号伝送用マイクロ波発振
素子の開発

【研究代表者】 今村 裕志 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 今村 裕志、荒井 礼子、塚原 宙、
金子 智昭 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

複雑なシステム LSI チップの開発における、開発・
製造コストの上昇、歩留の低下、配線負荷による電力消
費の上昇といった問題を克服するためには、低消費電力
な無線通信技術によるシステム・イン・パッケージ (3
次元実装) の実現が必要である。本研究では LSI チッ
プ間無線信号伝送の低消費電力化を実現するために、定
量的なシミュレーションに基づいた超小型マイクロ波自
励発振素子の解析を行い、その動作特性・動作限界を明
らかにすることを目的とする。

我々は独自に作成したシミュレーションプログラムを
用いて系統的かつ定量的なシミュレーションを行った。
その結果、スピン分極率が0.8の強磁性金属でナノ接点
を形成することで面積抵抗0.34 Ω μm²、磁気抵抗比
100%のナノ接点磁壁型磁気抵抗素子が実現可能である
ことを明らかにした。この結果は素子開発の重要な指針
となり、高いスピン分極率を持つ FeCo 強磁性ナノ接点
構造の作製とその高純度化による磁気抵抗比増大に大き
く貢献した。また、ナノ接点に直流電流を流すことによ
り誘起される磁壁の歳差運動を用いたマイクロ波発振に
関するシミュレーション技術も確立した。系統的かつ定
量的なシミュレーションの結果、実験で高出力の発振が
観測された素子は、自由層において磁気渦と呼ばれる磁
気構造が実現されており、この磁気渦の振動によって高
出力な発振が実現されていることを示した。また、電
気・磁気結合を用いた位相同期による発振の高出力化に
関する研究も行い、自由層内に励起されるスピン波を介
して複数のナノ接点が発振の位相を同期させることを明
らかにした。さらに電気・磁気結合位相同期を用いた
10μW 超の高出力デバイス理論設計を完了した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロ波、スピントロニクス、信号伝
送

【研究題目】 水素貯蔵材料先端基盤研究事業／計算科
学的手法に基づく水素吸蔵材料の特性評
価とメカニズム解明に関する研究

【研究代表者】 小川 浩 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 小川 浩、長嶋 雲兵、西村 憲治、
鈴木 机倫、フン バク

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

水素燃料電池車搭載用水素タンクの高性能化を目的に、カーボン系及び金属系水素貯蔵材料に関するシミュレーション研究を行い、実験系グループの結果と比較した。まず3次元グラフェン系カーボン材料であるゼオライト鋳型炭素 (ZTC) について、屈曲グラフェン表面上での解離水素の吸着サイト、吸着エネルギー、拡散経路を第一原理計算によって求めた。その結果、従来の物理吸着に加えてスピルオーバー水素の表面拡散と化学吸着が室温で起こりうる事を予測した。ZTC の開発元である東北大多元研での検証実験により、白金添加により解離した水素原子が室温近傍で吸着量を増大させ、加熱に伴い放出されることが確認された。これにより今後の ZTC の水素貯蔵量向上が期待される。金属系材料では、バナジウム系 BCC 合金中の元素添加に伴う結晶構造と水素吸着サイトの変化を第一原理計算により求めた。その結果は産総研エネルギー技術研究部門での実験結果と良く一致した。また水素吸放出によって導入される転位に伴う長距離二体原子相関の変化を古典分子動力学法により計算し、中性子回折の実験データと整合する傾向が得られた。これらの結果により、計算により水素化に伴う構造変化を予測し合金設計に生かすことが可能であると考えられる。以上のことから、水素吸蔵材料高性能化への開発指針策定において計算科学的手法が有効であることが示された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 水素貯蔵材料、カーボン材料、バナジウム合金、第一原理計算、分子動力学法

【研究題目】 早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発

【研究代表者】 坂西 欣也 (バイオマス研究センター)

【研究担当者】 平田 悟史、遠藤 貴士、矢野 伸一、美濃輪 智朗、村上 克治、李 承桓、井上 宏之、藤本 真司、藤井 達也、岩本 伸一郎 (常勤職員10名、他11名)

【研究内容】

ナノ空間形成法による木質の活性化処理技術の研究開発においては、種々の条件で得られた前処理物をガス吸着法により解析し、前処理物の比表面積および細孔径を増大させることが酵素糖化性を向上させるために重要であることを示した。またメカノケミカルパルピング前処理物を高分解能走査型電子顕微鏡で詳しく調べ、表面や内部が超微細繊維にまでほぐれ、酵素がアクセスできる十分なナノ空間が形成されていることを示した。

酵素糖化技術においては、早生樹のヘミセルロースの糖化に重要な役割を果たす β -キシロシダーゼの遺伝子をセルラーゼ高生産菌 *Acremonium cellulolyticus* に導

入・発現することで、野生株に比べて β -キシロシダーゼの生産性が大きく増加した菌株を開発し、ユーカリ実サンプルでの有用性も確認した。またこの菌のセルラーゼ生産に関わる複数の転写因子に着目してそれらの遺伝子を取得し、これを基にした転写因子の増強または破壊株の作出に着手した。

発酵技術については、同時糖化発酵に適した耐酸・耐塩・耐熱酵母 *Issatchenkia orientalis* の発酵特性を明らかにするとともに、前年度に実施したこの菌のゲノム解析の結果も活用しながら、この菌の遺伝子組換え技術の開発を行った。

経済性・GHG 評価については、一貫生産システムにおける物質収支、エネルギー収支、経済性、温室効果ガス (GHG) の排出量に関し、早期の事業化が期待される併産モデルについて大規模産業植林の調査および亜硫酸ソーダ前処理法の分析検討を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 エタノール、メカノケミカル、酵素糖化、エタノール発酵、プロセスシミュレーション

【研究題目】 ハイブリッドナノカーボン電極による水系電気化学スーパーキャパシタの開発

【研究代表者】 曾根田 靖 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 曾根田 靖、児玉 昌也、羽鳥 浩章、山下 順也、丸山 勝久、常名 美穂子、有馬 住子 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

炭素材料を電極とする電気二重層キャパシタ (EDLC) では、現在有機系電解液が主流であるが、水系電解液 (水系キャパシタ) は高導電率や低コストなどの利点を持っている。水系は有機系と比べて低い作動電圧に起因して低容量であり、疑似容量導入によって比容量を改善すれば、廉価な汎用型デバイスとしての需要拡大が見込まれる。本研究では炭素繊維から合成した高結晶性で高容量を示す膨張化炭素繊維と、含有窒素による疑似容量効果を持つ窒素ドーブ炭素の性能を融合することで両者の特徴を併せ持った新電極材料を創製し、ハイブリッドナノカーボン電極による革新的な水系電気化学スーパーキャパシタの開発を目的とした。

平成23年度は、ハイブリッドナノカーボン材料の開発に関して、プロジェクト参画の企業によって製造された膨張化炭素繊維を基材とし、昨年までに見出した巨大な比容量を持つベンズイミダゾベンゾフェナントロリンラダーポリマー (BBL ポリマー)、窒素含有多孔質カーボンとのハイブリッド化条件を検討した。後者については、原料メーカーによってパイロット製造を行い、デバイスメーカーでのプロトタイプキャパシタの作製、性能評価を実施した。その結果、温度特性において、ハイブリッ

ドナノカーボンを用いた電極は低温（-40℃）から高温（+85℃）にかけて、等価直列抵抗（ESR）値の変動が現況活性炭に比べ約1/2に抑えられる良好な結果を検証することでできた。また、BBL ポリマーと膨張化炭素繊維とのハイブリッド材料について、非対称キャパシタを構成した場合のシミュレーションを行い、水系キャパシタのブレイクスルーとして目標とされるエネルギー密度10Wh/Lを実現するポリマーレイヤー厚みを示した。これらの結果によって、高い評価を得てフェーズIを終了した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 キャパシタ、窒素ドープ、ハイブリッドナノカーボン

【研究題目】 創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発

【研究代表者】 佐藤 主税

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 佐藤 主税（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

目標：

タンパク質構造を決定することは、創薬を加速する上での鍵の一つである。結晶を用いずにタンパク質構造を決定する電子顕微鏡単粒子解析において分解能を規定する最も重要な条件の一つは、粒子画像の枚数である。画像粒子の自動拾い上げプログラムおよびその周辺の画像処理技術をさらに改良し、単粒子解析法をより高分解能の方法へと改良する。

研究計画：

画像情報学による構造決定法である電子線単粒子解析の分解能を向上させるために、非線形最適化法を組み合わせ、単粒子解析を改良し、改良した単粒子解析法を用いて、形質膜のイオンチャネル、細胞内膜である小胞体チャネルや Ca²⁺ポンプなど、生理的に重要な様々の蛋白質の構造・機能相関の解析を行う。骨格筋や心筋などで特殊に進化した小胞体に特に注目して研究を進める。

年度進捗状況：

小胞体チャネルである分子量23kDa の3回膜貫通たんぱく質 Mg₂₃の機能が、陽イオン透過機能を持つことを京大薬学部竹島研究室と共同で見つけた。その構造を電子顕微鏡像から再構成したところ、主な構造はおおよそ36量体からなるボール（深皿）状であることを決定した。また一部の複合体は6量体のサブ複合体状態に留まっている。このチャネルが開くと様々な陽イオンを透過するが、イオン選択性は低い。このチャネルが Mg₃₃チャネルとどのように協調して Ca 放出を制御しているか、また様々な心筋症とどう関連するかが今後の課題である。さらに、C型肝炎の発症機構などに関係する様々な膜タンパク質の構造決定に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、単粒子解析、小胞体チャネル

【研究題目】 創薬加速に向けたタンパク質構造解析基盤技術開発

【研究代表者】 福西 快文（バイオメディカル情報研究センター）

【研究担当者】 福西 快文（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

我々は、今までに、化合物データベース、蛋白質-化合物ドッキングソフト、薬物スクリーニングソフトを開発してきたが、膜タンパク質はモデリングの困難さから、容易に扱うことができず、既知活性化合物を基にしたスクリーニング手法は、もっぱら有機低分子を対象に限られていた。生理活性ペプチドはゲノム遺伝子配列から見出せるが、分解性が高く薬にはほとんどなりえない。そのためペプチドと同等の活性をもつ有機低分子で置き換えること（ペプチドミメティクス）が必須だが、ペプチドミメティクスは極めて困難な技術である。生理活性ペプチドから非ペプチドの阻害剤を取得するためのコンピュータによる薬物探索（インシリコ・ペプチドミメティクス）の一般的技術を開発し、内在性μ-オピオイドの一種であるペプチド分子（EM-1）をモデルとした実証研究を行い、高い活性を持つ新たな非ペプチドのリード化合物5化合物を取得することに成功した。この手法は、高精度の蛋白質のモデリング手法と生理活性ペプチドの有機低分子への置換技術よりなり、他の多くのペプチドに対し、創薬技術として応用が可能である。

蛋白質のリガンド結合ポケットを予測することは薬物探索で必須だが、世界的には5-7割でしか予測できないが、蛋白質の全表面に多数の化合物をドッキングする手法（MolSite）の開発により9割以上の高精度で予測することに成功した。また、化合物を多数の蛋白質にドッキングすることで化合物の「薬らしさ」を評価する手法などを開発した。これらの手法は、myPresto として公開され、2000回以上、ダウンロードされて、企業やアカデミック研究期間で利用されている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 薬物ドッキング、インシリコ薬物スクリーニング、蛋白質モデリング、薬物設計、膜蛋白質

【研究題目】 基礎研究から臨床研究への橋渡し促進技術開発／橋渡し促進技術開発／次世代型高機能血液ポンプシステムの研究開発

【研究代表者】 山根 隆志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 山根 隆志、丸山 修、西田 正浩、小阪 亮（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

1ヶ月間の連続使用が可能な呼吸循環補助システム（PCPS）を実現するため、ポンプによる血球破壊あるいは使用材料に起因する血栓形成が生じないことを、新鮮または保存動物血を用いた模擬血栓試験により確認した。表面の粗度を改良したポンプモデルに対して、インペラペーン負圧面に少量の血栓が見られたが、ヤギを使用した動物実験において、無血栓であることを確認し、模擬血栓試験の抗凝固調整が重要であることがわかった。また、恒久的循環補助（DT）が可能な、非接触センサレスの流体動圧軸受を応用した超小型軸流式の体内埋込型補助循環システム（VAD）を実現し、開発ガイドラインが指定する耐久性を実証するため、拍動流条件下で耐久性評価試験を行った。機械式人工心臓弁を一方向弁とした耐久性試験装置を作製し、平均流量が、設計条件である毎分 $5 \pm 1 \text{L/min}$ となるように調整した。一方で、交換用試験機のプロトタイプを作製し、補助人工心臓ポンプのドライバ試験用恒温室の設計を変更した。そして、8台の成人用補助人工心臓に対して耐久性試験を実施した。2012年3月13日をもって、耐久性試験の実施期間は180日に達し、各種実験条件は、平均流量 4.4L/min 、拡張期流量 0.14L/min 、収縮期流量 10.89L/min 、平均圧力 80mmHg 、拍動数 72.1bpm 、液温 37.2°C 、液粘度 3.15cP とほぼ一定の値をとり、溶液中へのFe成分の溶出がないことも確認した。以上より、開発中の成人用補助人工心臓ポンプの180日間の長期信頼性が確認できた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 人工心臓、連続流ポンプ、耐久性、血液適合性

【研究題目】 内視鏡下手術支援システムの研究開発プロジェクト

【研究代表者】 鎮西 清行（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 鎮西 清行、小関 義彦、葭仲 潔、鷲尾 利克、荒船 龍彦
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

低侵襲の治療が特に有効ながん及び心疾患の主要な対象部位である脳神経外科、胸部外科及び消化器外科の領域において、医療従事者が扱いやすい診断・治療一体型の内視鏡手術支援機器であるインテリジェント手術機器の実現を図る。産業技術総合研究所ではこのうち、手術ロボット基盤ソフトウェア、術室統括ヘッドクォータ、精密微細操作の各技術に関する研究開発を行う。

研究計画：

1) ソフトウェア動作検証システム、ハードウェア動作検証システムなどを開発して本事業の試作品を検証する。ソフトウェアのライフサイクル管理を実現するた

めの開発体制を構築する。

2) 個々のスタッフの個人識別と位置測定、役割モデル解析を行う「位置識別システム」、医療機器の動作状況を記録する「医療機器ログシステム」、手術映像の動画像圧縮・内容分析からなる情報収集技術を開発する。

3) 医療機器ガイドライン「ナビゲーション医療分野共通部分」（平成20年6月経済産業省公表）に準拠するリスクマネジメント手順および電気安全試験、滅菌洗浄試験手順を策定し、その試験環境を構築する。リスクマネジメントは各機関での実施をサポートする。また試作品の試験を実施する。

平成23年度進捗状況：

1) 本事業で生まれたオープンソースソフトウェア OpenIGTLink が複数社の商用ナビゲーションシステム、位置計測器のソフトウェアとして組み込まれた。

2) 前年度までに開発した重要点検出システムを、小型化・簡易化したシステムを試作した。装置が小型であることから手術室内での設置に適しており、安価（10万円程度）で他機関への導入も容易と考えられる等の特徴を有する。

3) 手術ロボットハンド部の滅菌洗浄性評価法を考案し、その検出力、再現性の評価を行った。試作した微細操作部の洗浄試験を行った。ソフトウェアの研究開発をアジャイルな部分（研究過程）とマネジメントされた部分に分け、最終年度には試作ソフトウェアを設計レビューの元に再実装することで研究と開発の両立を図った。ロボットソフトウェア、内視鏡画像統合ソフトウェアを実験評価して、基本性能を確認した。これらの成果は医療機器ガイドライン、IECにおける医用ロボット安全性規格化作業に反映させる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 低侵襲治療、内視鏡手術、手術ロボット、微細アクチュエータ

【研究題目】 次世代大型有機 EL ディスプレイ基盤技術の開発（グリーンITプロジェクト）

【研究代表者】 鎌田 俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 鎌田 俊英、星野 聡、高田 徳幸、末森 浩司、茨木 伸樹
（常勤職員4名、他1名）

【研究内容】

次世代のディスプレイとして期待されているアクティブマトリクス有機 EL ディスプレイの大型化、および実用化に向けた製造技術に関して、ディスプレイの低消費電力化、量産化のためのパネル製造トータルシステムとの整合、高い生産性の視点から、有機 EL 素子・パネル製造基盤技術の開発を進めており、有機 EL パネルフロントプレーンに関して、「低損傷大面積電極形成技術の

開発」、「大面積透明封止技術の開発」、「大面積有機製膜技術の開発」、「大型ディスプレイ製造に向けた検証」の4つの研究項目について研究開発に取り組んでいる。

本年度は、有機 EL フルカラーディスプレイの低消費電力化と広い色域域を実現するのに不可欠なトップエミッション方式のための透明複合カソードの形成に関して、高い生産性を有するが比較的プロセスダメージが大きいとされるスパッタ方式を用いた、低ダメージカソード製膜技術開発を進めた。透明酸化物導電体と有機層との電子注入障壁を緩和させ、より低電界強度での電子注入を可能にする金属極薄膜層のスパッタ形成技術に関して、スパッタ時の有機層に与えるダメージ要因の解析と低ダメージスパッタ条件の探索を行い、加熱抵抗性蒸着とほぼ同等の（駆動電圧の上昇が10%以下に収まる）低ダメージスパッタ薄膜形成技術を開発した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 有機 EL ディスプレイ、大型製造技術、低消費電力化技術

〔研究題目〕 極限シリコン結晶太陽電池の研究開発（銅ペーストの研究開発）

〔研究代表者〕 鎌田 俊英（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 徳久 英雄、吉田 学、伊東 宇一（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

結晶シリコン太陽電池の低コスト印刷製造を実現する技術として、その電極構成部材としての低温焼結型銅合金ペーストを利用して、その印刷製造技術を開発している。これは、最近の世界的な需要拡大や太陽電池普及の急拡大などによりペースト材料である銀の価格が高騰しているため、現行の銀ペーストを用いる技術から低価格材料への転換の実現を可能とするものであり、太陽電池のさらなる低コスト化が期待できる。

平成23年度では、主に偏析しない均一組成のナノコンポジット構造粒子作製法によってできた低融点合金と銅粉とを混合して銅ペーストを作製した。銅ペースト中の低融点合金は150℃以下で融解し、銅の粒子間および銅粒子中へ拡散し、合金化することによって金属結合を形成し、導電性を向上させる。また、この融解した低融点合金が銅粒子を覆うので、銅粒子の酸化や、銅原子の基板などへの拡散が抑制される。

この銅ペーストを用いて、スクリーン印刷法で導体パターンを印刷形成し、加熱温度200℃以下で焼成したところ、線抵抗率は $3 \times 10^{-5} \square \text{cm}$ を示し、市販の銀ペーストに匹敵する値であった。また、太陽電池セルを構成するITO透明電極上にパターンを印刷形成して接触抵抗率を評価したところ、現行の太陽電池に用いられている銀ペーストよりも低く（ $5.3 \times 10^{-4} \square \text{cm}^2$ ）、太陽電池の高効率化に寄与することがわかった。この接触抵抗率は、

印刷形成したパターンを大気中に半年以上（7ヶ月）放置しても変化せず、高い耐久性を示すことを確認した。さらに標準剥離テスト（テープテスト）で評価したところ、全く剥離が見られない高い接着性を示した。このように、太陽電池セル製造に要求されるさまざまな仕様に対する総合的な適合性の高さをみると、これまで主流であった銀ペーストによる太陽電池用電極部材の形成に代替し得るものとして、十分高いポテンシャルをもつことがわかった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 銅ペースト、太陽電池、スクリーン印刷

〔研究題目〕 革新型蓄電池先端科学基礎研究事業／革新型蓄電池先端科学基礎研究開発

〔研究代表者〕 辰巳 国昭

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 辰巳 国昭、栄部 比夏里、竹内 友成、鹿野 昌弘、小林 弘典、城間 純、菊園 康雄、松本 亮子、太田 静生、横田 秀則、奥本 めぐみ、吹谷 直美、（常勤職員6名、他6名）、共同研究者（常駐）3名

〔研究内容〕

本研究は、革新型蓄電池先端科学基礎研究事業の研究開発項目の一つである「材料革新」について、リチウムイオン電池のエネルギー密度の向上並びに長寿命化・高度信頼性の同時達成のための高電位正極および高容量負極の材料の革新に資する指針の提案を示すものである。

平成23年度は、前年度に選定した被覆材料（ $\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ 母材を中心に）および被覆手法により被覆した正極材料につき、引き続き被覆効果の検証と、正極／電解質界面での副反応抑制機構の解明を目標とした。さらに革新電池グループと連携して高エネルギー密度材料の開発を目指した。

正極／電解質界面の高度安定化に関しては前年度に引き続き乾式または湿式に分類される複数の方法で酸化物の被覆を行い、電極特性、特に高電位・高温での劣化試験における電極活物質表面・内部の変化を調べ、表面への皮膜の堆積や遷移金属の溶出は劣化の主要因でなく粒子内部の結晶方位の大きく異なる一次粒子間のクラック発生と大きな相関があることを見いだした。被覆によりこのクラックの数が低減されており、被覆による劣化抑制効果と密接に関連すると考えられる。さらに実験と並行し、有限要素法による計算を行い、活物質の劣化を防ぐための一次粒子の設計指針導出について検討を進めた。高エネルギー密度材料としては高電位正極、硫黄系正極、高容量負極の検討を行った。高電位正極については表面被覆手法による劣化の抑制の検討を開始し、硫黄系正極は硫黄と炭素の複合化等の高容量化手法の検討を開始した。高容量負極の検討では体積膨張収縮の影響を緩和で

きる電極構造の検討を進め、電極厚みの増大と当初の目的であったサイクル特性向上の両立が可能な電極の作成に着手した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、革新電池、正極、負極、界面、自動車

〔研究題目〕 固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発／研究開発項目①「基盤技術開発」
テーマ b 定置用燃料電池システムの低コスト化のための MEA 高性能化
②高濃度 CO 耐性アノード触媒開発

〔研究代表者〕 山崎 眞一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 山崎 眞一、八尾 勝、前田 泰、竹田 さほり、五百蔵 勉

(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

本研究開発では、CO を低過電圧で酸化除去できる錯体 (Rh-ポルフィリン) 系触媒と PtRu 触媒とを複合化させることにより、高濃度 CO 耐性アノード触媒の開発を目指した。本年度は、触媒調製法の改善によるさらなる活性の向上と、錯体系触媒の劣化要因の検討を行った。

触媒調製法の改善に関しては、カーボンへの優先吸着・ポルフィリン錯体の凝集防止を狙って、ある種の添加剤を加えた条件で Rh-ポルフィリン錯体を Pt₂Ru₃担持カーボンに吸着させる手法をとった。添加剤を加えて調製した Rh-TCPP と Pt₂Ru₃/C との複合触媒は、添加剤のない触媒よりも、高い活性を示し、添加剤を加えることにより高濃度 CO 耐性が上昇することが分かった。

劣化要因の検討に関しては、まず、溶液中での Rh-ポルフィリン錯体の安定性を検討した。酸性溶液中で高濃度の過酸化水素を加えて数十日放置しても、Rh-TPPS 錯体の吸収スペクトル強度はあまり減少せず、強酸性中で高濃度の過酸化水素の存在下でも Rh-ポルフィリン錯体はある程度の安定性を示すことが分かった。次に、錯体/HOPG 基板をモデル触媒として用いて、電位サイクル試験前後の錯体分子の挙動を検討した。電位サイクル試験の前は、この錯体分子は HOPG 基板上で均一な分子膜を形成していたが、0~1.0V の電位サイクルを行うと、錯体分子が凝集する傾向が見られた。しかし、このような高電位印可時でも錯体分子は完全には除去されないことも分かった。以上の結果から、Rh-ポルフィリン錯体は酸化的分解に対しては比較的安定であり、むしろ、界面での分子の移動が主要な劣化要因と推察された。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 PEFC、アノード、一酸化炭素

〔研究題目〕 高速合成・評価法による蛍光ランプ用蛍光体向け Tb, Eu 低減技術の開発

〔研究代表者〕 赤井 智子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 赤井 智子、李 佳龍、神 哲郎、三原 敏行、山下 勝、谷垣 宣孝、湊 秀幸、木内 美紀子、松本 佐智子、今村 俊徳、村上 方貴

(常勤職員6名、他5名)

〔研究内容〕

蛍光ランプの保護膜に使用可能な高輝度の発光シリカを作製することを目的として研究を行う。シリカ中に Zn₂SiO₄:Mn の結晶を析出させることで、高輝度な蛍光ガラスが得られることを見出した。得られた蛍光シリカの量子効率の測定を行った。内部量子効率は0.71、輝度は標準 LAP の0.53倍であった。他の研究例から考えて、4-5μ程度塗布した場合に、光束が15%は向上することが期待できる輝度となったため、試験片に蛍光シリカと蛍光体を塗布し、それぞれの膜厚比に対しての透過率と輝度を評価した。

ガラス管表面に適切な形状の凹凸パターンを形成する技術を開発することで、ガラスからの光の取り出し効率を10%以上高める技術の開発を実施し、本年度は、無機膜の塗布方法の開発を行った。大面積に加工することを目的として、ナノインプリントフィルムから直接無機ナノビーズやナノパターンを転写する手法を検討し、転写が可能なことを見出した。

蛍光体を種別分離し、再利用するために、低磁場の磁選機を用いて廃蛍光体の分離の開発を実施した。本年度は実際の工場での蛍光体を分離し、三波長とハロリン酸が混合している蛍光体から緑色蛍光体 (LAP) のみを取り出すことができることを明らかにした。また、さらに、分離効率を上げるための適切な分離プロセスを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 蛍光体、希土類、ナノインプリント、蛍光、シリカ

〔研究題目〕 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発

〔研究代表者〕 松本 一

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 松本 一、栄部 比夏里、香山 正憲、窪田 啓吾、都築 誠二 (ナノシステム研究部門)、寺澤 直弘 (健康工学研究部門) (常勤職員6名、他3名)

〔研究内容〕

リチウム二次電池の安全性を高める液体電解質媒体と

して、難燃性・難揮発性が主な特徴である“イオン液体（常温溶融塩）”の適用を検討し、既存の有機電解液系リチウム二次電池の構成を生かしつつ、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発することを目的とする。最終年度である本年度では開発目標である計算機科学による高性能イオン液体の設計指針導出および、新規イオン液体の合成、さらに試作電池を用いた出力評価を検討した。第一原理分子軌道計算および分子動力学計算から、電池の内部抵抗低減に必要な低粘性イオン液体を得るための正イオンおよび負イオン構造の特徴の抽出に成功した。またリチウム金属/イオン液体界面の第一原理 DFT 計算をアニオン種の構造に着目して検討し、アニオンの吸着エネルギーが構造によって大きく変化し、リチウム金属を負極として用いた場合の電池特性と相関性があることを見出した。これらの結果は、非常に多彩な構造多様性を持つイオン液体からリチウム二次電池系に適したイオン液体の設計が可能となることを示す。一方、新規に合成した非対称アミドアニオンからなるイオン液体を用い、コバルト酸リチウム正極とリチウム金属負極とからなる電池の出力特性を検討し、より粘性が低い従来の有機溶媒電解液の結果より高い出力となることを示すことができた。最終的なプロジェクト開発目標である2500W/kg は達成できなかったが、イオン液体でも構造を工夫すれば有機溶媒電解液よりも高い出力を得る可能性があることを明らかにできた。安全性の面では、イオン液体に添加するリチウム塩そのものの熱安定性について、熱分解ガスを質量分析計により詳細に検討し、アニオン構造の影響について調べ、本研究で注目してきたアミド系アニオンが熱安定性に優れていることを明らかとした。今後はこれらの成果を踏まえさらに高性能イオン液体を開発していく。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウム二次電池、イオン液体

【研究題目】発電から CO₂貯留までのトータルシステムのフィジビリティ・スタディー/全体システム評価（発電から CO₂貯留に至るトータルシステムの評価）

【研究代表者】西尾 匡弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】西尾 匡弘、近藤 康彦、赤井 誠
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究「全体システム評価」では、(財)エネルギー総合工学研究所と連携して、①全体調整・取り纏め、②経済性評価モデルの構築と評価、③エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価、④国際標準化の検討、⑤戦略検討という5つのサブテーマを実施し、将来的なゼロエミッション石炭火力発電所及び CCS の導入による温室効果ガス削減への貢献度や、CCS が我が国のエネ

ルギー需給に及ぼす影響を分析評価、また、技術導入の促進に資する国際標準化戦略の検討を通じ、戦略的な施策形成に有益な基礎情報を提供することを最終目標としている。当所では、主として上記の②～⑤を分担し、下記の成果を得た。

②経済性評価モデルの構築と評価

昨年度までに開発した汎用の GIS ベースの経済性評価ソフト (SEEC) に対し、需給モデルによる削減シナリオ検討のための LNG 火力の分析機能を追加するとともに、施策 (CCS に対するインセンティブなど) 検討のための、事業性評価分析ツールを開発し、炭素価格やフィードインタリフを設定した場合の CCS プロジェクトの内部収益率などに関する感度解析を通じ、多様なビジネスモデルの検討に利用するための追加機能の必要性などのチェックを行った。

③エネルギー需給影響評価モデルの構築と評価

日本及び世界のエネルギー需給モデル、及び電力需給モデルの改良・精緻化及び入力データのアップデートを図るとともに、福島第一原発事故を受けた今後の原子力発電及び再生可能エネルギーの導入・運用に係る様々なシナリオを想定した上で、2011～2050年の我が国の電力需給分析を実施し、長期的なゼロエミッション火力の導入シナリオを検討した。

また、ゼロエミッション火力技術の Cool Earth イニシアティブへの貢献度を評価するための CO₂濃度安定化シナリオ分析モデルの改良版開発をほぼ完了し、気候変動緩和効果を予測するツールとして活用できることを確認した。

④国際標準化の検討

昨年度までに引き続き、国際標準化ニーズを調査するとともに、ISO での標準化作業開始の動きを受け、CCS の導入・普及において重要で、かつ我が国がリーダーシップを取るべき分野のひとつとして、CCS に係るアカウンティングについて、基本的考え方と CCS の CDM への適用性に係る議論など国際動向をとりまとめた。また、Capture Ready (CCS Ready) について、CCS Ready 設計とすることによる得失分析を実施した。

⑤戦略検討

CO₂の削減に係る国内外の施策動向や CCS に係る国際動向など最新の知見を取り入れ、我が国で経済効率的かつ効果的に実現可能なゼロエミッション火力の導入の加速化に関する戦略的検討を通じ、事業全体の推進及び我が国におけるゼロエミッション石炭火力発電所の導入普及の実現施策を支援することを目的とする。

本年度は、CCS の早期実施機会を拡大できる CO₂船舶輸送方式のオプションとして注目されているシャトルシップ方式について詳細経済性評価を実施した。また、経済性評価モデルの一部として開発した事業性分析ツールを用いた試解析を実施し、フィードインタリフなど、ゼロエミッション石炭火力の実用化に係る経済的バリエ

を引き下げ得る施策の可能性を論じた。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ゼロエミッション、石炭ガス化発電、
CO₂回収・貯留、国際標準化

〔研究 題目〕 次世代自動車用高性能蓄電システム技術
開発／基盤技術開発／次世代自動車用高
性能蓄電池基盤技術の研究開発（劣化解
析・抑制手法の開発）

〔研究代表者〕 辰巳 国昭

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 辰巳 国昭、鹿野 昌弘、小池 伸二、
小林 弘典、栄部 比夏里、奥村 豊旗、
蔭山 博之、秋田 知樹、
BEN YAHIA Hamdi、廣瀬 道夫、
上野 憲市郎、山本 博文、吉田 芳男、
和合 由美子、山野 由美子、
植永 恵子、平井 順、名倉 規代、
中島 美幸、佐藤 扶美子、
齋藤 喜康*、児玉 久子*

（常勤職員9名、他13名）

*エネルギー技術研究部門

〔研究 内容〕

基盤技術開発の担当4法人（電力中央研究所、産総研、日本自動車研究所、東北大学）が、研究開発責任者会議により全体を統括するとともに、電池試験技術協議会を組織することで要素技術（モジュール電池）開発担当法人と連携を図り研究開発を推進した。産総研は、「劣化要因の解明とその抑制方法の開発」並びに「材料レベルからの安全性要因の解明」を担当している。平成22年度までに検討した Li(Ni_{1-x-y}Co_xAl_yO₂（NCA）あるいは LiNi_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}O₂（NMC）を正極材料に用いたモデルセルを發展させ、負極に黒鉛系材料を用いた PHEV 用途に適した小容量セルについて劣化機構の検討を行った。長期にわたる保存試験およびサイクル試験後のセルについて、Ni を含有した層状型正極材料共通の出力劣化要因として抽出した正極表面に見られる立方晶の生成と出力劣化の間に相関を見出した。また、セルの保存試験時に生じる熱流測定から、電池内部の副反応の速度式を推定した。これらの結果等により、電池の劣化メカニズムのモデルを提示した。また、電池安全性の観点から自動車事故などで電池が熱暴走に至った場合に大気中に放出されるガスの分析を行い、CO などの有害ガスが発生するものの絶対量は多くないため、大気中への拡散も勘案すると直ちに深刻な影響を与えるレベルではない事がわかった。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二次電池、リチウム電池、リチウムイオン電池、正極、負極、自動車

〔研究 題目〕 次世代自動車用高性能蓄電システム技術
開発／次世代技術開発／エネルギー密度
の革新を目指した金属-空気電池の二次
電池化

〔研究代表者〕 藤原 直子

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 藤原 直子、五百蔵 勉、上坂 康三、
林 由美子、丹上 貴子

（常勤職員2名、他3名）

〔研究 内容〕

負極に亜鉛などの金属、正極を空気極とする金属-空気電池は、飛躍的なエネルギー密度向上の可能性から、二次電池化に興味を持たれている。しかし、長期耐久性や大型化など実用上の観点から課題は多い。本研究では、金属-空気電池の空気極（正極）側に着目し、空気極近傍にアニオン交換膜を電解質として使用する固体高分子形空気極の基礎検討、および可逆空気極触媒の探索を進めた。

今年度は特に、金属-空気電池の課題である充放電効率の向上を目指し、空気極における反応過電圧低減のための触媒探索を行った。非貴金属系の空気極触媒として、ペロブスカイト型酸化物（ABO₃）に注目し、A サイトの主成分として資源量が豊富で安価なアルカリ土類金属の Ca を、B サイトには Mn, Fe, Co を使用し、触媒組成の検討を行った。さらにペロブスカイト型酸化物に酸化処理を施したカーボンブラックを導電助剤として添加することにより、酸素還元と酸素発生の両反応に対して活性な可逆空気極触媒（Ca_{0.8}La_{0.2}Mn_{0.6}Fe_{0.2}Co_{0.2}O₃、Ca_{0.8}La_{0.2}Fe_{0.6}Co_{0.4}O₃など）を見出すことができた。また、この可逆空気極触媒を用いてガス拡散電極構造を有する固体高分子形空気極を作製し、充放電試験を行うことにより、金属-空気電池の空気極として作動可能であることが確認できた。

〔分 野 名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属-空気電池、空気極、酸素還元、酸素発生、アニオン交換膜

〔研究 題目〕 次世代自動車用高性能蓄電システム技術
開発／要素技術開発／高容量・低コスト
新規酸化物正極材料の研究開発

〔研究代表者〕 辰巳 国昭

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 辰巳 国昭、田渕 光春、竹内 友成、
秋田 知樹、鍋島 洋子

（常勤職員4名、他1名）

〔研究 内容〕

次世代クリーンエネルギー自動車用リチウムイオン電池の高エネルギー密度化・高出力密度化に資するため、低コストかつ資源的に豊富な元素（Mn、Fe、Ti 等）を主体とする新規高容量酸化物正極材料を開発する。平

成23年度は、合成条件の最適化と段階充電法の併用により当所で見出した鉄及びニッケル置換 Li_2MnO_3 系正極材料のさらなる特性改善を引きだした。放電容量は1時間率で221mAh/g、1/20時間率で放電容量96mAh/g となることを見出した。また100サイクル後においても初期容量の76%を維持することがわかった。また炭素熱還元法を用いて、鉄置換 Li_2MnO_3 および鉄及びチタン置換 Li_2MnO_3 の充放電特性が大幅に改善し、既存 Li_2MnO_3 並の充放電容量（約250mAh/g）を有することを明らかにした。さらに分析電子顕微鏡を用いてチタン置換 Li_2MnO_3 の炭素還元時、充放電特性評価時の構造、組成変化を検討した。炭素還元により一部の Mn が還元されていること、充電時に一部がスピネル相に変化すること、構造からの酸素脱離が生じていること等が確認できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リチウム二次電池、正極材料、焼成合成法

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／総合調査研究

【研究代表者】匂坂 正幸（安全科学研究部門）

【研究担当者】匂坂 正幸、玄地 裕、美濃輪 智朗、工藤 祐揮、林 彬勲、定道 有頂、楊 翠芬、山口 克誠、北川 直美、本瀬 良子（常勤職員5名、他5名）

【研究内容】

この総合調査研究のプロジェクトは、「セルロース系エタノールの加速的先導技術研究開発に参画する研究チームへの情報提供、研究チーム間の相互利用・検証の連携の推進」、「バイオマス総合利用に係る経済性評価・ライフサイクルアセスメント（LCA）評価、社会・環境・文化への影響リスク分析手法の確立」、「有望バイオマス生産地域・事業モデルの検討」の3テーマから成っている。そのうち、安全科学研究部門では、LCA 評価を担当し、有望バイオマス生産地域およびバイオ燃料事業を想定した利活用モデルに対して特に温室効果ガス（GHG）排出量調査を実施し、地球温暖化への影響評価を行っている。その評価結果を加速的先導技術研究開発に参画する研究チームに提示して研究開発の方向の決定、確認に寄与することを目指している。

具体的には、①当該地域への現地調査を実施し、原料調達や土地利用変化に関する情報の収集および GHG 排出量評価 ②国際会議等での情報収集および既存の評価ツール調査による LCA 手法に関する情報の収集 ③得られた情報・成果を随時、GHG 排出量評価ツールへ反映 ④各プロセス研究開発のフォローアップ を行った。

①～④における実施内容の共通的な背景である GHG

排出量評価では、有望バイオマス生産地域の国別（平成23年度はタイ、インドネシア、ベトナム）のエネルギー消費原単位および CO_2 排出係数を整備し、原料変換プロセスの性能を推算した。また、原料の調達に伴う土地利用変化の影響は、IPCC（気候変動に関する政府間パネル：国際的な専門家をつくる、地球温暖化についての科学的な研究の収集、整理のための政府間機構であるとともに、学術的な機関）でのデフォルト値と、当該の原料作物や類似作物に関する文献・実地見聞を基に設定したパラメータにより推算した。これらの推算から、GHG 排出量の観点では、土地利用変化や原料栽培での施肥量に伴う寄与が支配的であることがわかった。その結果、バイオ燃料事業に向けた提案としては、原料の特性に適合した変換プロセスの技術開発だけではなく、原料を調達する地域・土地・土壌の選定、栽培方法等および変換プロセスとの適切な組合せが挙げられた。

さらに、GHG 排出量の観点だけではなく、経済性評価や GHG 排出削減スキーム評価との連携を図り、情報の共有化と整合性の確認を行った。これらの実施により、評価ツールの精度向上に努め、合理的なプロセス開発の支援に貢献した。また、汎用性のある GHG 排出量評価ツール作成に向けた準備ができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマスエネルギー、セルロース、ライフサイクルアセスメント、温室効果ガス、地球温暖化

【研究題目】グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発／革新的酸化プロセス基盤技術開発

【研究代表者】島田 広道

（研究環境安全本部 本部長）

【研究担当者】佐藤 一彦、清水 政男、今 喜裕、千代 健文（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

酸化反応を含むプロセスは工業的に最重要であるが、未だに環境に大きな負荷をかける酸化法が使用されている。本研究はこのような酸化プロセスに代替し、ハロゲンや重金属酸化剤を使用せず、しかも環境への負荷を大幅に低減できる可能性を持つ過酸化水素酸化を主とする革新的酸化プロセスの基盤技術を確立し、廃棄物、副生成物を削減できる革新的プロセス及び化学品の開発を実現することを目的とする。

本年度は、昨年度まで行ってきたタングステン金属触媒、相間移動触媒、添加剤、からなる三元系触媒では適用しにくい基質の高効率酸化技術の開発を重点的に行った。これら基質に適用可能な触媒を開発することで、基盤技術が拡大されるうえ、合成可能な化学品の項目も飛躍的に増大した。特に、香料や医薬品中間体など、従来よりも複雑な構造を有する化合物を合成可能なクリーン

酸化技術を開発した。

回収再利用可能な白金黒を触媒に選択して、第三級の環状アリールアルコールからケトンと炭素-炭素二重結合の共役したエノンを収率90%以上で合成する技術を詳細に検討し、合成法として確立した。触媒の表面解析を行ったところ、反応後も触媒の活性が低下していないことを明らかにした。5回触媒を回収再利用検討したところいずれも収率が90%以上となり、触媒が壊れることなく何度も使用できることを明らかにした。さらに触媒が選択的に六員環のエノン合成に高い反応活性を示すことを見出した。また、パラジウム触媒を用いることで簡便に炭素-炭素二重結合からケトンを合成する過酸化水素酸化技術を開発した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グリーンケミストリー、過酸化水素、酸化反応、触媒

【研究題目】革新的ノンフロン系断熱材技術開発プロジェクト／革新的断熱技術開発／次世代断熱発泡剤の研究開発

【研究代表者】田村 正則（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】関屋 章、田村 正則、権 恒道、水門 潤治、徳橋 和明、陳 亮、高橋 明文、滝澤 賢二、内丸 忠文、鈴木 康正、柳澤 知子（常勤職員8名、他3名）

【研究内容】

発泡プラスチック系断熱材の断熱性能は、発泡剤の断熱特性が優れているほど高い断熱性能が得られるが、断熱性能に優れた従来の発泡剤は温暖化係数が大きい。本研究では、温暖化係数が小さく断熱特性も優れた発泡剤の開発を目指して検討を進める。フッ素系オレフィン類を候補化合物とし、毒性、熱伝導率、温暖化評価、燃焼性評価、VOC 評価、合成法など多方面から検討することで、断熱特性が優れ環境への負荷の小さい発泡剤を開発する。本年度は、以下の研究を行った。

断熱材の候補化合物について製造法を検討し、工業原料から製造する製造方法の目途を得た。

候補化合物について発泡体形成時における安定性評価を行った。その結果をもとに検討し、フルオロオレフィン発泡剤に適した発泡方法の目途を得た。

候補化合物の気体熱伝導測定を進め、化合物ごとの熱伝導率の温度依存性を明らかにした。

フルオロオレフィンと OH との反応速度について測定データを追加・更新した。

フルオロオレフィンと NO₃、O₃との反応速度を測定し、NO₃、O₃との反応が大気寿命に与える影響は OH に比べては非常に小さいことを明らかにした。

オレフィン系化合物の温暖化評価の高度化を進め、開発した発泡剤の優位性を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】代替物、発泡剤、断熱材

【研究題目】国際標準共同研究開発事業：有機 EL、有機薄膜太陽電池用ポリマーフィルムのバリア評価技術・標準フィルムに関する国際標準化に係るフィージビリティスタディ

【研究代表者】原谷 賢治（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】原谷 賢治、吉宗 美紀、原 重樹、藤原 一郎、原 伸生、溝口 敬信、穂吉 紀子（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本研究は、化学品製造の基幹有機物質である酢酸やイソプロパノール（IPA）等の分離プロセスを現行の蒸留法から省エネルギー型の膜分離法に代替することを目的とし、優れた分離性能と耐薬品性を有するカーボン膜モジュールを開発する。

高性能カーボン膜の開発では、水/IPA 分離系について、カーボン膜の炭化条件の最適化を行った結果、浸透気化分離法による75℃における IPA 水溶液の分離試験において既報のカーボン膜を上回る分離性能（水の透過速度 $P=1.1 \times 10^{-6}$ (mol/m² s Pa)、水/IPA の理想分離係数 $\alpha > 100000$) を達成することができた。水/酢酸分離系に対しては、膜中への Na などの金属カチオンの導入が有効であり、細孔径が0.4nm から0.3nm に縮小し、かつ膜が親水化したことで分離性能が大きく向上することを見出した。金属カチオン種や導入量、炭化条件の最適化の結果、75℃における酢酸水溶液の浸透気化分離試験において、最大で水の透過速度 $P=6.9 \times 10^{-7}$ (mol/m² s Pa)、水/酢酸の理想分離係数 $\alpha = 10000$ 以上を得ることができた。

膜分離プロセス設計手法の開発では、開発カーボン膜を用いた IPA および酢酸の精製プロセスをシミュレーションし、蒸留法に比較した省エネルギー性を評価した。2塔式連続の膜プロセスでは約90%以上の省エネルギーが可能である見通しを得た。また、開発膜の性能向上に合わせてシミュレーションプログラムによる再検討を行った結果、蒸留法と同じ分離度を達成する事ができるシンプルな膜1段分離プロセスが可能であることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学プロセス、膜分離、カーボン膜

【研究題目】省水型・環境調和型水循環プロジェクト／水循環要素技術開発①／1) 革新的膜分離技術の開発 うち iii) 分離膜の細孔計測技術の開発及び標準化に向けた性能評価手法の開発

【研究代表者】柳下 宏（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕 榊 啓二、小林 慶規、伊藤 賢志
鈴木 良一、大平 俊行、大島 永康、
古部 昭広（常勤職員7名、他4名）

〔研究内容〕

陽電子消滅法による RO 膜及び NF 膜中の細孔を計測する技術を確立し、同手法で測定された細孔と分離性能との関係と比較するとともに、RO 膜及び NF 膜の膜評価方法の標準化に向けた技術開発を行う。そのために以下の研究開発を行った。

① 陽電子消滅法による分離膜中の細孔計測技術の開発
実用環境条件での細孔構造評価手法の確立に資する、大気圧下での低速陽電子ビームによる細孔計測技術の開発と、湿度が制御された雰囲気中含水状態にある膜試料評価を可能とする装置の整備を行った。その結果、陽電子を分離膜活性層に打ち込むのに必要な高電圧の印可時に相対湿度を0~98RH%の範囲で制御することに成功した。

② 分離膜における細孔と分離性能との相関

溶質分子の見かけの大きさ $V_m[\text{nm}^3] = M_w / NA \rho$
(M_w : 分子量、 ρ : 各溶質のバルク密度、 NA : アボガドロ数) と σ -Ps 寿命から見積もられた $V_f = 4/3 \pi R^3$ との比 V_m/V_f に対する阻止率では、RO 膜に関して一定の相関があることが確認できた。

膜性能評価として蛍光計測法の適応を検討し、既に見いだしていたプローブ分子ピラニンの水溶液の吸収スペクトルの pH 依存性を測定し、pH に依存せず正確に蛍光強度を評価する方法として、緩衝溶液を用いる手法を確立した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 膜分離技術、RO 膜、NF 膜、陽電子消滅法、細孔計測技術

〔研究題目〕 新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発（先導技術開発）／セルロース系バイオマスエタノールからプロピレンを製造するプロセス開発

〔研究代表者〕 島田 広道（研究環境安全本部）

〔研究担当者〕 島田 広道、中岩 勝、榊 啓二、
羽部 浩、大森 隆夫、山本 拓司、
遠藤 明、吉宗 美紀、藤谷 忠博、
伊達 正和、中村 功、高橋 厚、
三村 直樹、原谷 賢治、Xia Wei、
木村 幸紀、新保 外志夫、谷口 智
（常勤職員13名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、2015~2020年頃の実用化をめざし、セルロース系バイオエタノールからプロピレンを製造するための反応プロセス設計、分離プロセス設計を行う。

1) 反応プロセス設計

酸化物系触媒上でのエタノールからプロピレン合成反応における反応圧、接触時間、水の添加量等の反応条件の影響を検討した。接触時間は、プロピレン選択率に対して影響は少なく、広い範囲でプロピレンを高選択率で合成できることを明らかにした。また、水の添加は、プロピレンの選択性を向上させることがわかり、エタノールと水の供給モル比が1:3で最高収率が得られることを明らかにした。さらに、プロピレンの選択率は、高圧下で反応を行うと大幅に向上することを見いだした。一例として、反応圧1.5MPaにおいて、これまでの最高である50%のプロピレン収率を得ることに成功した。

2) 分離プロセス設計

エタノール製造担当チームから提供されたセルロース系エタノールを分析し、ジメチルジスルフィドなどの有機硫黄不純物が含まれることを見出し、これらが酸化物系触媒の反応によって硫化水素やジメチルスルフィドに転換されることを確認した。硫化水素を反応生成物中から選択的に除去可能な吸着剤を見出し、当該吸着剤の吸着性能を吸着破過曲線の測定により検証した。ベンチプラントで想定される操作条件で吸着剤の脱硫性能を検討した結果、反応生成物中の硫化水素濃度を10ppb以下に低減可能であることが判明した。

細孔径の異なる数種類の炭素膜の膜モジュールについて、反応出口ガスを想定した模擬混合ガスの脱水試験を行い、膜構造の最適化を検討した。この結果をもとに、ベンチスケールでの膜脱水プロセス計算を行い、目標性能を達成するのに必要な膜面積を算出し、ベンチスケール用の脱水膜実ガス試験装置および制御解析装置の設計・導入を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマスエタノール、プロピレン、触媒、硫黄化合物、吸着分離、膜分離

〔研究題目〕 基礎的共通的課題のための研究開発

〔研究代表者〕 堀田 照久（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 横川 晴美、堀田 照久、山地 克彦、
岸本 治夫、Manuel.E. Brito、
下之菌 太郎、西 美奈、鈴木 善三、
倉本 浩司、趙 度衡、王 芳芳、
石塚 香（常勤職員8名、他4名）

〔研究内容〕

固体酸化物形燃料電池（SOFC）スタックの耐久性・信頼性向上のために、開発会社4スタックの耐久試験後サンプルの詳細分析を行い、その劣化機構を検討した。特に筒状平板形及び筒状横縞形の2スタックについては、共同実施において4000時間以上の耐久試験をおこない、その劣化挙動を調査した。スタック電圧劣化率は、概ね0.3%/1000時間以下を達成し、目標の0.25%/1000時間を見通す水準に来ていることを確認すると共に、改良点

などをスタックメーカーと協議した。耐久試験後サンプルの詳細分析では、不純物検出感度の高い2次イオン質量分析計 (SIMS) 等を適用し、不純物蓄積部位と蓄積傾向を明らかにし、電圧劣化現象との相関を明らかにした。例えば、空気極において、微量不純物である CrO_3 及び SO_2 ガスが電極材料とやかに化学反応をし、電気化学反応に影響を与えるかを正確に分析した。電極材料の表面に SrCrO_4 や SrSO_4 などの反応物質ができ、これが表面電極反応を遅くしている (劣化させている) ことを解明するとともに、その濃度レベルと劣化度との相関を解明した。石炭ガス化ガスの SOFC への影響を評価するために、 H_2 -CO ベースのガスに不純物をドープし、不純物の SOFC 発電特性・耐久性への影響を検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、耐久性、信頼性、不純物、2次イオン質量分析計、スタック

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発 (先導技術開発)／バイオポリオレフィン等のバイオマス由来度の測定・試験方法の研究開発

【研究代表者】国岡 正雄 (環境化学技術研究部門)

【研究担当者】国岡 正雄、田口 和宏、船橋 正弘、大石 晃広、八木 久彰 (常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

バイオマス由来のポリオレフィンと石油由来のポリオレフィンを判別でき、ポリオレフィン中のバイオマス由来度を定量的に測定できる方法を開発するため、規格 ASTM D6866にある放射性同位元素炭素14濃度を測定してバイオマス由来度を評価する方法を中心に検討する。炭素14の濃度測定法として、加速器質量分析に着目し、以下のことを明らかにしていく。①再生可能原料であるバイオマス等のみから生成したポリオレフィンのバイオマス由来度を測定する。また、石油由来のポリオレフィンについてもバイオマス由来度を測定する。②バイオマス由来及び石油由来のモノマー等のポリマー原料について、バイオマス由来度を測定する。③ポリオレフィンから製造される製品に近いプラスチック製品、複合材料を視野に、充填材や添加剤等のバイオマス由来度を測定する。④無機炭素類 (珊瑚、貝殻、珪藻土等) に、この測定法が適用できるかどうかを詳細に検討する。ポリオレフィン材料に関して、測定誤差を明らかにするために、繰り返し測定を行い、本測定法の精度を確認し、国際標準規格としての精度があることがわかった。また、ポリオレフィンプラスチック樹脂と添加剤を分離して、それぞれのバイオマス度を測定することにより、樹脂成分のバイオマス度を測定できる方法を開発する。樹脂と添加剤の分離方法としては、溶媒による分離法を検討し、汎

用の溶媒抽出器を使用した汎用法を検討した。その汎用法が種々のバイオマスプラスチック複合体を樹脂と添加剤に分離できることを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス炭素含有率、炭素14、試験法、ポリオレフィン、標準規格

【研究題目】省水型・環境調和型水循環プロジェクト／水循環要素技術研究開発／有用金属・有害物質の分離・回収技術の開発

【研究代表者】原田 晃 (東北センター長)

【研究担当者】原田 晃、田中 幹也、小山 和也、成田 弘一、大石 哲雄、チャイタニヤ・ラジ・アディカリ、森井 奈保子、竹内 浩士、市川 廣保、辰巳 憲司、ロナルド・ナバロ、遠藤 明、川合 章子、原田 敦弘 (常勤職員9名、他5名)

【研究内容】

表面処理工程液等を対象に、抽出、沈殿、吸着法の革新によって、排出抑制、有価金属の回収、有害物の除去を行い、従来の汚泥処理に要していたエネルギーの大幅削減を可能とする共通基盤技術の開発を目的とし、その基盤技術の確立を図るため、以下の項目について研究開発を実施した。

(a) 抽出法による有価金属回収、汚泥削減技術開発

無電解ニッケルめっき工程について、使用済みめっき液からのニッケル抽出、めっき液長寿命化のための不純物である亜鉛除去に関し、実証研究を進めるための基盤となる研究を行った。抽出剤として PC88A を用いたときの亜鉛の溶媒抽出挙動を調べ、抽出の量論を推定し、298K における抽出平衡定数を目標精度内で求め、見かけの標準エンタルピー変化等も求めた。また PC88A を含浸した含浸樹脂による亜鉛の除去について、これまでにカラムを用いた繰り返し実験では、抽出剤の漏洩と思われる含浸樹脂の劣化により亜鉛の除去率が漸減していくことがわかってきた。しかし、抽出試薬をより酸性度が低い Cyanex272 に変えることで大きく耐久性を向上させることができた。さらに、LIX84I によるニッケルの溶媒抽出における PC88A の加速機構を明らかにする目的で定界面積セルを用いて抽出速度を測定し、その結果の解析より、界面に吸着した PC88A 陰イオンがニッケルとまず反応し、その後配位子が LIX84I に置換されていく機構が推測された。

(b) 沈殿法による有価金属回収、汚泥削減技術開発

これまで処理が困難であった無電解めっき液などの、COD 成分であるキレート剤を大量に含む重金属廃液や排水を、低スラッジ量で効率よく処理する技術の開発を目指した。めっき廃液を鉄フェントン酸化や銅フ

ェントン酸化してキレート剤を分解・除去し、重金属を含む率60%以下で回収し、汚泥量を半減させた。さらに、廃液の処理液を加えたため排水についても、フェントン酸化と光酸化を併用することにより、COD成分を除去するとともに、排水中の重金属に対し含水率60%以下の重金属酸化物沈殿を生成する技術を開発することができた。

(c) 有害元素吸着除去技術開発

昨年度までに合成条件を最適化した新規ほう素吸着剤について、3000ppmの高濃度ほう素溶液を用いて吸着等温線の測定を行い、バッチ法において吸着剤1リットル当たり19g以上のほう素飽和吸着量を有することがわかった。またカラム試験の結果もバッチ法で得られた性能と同等であった。選択性・耐久性に関する試験についても、他のイオン共存下で高いほう素選択性を示し、3回以上の繰り返し試験を行った後も吸着性能保持していた。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 廃液、工程液、溶媒抽出、含浸樹脂、LIX84I、PC88A、ニッケル、亜鉛、無電解ニッケルめっき、フェントン酸化、酒石酸、無電解めっき、廃液、重金属、重金属水酸化物、重金属酸化物、フェライト法、酸化物沈殿、ほう素、吸着剤、グルコース、ポリアリルアミン

[研究題目] 革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）

[研究代表者] 山内 幸彦
(計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 本田 一匡、野中 秀彦、齋藤 直昭、中村 健、鈴木 淳、藤原 幸雄、豊川 弘之、小池 正記、渡辺 一寿、安本 正人、池浦 広美、小川 博嗣、黒田 隆之助、鈴木 良一、木野村 淳、兼松 渉、柘植 明、西田 雅一、深谷 治彦、丸山 豊、後藤 義人、林 繁信、竹谷 敏、新澤 英之
(常勤職員25名)

[研究内容]

本テーマでは、超ハイブリッド材料を実現するための材料構造設計指針や、その構造を具現化するプロセス条件に関する情報を創出し、プロジェクトの基盤技術、材料開発グループに提供することを目標とする。

研究計画：

プロジェクト最終年度である本年度は開発材料の計測・解析を中心に行い、材料構造解析によりプロジェクトの最終目標達成を支援するとともに、成果の取りまとめを行う。

年度進捗状況：

粒子分散状態の計測では、金属クラスター錯体イオンビーム照射を用いた TOF-SIMS 装置の検出感度を向上させるため、二次イオン輸送部を改造した。具体的には、分析サンプル表面からスパッタリングによって放出された二次イオンを取り込む二次イオン引込電極を改造し、開口部の内径を3倍大きくした（直径4mm→直径12mm）。また、二次イオン輸送部と TOF-MS 部（＝飛行時間質量分析部）の軸ずれを修正し、二次イオン信号強度の増大を可能とした。次に、母材に分散させた微粒子の分散状態や表面修飾状態を顕微鏡観察するため、物質表面の仕事関数に応じて、紫外線波長を146nm～400nmの範囲で変えることができる紫外線光電子顕微鏡（UV-PEEM）を開発した。同装置を用いて母材に分散させた微粒子の分散状態を1 μ mの空間分解能で観察することに成功した。

陽電子消滅法によるナノ空孔解析では、ジルコニアナノ粒子の入った光学用途用超ハイブリッド材料について、ナノ粒子の量に加え、高分子材料のプロセス条件を変化させた試料のナノ空孔の測定を行い、ナノ空孔の生成とプロセス条件の関係を探った。BN粒子の入った熱伝導用ハイブリッド材料に関しては、製造条件の異なる試料の陽電子寿命測定を行い、高分子の自由体積に対応する陽電子寿命が製造条件によって変化していることがわかった。

固体 NMR による表面修飾状態の計測では、高熱伝導材料として有望な窒化ホウ素（BN）粒子の表面修飾を試み、修飾状態を固体 NMR によって調べた。昨年度、超臨界水熱処理を使って BN 粒子の表面修飾を行うと、ヘキサミン酸では修飾されないが、ヘキサリルアミンで微量の修飾がされることを固体 NMR で確認したことを踏まえ、本年度では、デシルホスホン酸、プロピルホスホン酸を用い、有機化学的手法により BN ナノ粒子の表面修飾を行った。固体 NMR スペクトル測定の結果、デシルホスホン酸、プロピルホスホン酸ともに BN 表面を修飾していることを確認した。

材料構造と機能の相関解析においては、昨年度までに開発した空間自己相関解析手法を集中研で開発されたエポキシ基 BN 粒子分散放熱シートの構造解析に適用した。その結果、粒子表面修飾によって粒子が押出方向に対してなす角度の分布は、表面修飾のない場合に比べてより狭く最頻値が高いものとなり、流動性が向上して粒子が一定方向に揃いやすくなることが示唆された。このことから、さらに充填率を高めることで高熱伝導化が可能であることが予測され、実際に目標値の40W/mKを超える熱伝導率（42.7W/mK）を得られることが確認された。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 超ハイブリッド材料、粒子分散、飛行時間質量分析、光電子顕微鏡、陽電子消滅

法、ナノ空孔、核磁気共鳴、表面修飾状態、官能基、空間自己相関解析、熱伝導

〔研究題目〕水素貯蔵材料先端基盤研究事業／金属系水素貯蔵材料の基礎研究

〔研究代表者〕林 繁信（計測フロンティア研究部門）

〔研究担当者〕林 繁信、鈴木 陽、治村 圭子
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

固体 NMR は水素の局所構造を直接観測できる数少ない手法であるのみならず、特に水素のダイナミクスについては他の手法では得られない情報を与えてくれる。また、軽元素を直接観測することができる数少ない手法の1つである。本研究では、軽元素を含む水素貯蔵材料における水素もしくは水素を含む化学種のダイナミクスを明らかにすることを目的とした。3種類のアルカリボロハイドライド (LiBH_4 、 NaBH_4 、 KBH_4) について、固体 NMR を用いてイオンのダイナミクスを調べた。

^1H および ^{11}B NMR スペクトルの温度依存性を測定して、観測された線幅と結晶構造と運動モードから推定される線幅とを比較検討することによって、運動モードを決めた。その結果、 LiBH_4 、 NaBH_4 、 KBH_4 のいずれにおいても、ホウ素を中心とする四面体イオン BH_4 が非常に速い見かけ上「等方的」な再配向運動をしていることが示された。

次に、 ^1H と ^{11}B のスピン-格子緩和時間 T_1 の温度依存性を測定した。 LiBH_4 の低温相の解析から、 BH_4 の再配向運動の運動モードと速度を決定した。2種類の運動モードが存在していることが示され、緩和時間の極小値の解析から低温側の運動モードが3回軸回りの回転であることが示された。高温側の運動により、見かけ上「等方的」な再配向運動となる。一方、 NaBH_4 と KBH_4 ではそれぞれ運動モードは一つしかなく、等方的な再配向運動をしていた。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕固体 NMR、水素貯蔵材料、ダイナミクス、拡散、アルカリボロハイドライド

〔研究題目〕革新的部材産業創出プログラム／超ハイブリッド材料技術開発（ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発）

〔研究代表者〕馬場 哲也（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕八木 貴志、山下 雄一郎、坂本 見誠
（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

超ハイブリッド材料のための熱物性評価技術として、直径約200 μm レベルの単一フィラー粒子の熱拡散率評価技術、超ハイブリッド材料の熱物性分布評価技術、熱物性分布構造を基にした熱伝導シミュレーションおよび熱拡散率異方性評価等を新規開発または応用的に利用し

た。これらの評価技術を統合することで、素材レベルからバルクまで各種材料のスケールに対応する超ハイブリッド材料開発ならではの評価技術体系を確立した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕熱物性、ハイブリッド材料

〔研究題目〕次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／リチウム二次電池の安全性に資するイオン液体電解質の開発

〔研究代表者〕寺澤 直弘（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕寺澤 直弘（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

リチウム二次電池の安全性を高める液体電解質媒体として、難燃性・難揮発性が主な特徴である“イオン液体（常温溶融塩）”の適用を検討し、既存の有機電解液系リチウム二次電池の構成を生かしつつ、安全性に優れた車載用リチウム二次電池システムの実現に資するイオン液体電解質を開発することを目的とする。

研究計画：

熱安定性に優れるものの、電池特性においてはあまり高い充放電電流密度では作動しない、 $[\text{CF}_3\text{SO}_2\text{-N-SO}_2\text{CF}_3]^-$ (TFSI) 系イオン液体と、電解液系に匹敵する充放電レート特性を発揮するものの熱安定性に劣る $[\text{FSO}_2\text{-N-SO}_2\text{F}]^-$ (FSI) 系イオン液体の双方の優れた特性を兼ね備えたイオン液体の合成のため、 $[\text{CF}_3\text{SO}_2\text{-N-SO}_2\text{F}]^-$ (FTI) 系の原料合成と従来のイオン液体との比較のためのイオン液体の合成を行う。また、低粘性・低融点のイオン液体を形成するアニオン種として報告例が増えているホウ素原子が中心のいわゆるボレート系アニオンのさらなる物性改良の検討のため、ボレート系アニオン種を含むイオン液体の合成を検討する。またメサイド系、長鎖フルオロアルキルボレート系及び枝分かれを持つ長鎖フルオロアルキルボレート系アニオン種を持つ、イオン液体の合成を検討する。

年度進捗状況：

昨年度に引き続き、新規アニオン原料合成の検討を行い、粘性を大きく低減する新規なボレート系アニオン種を持つイオン液体（3種類）の追加合成及び FTI 系のイオン液体（5種類）の追加合成に成功した。またメサイド系アニオン合成の検討を行い、核磁気共鳴（NMR）スペクトルで生成物の存在を確認した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕リチウム二次電池、イオン液体電解質、難燃性・難揮発性

〔研究題目〕エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／サーバーの最適構成と

クラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発／クラウド・コンピューティング技術の開発

【研究代表者】 中田 秀基（情報技術研究部門）

【研究担当者】 中田 秀基、工藤 知宏、高野 了成、
小川 宏高、谷村 勇輔
（常勤職員5名）

【研究内容】

昨今クラウドコンピューティング（以下クラウド）が広く用いられるようになりつつあり、クラウドを支えるデータセンタの消費電力低減が大きな課題となっている。本研究では、データをそのデータが配置された場所で処理する「データ・アフィニティ処理」を、近年利用が可能になった高速な半導体ストレージに適用することによって、クラウド上で大容量データにアクセスするアプリケーションの実行に要する消費電力の低減を図る。

高速な半導体ストレージを持つ計算機を高速なネットワークで接続し、高速に並列処理を行うことで、データ処理に必要な計算機台数を低減し、消費電力を低減する。対象とするデータは、キーバリュペアの形で、各ノード上の半導体ストレージに保存する。この際に、キーの値によって保持するノードを分散する。キーの値を制御することで、各ノードへの負荷を均等にす。データに対する計算処理は、データが存在するノード上で行う。これによって、ネットワーク転送を排除し、効率的な並列処理を実現する。処理の結果も新たにキーバリュペアとしてストレージに書き出し、次段の処理を行う。このような構造をとると、中間結果がその都度ストレージに展開されるという欠点があるが、メモリキャッシュと高速な半導体ストレージを用いるため、ストレージに展開するオーバーヘッドは問題にならない。このデータ処理構造は、Googleの提唱するMapReduceを汎化したものであり、一括して処理するキーの集合を制御することでMapフェイズ、Reduceフェイズと同様の計算を表現することができる。

本プロジェクトは平成21年度中盤から24年度までの計画であり、3年目に当たる平成23年度は、平成22年度までに構築したMapReduceシステムの高速化と、実アプリケーションへの適用を行った。実アプリケーションとしては、PrefixSpan法による系列データのマイニングや、Webページの重み付けに用いられるページランクアルゴリズムを用いた。いずれのアプリケーションもWeb上の大容量データへのアクセスを行うもので、提案手法では、計算処理の段階的な並列化により、計算時間を維持したまま処理を行う計算機台数を低く抑えられることを示した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 クラウド、半導体ストレージ、並列分散計算、マップリデュース

【研究題目】 グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーンITプロジェクト）／エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発／データセンタのモデル設計と総合評価

【研究代表者】 関口 智嗣、伊藤 智
（情報技術研究部門）

【研究担当者】 関口 智嗣、伊藤 智、中田 秀基、
小川 宏高、竹房 あつ子、広瀬 崇宏、
中村 宏（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

データセンタの電力消費量削減が迫られている中、何をどう改善すれば、どのくらいの電力消費量削減効果が得られるかを把握することは容易ではない。本研究では、データセンタを構成する設備（UPS、空調機など）およびIT機器（サーバ、ストレージ、ネットワークスイッチなど）をモデル化し、ハードウェアの改善に加え、運用による改善についても評価可能な指標を開発し、実測を行いながらの改善によって得られる効果の評価を行う。本研究では、サーバのモデリングと指標の開発を筑波大学が、データセンタのモデリングと指標の開発を産総研が、設備やIT機器の最適配置の検討をNTTコミュニケーションズがそれぞれ担当し、開発成果の実証評価をNTTコミュニケーションズと産総研が共同で行う。

5年計画の4年目となる平成23年度は、サーバの省エネ運用がデータセンタの省エネ指標に与える影響を評価するためのフレームワークを開発した。計算パワーやストレージ容量といった提供するサービスの能力を示す性能と、そのサービスを提供するために必要とする電力という二軸の空間にサーバの運用状況をマッピングすることで、省エネの度合いを把握する方法である。開発したフレームワークに、仮想化と集約による運用方法がどうマッピングされるかを見ることで、仮想化と集約の最適点を見出すことが可能となる。ベンチマークソフトの一つであるSPECpowerを用いて、仮想化による運用が省エネの観点から有効になるケースを例示した。

また、グリーンITプロジェクトで開発を進めるデータセンタに関連する技術開発の成果の一部を実際に統合し具現化するための加速プロジェクトを立ち上げた。日本電気、NTTファシリティーズらと、産総研が連携して実施するものであり、サーバの液冷、高圧直流電源、クラウド運用、および外気導入を融合したモジュール（コンテナ）型データセンタを構築し、その省エネ性を評価する。産総研は全体の統括、設計、および空調系の研究開発を担当する。平成23年度は、日本電気およびNTTファシリティーズらと協力して、基本設計と役割分担の策定を実施するとともに、産総研の担当部分として、稼働・省電力状態の監視・表示装置の設計、および、温度・湿度・風量などの計測環境の設計を実施した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 グリーン IT、データセンタ、省エネ指標

【研究題目】 グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーン IT プロジェクト）／②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発／a) IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究、c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

【研究代表者】 工藤 知宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】 工藤 知宏、挾間 壽文、並木 周、来見田 淳也、高 明義、井上 崇、石井 紀代、児玉 祐悦、小林 克志、中田 秀基、竹房 あつ子、高野 了成（常勤職員9名、他3名）

【研究内容】

本課題は、現在データ通信において広く用いられているパケット交換網に加え、光のまま経路を切り替える光パス網やヘッダの単純なルックアップだけで経路切り替えを行うラベルスイッチ網などを組み合わせて省エネルギー型ネットワークを構成する手法と、そのようなネットワークを構築した場合の省エネルギー効果を調査・評価することを目的としている。本課題は、NEDO からの委託研究であり、産総研・名古屋大・NEC が参加している。産総研は、情報量、光信号再生技術、アプリケーションからの情報によるルーティング切替方式の調査評価を担当している。平成20年度から平成24年度までの5年間の実施予定である。

平成23年度は、総合評価のためのトラフィック・トポロジモデルの構築を行った。東京地区に配置されたデータセンタにトラフィックが一極集中するモデルを想定して、アクセス網・メトロ網・コア網の3階層モデルのネットワークの各部のトラフィック量の推定と、ネットワーク全体を電気スイッチで構成した場合の消費電力の算出を行った。また、さまざまな文献等で示されているネットワークのトラフィックおよび消費電力の数値・モデルの整合性を確認した。

また、光信号の高非線形ファイバによる光パラメトリック効果による信号再生について、40Gbit/s 以上への高速化を想定した場合および OOK から DPSK、DQPSK へ拡張した場合の評価を、シミュレーションと実験の両面から行った。実験では40Gb/s、RZ-DPSK 信号の光パラメトリック増幅効果評価を行い、光信号再生効果の性能を調べた。波長範囲20nm 以上に渡って信号再生可能な結果が得られた。光伝送シミュレーターを用い、光伝送系消費電力モデルにより光信号再生効果が伝送系へ与える省電力効果について検討を行った。チャネルあたり40Gb/s 以上の伝送速度で省電力効果が得られることがわかった。

さらに、平成22年度に実装したルーティング切替プロトタイプとネットワーク制御レイヤの連携システムを購入した OpenFlow スイッチを用いて拡張した。加えて、光パス網のような端点間の接続をアプリケーションから要求するためのインタフェース NSI（Network Services Interface）の標準仕様策定作業に参加した。その成果に基づき、欧米圏の12の組織から異なるネットワークドメインを連携して実証実験を行い、各組織が開発した NSI 参照実装による相互運用の実現可能性を実証した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 グリーン IT、ネットワーク、省エネルギー、ルーティング方式、光パス網

【研究題目】 超高効率色素増感太陽電池を目指した新規増感色素の探索（低炭素社会に資する有機系太陽電池の開発）

【研究代表者】 杉原 秀樹（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 杉原 秀樹、佐山 和弘、北尾 修、草間 仁、小野澤 伸子、船木 敬、小西 由也、春日 和行（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

色素増感太陽電池の超高効率実現のためには、従来型ルテニウム錯体や酸化チタンに代わり、赤外光まで効率良く利用するための革新的な材料開発を進めることが必須である。特に赤外光領域の小さなエネルギーの光を利用する場合、電子移動のためのポテンシャル差を大きく取ることが出来ないため、材料固有のエネルギー準位が非常に重要になる。高効率実現のためには、電子移動が十分速く起こるぎりぎりのエネルギー差をもつよう材料を組み合わせるの必要があり、様々なポテンシャルをもつ多種類の材料情報をもつことが重要である。本研究題目では、新規増感色素の探索を行い、色素やそれ以外の半導体・電解液材料等について、基本的な情報を系統的に収集することで超高効率光電変換デバイス実現に貢献することを目的として研究を実施している。平成23年度は独自に開発したテルピリジントリカルボン酸とフェニルピリミジン誘導体を配位子とするシクロメタル化ルテニウム錯体色素が光電変換効率10.7%と色素増感太陽電池として世界最高レベルの特性を示すことを明らかにした。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池、有機系、ルテニウム、色素増感

【研究題目】 内視鏡下手術支援システムの研究開発

【研究代表者】 村川 正宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】 村川 正宏、坂無 英徳、岩田 昌也、樋口 哲也、坂部 史生、柳澤 孝文（常勤職員4名、他2名）

〔研究内容〕

より安全にインテリジェント手術機器を用いた手術を行うための手術戦略ヘッドクォータ技術に求められる重要な機能の一つとして、ビデオ等の術室情報からの重要点抽出がある。手術映像は10時間以上記録されることがあり、かつカメラの台数も10台に及ぶこともあるため、1回の手術で膨大なデータ量が保存され、そこからの重要点抽出が必要となるからである。そこで本研究では、CHLAC（立体高次局所自己相関特徴抽出法）を用いて通常シーンを学習し、そこから逸脱したシーンを自動的に重要点として抽出する方法を開発する。抽出した重要度から、重要なシーンほど高品質に、そうでないシーンは低品質に保存することで手術映像全体のデータ量を削減することが可能となる。さらに高品質に保存されたシーンにしおりを付与することで、事後チェックの検索の手間を大幅に低減する。本研究は東京女子医大と共同で行っており、平成23年度は5年計画の最終年度にあたる。

平成23年度は、これまでに開発した CHLAC 特徴量を用いたオンライン型動画内容分析システムを改良し、実際の手術映像を用いて重要点検出の正答率を評価するとともに、保存時のデータ量の削減効果について検証した。まず重要点検出の正答率に関しては、東京女子医大から提供を受けた5症例分、合計35時間39分の脳外科手術映像を用いて評価を行ったところ、医療関係者が重要点として検出する必要があると判断したシーンをすべて検出することができた。またシステムが重要として検出したシーンは、全手術映像時間に対してわずか3.1%（5症例平均）であり、事後チェックの手間を大幅に低減させることが可能となった。データ量削減効果については、既存圧縮法のみを施した映像よりも、5症例平均でさらに71.3%の高いデータ量削減効果を得た。これらの結果より、本プロジェクトにおける実施計画を達成し、本技術の有効性を実証した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 手術映像、データ圧縮、CHLAC

〔研究題目〕 希少金属代替材料開発プロジェクト（対象鉍種追加分／⑥排ガス浄化向け白金族使用量低減技術開発及び代替材料開発／ディーゼル排ガス浄化触媒の白金族使用量低減化技術の開発

〔研究代表者〕 濱田 秀昭

（新燃料自動車技術研究センター）

〔研究担当者〕 濱田 秀昭、佐々木 基、小渕 存、鈴木 邦夫、内澤 潤子、難波 哲哉、千葉 晃嗣、益川 章一、原 重樹、原 伸生、多井 豊、三木 健、尾崎 利彦、粕谷 亮

（常勤職員11名、その他3名）

〔研究内容〕

本プロジェクトは、平成21年度～平成25年度の5年計画で、大型ディーゼル車排出ガス浄化触媒システムの酸化触媒とディーゼルパーティキュレートフィルター（DPF）を対象とし、白金族金属使用量を大幅に低減することを最終目標として研究開発を行っている。平成23年度は、これまで開発した要素技術を統合し実用候補触媒を抽出することを目的とし、2企業、2大学との共同研究開発体制において、当研究所は下記の研究項目を担当した。

（1）白金族使用量を低減したディーゼル酸化触媒の開発（活性種・複合化・担体高度化技術の抽出）

（a）活性種高度化技術

Pt/Al₂O₃触媒に関し、Pt に Pd を複合化するとエージング処理後の金属分散度が向上し、酸化活性が向上した。最適な Pt と Pd の比率は3:1～4:1であった。また、Pt-Pd/Al₂O₃を適量の Nb₂O₅等の酸性酸化物で修飾すると NO 酸化活性が向上した。修飾によって塩基量が大きく減少したため、NO₂の脱離が容易になり、活性が向上したものと考えられた。

（b）複合化技術

貴金属ナノ粒子を含む前駆体溶液から調製する新規調製法の開発を行った。その結果、含浸法 Pt/Al₂O₃触媒では Pt 分散度が著しく減少したが、新規触媒ではシンタリングが抑制された。また、Pt と Pd を複合化した触媒においても、シンタリングが大幅に抑制された。

（c）担体高度化技術

高純度アルミナに対して第2成分元素を少量添加したアルミナを試作し、これらを担体とする Pt 触媒を調製して触媒活性を比較した。その結果、活性が向上する第2成分元素 A を見出した。第2成分元素としては、酸性酸化物を形成する第2成分の方が塩基性酸化物を形成するものより高活性が得られた。また、多元構造担体で構成された触媒ウォッシュコート層を、メソ孔を有する球状粒子の集合体でモデル化し、その反応活性を計算シミュレーションにより調べた。その結果、マクロ孔のある触媒は、メソ孔のみの場合に比べてウォッシュコート層単位面積当たりの反応速度が大きいことを明らかにした。これは、マクロ孔により触媒層の奥まで活性点が利用できるためと考えられた。

（d）候補触媒の抽出

上述の知見に基づき調製した候補触媒のいくつかは、模擬ガス条件で白金族使用量を40%低減しつつ従来触媒と同等の酸化活性を有し、本開発の酸化触媒開発における中間目標を達成する性能を示した。

（2）白金族代替 DPF 用触媒の開発（DPF 用銀触媒の機能発現要素の解明）

高活性 Ag-Pd/Al₂O₃触媒のスス燃焼に対する活性種

の明確化を行った。高温焼成で触媒の燃焼活性が高くなる理由について、その活性種の状態のキャラクタリゼーションを行った。結果、X線回折と透過電子顕微鏡観察から高活性な触媒では Ag-Pd 合金の存在が観察され、また、昇温酸化挙動測定から、Ag-Pd 合金は金属状態を保持しやすいことが判明した。

〔分野名〕 環境・エネルギー、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ディーゼルエンジン、排出ガス浄化触媒、白金族低減、酸化触媒、ディーゼルパーティキュレートフィルタ

〔研究題目〕 バイオ燃料の品質規格及び計量標準に関する研究開発

〔研究代表者〕 後藤 新一
(新燃料自動車技術研究センター)

〔研究担当者〕 後藤 新一、古谷 博秀、小熊 光晴、辻村 拓、篠崎 修、広津 敏博、岩田 光夫、貝塚 昌芳
(常勤職員4名、他4名)

〔研究内容〕

本研究開発では、2015～2020年頃に実用化されるであろうエタノールおよびバイオディーゼル燃料に対し、品質規格と計量標準を策定し、JIS 規格および国際規格策定に貢献することを目的とする。具体的には、①バイオ燃料の品質規格・国際標準化の研究開発、②ジャトロファ油から BDF 製造過程及び利用時での有害成分解析の研究開発の2テーマを実施している。平成22年度の成果を以下に示す。

① バイオ燃料の品質規格・国際標準化の研究開発

本プロジェクトでの結果を石油連盟が主催する JIS 規格の検討会に反映し、ガソリン混合用エタノールの品質規格の JIS 原案作成に貢献した。さらに、国内バイオエタノール生産者5社、および同 BFC プロジェクトのバイオエタノール製造チームよりサンプルの提供を受け、この JIS 規格の適応性を調査した。この結果、pHe (pH) 以外の分析値の違いは比較的軽微で、今回の JIS 規格において問題はないことがわかった。

また、ISO/TC28/SC7 (Liquid Biofuels) において、ブラジルが提案しているバイオエタノールに対する酸度と電気伝導率の測定方法について JIS 規格との比較を行い、測定結果としては、ほぼ一致することを確認した。さらに、BDF に対して、エステル分とグリセライドの測定方法について手法を調査し、BDF 試料の測定を行って内容を検証した。その中で、ココナツ油 BDF とコーヒー油 BDF で C8～C12の部分がそれぞれ49.4%、7.1%を占め、エステル分は、C14～C24で判定すると、それぞれ42.4%、88.6%となり JIS をはじめとする規格からは外れるが、炭素鎖を括

大し、C8～C24で計算することによって、97.9%、97.2%となり、今後、より汎用的にエステル分の定量の規格に使用するには上記のような配慮が必要であることがわかった。

② ジャトロファ油から BDF 製造過程及び利用時での有害成分解析の研究開発

非食糧性の BDF 原料として注目されているジャトロファについて、発ガンプロモータとして知られるホルボールエステルの履歴を、素油からの BDF 製造過程で追跡した。この結果、1) 粗油に含まれるホルボールエステルのおよそ35%が脱酸工程で分離廃液・廃棄物の方に分離される。2) 脱ガム・脱酸工程後の精製油には約5%が残存する。3) エステル交換工程で廃出される副製グリセリンや廃水にはホルボールエステルは含まれず、同工程ではホルボールエステルは分離されないと示唆される。4) 廃出物および精製油・燃料油に含まれるホルボールエステル量の総和が粗油に含まれるそれと一致しないが、これはホルボールエステルが燃料製造工程で異性化している可能性があることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオ燃料、品質規格、計量標準、自動車

〔研究題目〕 水素先端科学基礎研究事業

〔研究代表者〕 村上 敬宜
(水素材料先端科学研究センター)

〔研究担当者〕 高田 保之、藤井 丕夫、藤井 賢一、新里 寛英、城田 農、Elin Yusibani、赤坂 亮、小川 邦康、深井 潤、伊藤 衡平、河野 正道、久保田 裕巳、迫田 直也、野口 博司、松岡 三郎、濱田 繁、井藤賀 久岳、尾田 安司、齋藤 翼、忍田 雄樹、堤 紀子、藤原 広匡、金子 文俊、伊藤 雄三、近藤 良之、高木 節雄、土山 聡宏、福島 良博、峯 洋二、久保田 祐信、Vladyslav Shyvaniuk、西村 伸、山辺 純一郎、水口 健吾、安永 幸司、野尻 千佳、谷口 隆夫、泉 義徳、松本 隆志、松永 久生、古賀 敦、島山 和久、綾香 りつこ、高津 須嘉生、杉村 丈一、間野 大樹、村上 敬、三室 日朗、宮越 栄一、村上 輝夫、和泉 直志、澤江 義則、森田 健敬、田中 宏昌、中嶋 和弘、坂井 伸朗、福田 応夫、八木 和行、黒野 好恵、佐々木 信也、金山 寛、柿本 浩一、塩谷 隆二、荻野 正雄、阿部 孝行、吉田 聡子、志水 章一、

川崎 勇、野中 寛治、栗根 徹、
吉川 倫夫、末岡 淳男、西口 廣志、
大山 恵子、田中 史浩、山部 匡央
(常勤職員3名、他74名)

【研究内容】

水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明して各種データを産業界に提供するとともに、経済性を考慮しつつ安全に水素を利用するための技術指針を確立することを目標として、①高圧水素物性、②金属材料の水素脆化の基本原則、③金属、非金属材料の長時間使用と加工の影響、④高圧水素トライボロジー特性、⑤水素の挙動シミュレーションについて研究を行う。

今年度は、以下の成果が得られた。

- ・水素物性データベースを地域水素供給インフラ技術・社会実証事業（2011～2015）における水素ステーションに使用するため打ち合わせを開始し、企業等に15件提供。
- ・水素エネルギーシステム・インフラに使用される金属材料、部品・部材の調査・損傷解析を関連企業、団体と共同で進め、水素構造材料データベースの拡充を実施し、関連業界、公的機関に200件以上提供。
- ・水素機器に使用されるゴム材料の化学構造評価を行い、本事業参画企業と素材開発を進めた。Oリングの実機評価、溝設計の影響評価を行い、水素機器メーカー、自動車メーカーと連携が進展。
- ・トライボアトラス改善のためバルブ・圧縮機・自動車・重工業メーカーと意見交換、関連企業と協力し、ニーズの高いシール材料の水素トライボロジー特性評価を実施。

代表的な材料の組み合わせや水素中不純物の影響に関するデータ充実を図り、摺動材料、軸受選定の考慮点を提示することで技術開発に貢献。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素エネルギー、水素脆化、水素物性、トライボロジー、シミュレーション

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発
(先導技術研究開発)／酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究
研究開発項目 iv)：高効率 C6・C5発酵に資する遺伝子情報の獲得

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】鎌形 洋一、扇谷 悟、藤森 一浩、佐原 健彦（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本研究では、リグノセルロース系バイオマスの酵素糖化液中に共存する C6・C5混合糖からのエタノールへの高効率な変換ため、エタノール生産酵母に求められる特徴である耐酸性・耐熱性・キシロース代謝速度の向上に

関わる遺伝情報の獲得を目指している。

エタノール生産酵母の耐酸性・耐熱性を向上させる遺伝子情報の獲得のため、熊本大学によって作出された耐酸性株・耐熱性株とその育種に用いた株の比較ゲノム解析を行い、各株の系統関係を考慮した比較変異解析を行った結果、耐酸性変異株については84種類、耐熱性変異株については49種類の遺伝子にアミノ酸レベルでの変異が生じており、それら変異遺伝子が各耐性に関わる可能性が示唆された。これらの変異遺伝子を実験室酵母に導入した発現ライブラリーをそれぞれ構築し、酸性培地もしくは高温条件での培養によって生育が改善される株のスクリーニングを行った結果、耐酸性の向上に関わる変異遺伝子を4種類、耐熱性の向上に関わる変異遺伝子を3種類、それぞれ同定することに成功した。

また、キシロース代謝速度を向上させる遺伝子情報の獲得を目的として、崇城大学によって作出されたキシロース代謝向上変異株の次世代シーケンシング技術によるゲノム解析を行った。その結果、各変異株において約1,000ヶ所の SNP を網羅的に同定することができ、さらに、各変異株の系統関係を考慮に入れた比較変異解析により、数箇所の遺伝子領域および転写制御領域における変異がキシロース代謝向上に関わっている可能性が示唆される結果を得ることに成功した。また、エタノール生産酵母における効率的なキシロース代謝に重要な3種類の酵素（キシロース還元酵素 XR、キシリトール脱水素酵素 XDH、キシロースリン酸化酵素 XK）の適切な発現に必要な発現ベクターをそれぞれ構築した。構築したキシロース代謝遺伝子群発現系を実用酵母株へ導入した結果、従来型のキシロース代謝遺伝子群発現系を導入した場合と比較して、本発現系を導入した株では、より高いキシロース代謝能を有する株を得ることに成功した。

研究テーマ

1. 耐酸・耐熱性遺伝子情報の取得
2. C5代謝遺伝子情報の取得

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】エタノール、キシロース代謝、耐酸性、耐熱性、酵母

【研究題目】新エネルギー技術研究開発／バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発
(先導技術研究開発)／酵素糖化・効率的発酵に資する基盤研究
研究開発項目 vi)：革新的糖化酵素の創成

【研究代表者】鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 健太郎、矢追 克郎、内山 拓、木村 信忠（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

Trichoderma reesei が生産する糖化酵素中の成分酵

素よりも良い機能を示す他の微生物由来の成分酵素・タンパク質を探索・収集・評価し、最適な成分酵素を最適な比率で含有する糖化酵素（革新的糖化酵素）を生産する *Trichoderma* 属を造成するとともに革新的糖化酵素の安価な大量生産法を開発する。

1) メタゲノムを用いたバイオマス糖化関連酵素の探索

Trichoderma 酵素系に添加効果を示す糖質関連酵素をメタゲノム手法等により徹底的に探索し、一次選抜された酵素について様々な糖化条件で二次選抜を行い、有用酵素を絞りこんだ。その結果、新たに5種類の酵素（ヘミセルラーゼ3種類、グルコース耐性β-グルコシダーゼ2種類）が *Trichoderma* 酵素系に添加効果を示すことを見いだした。グルコース耐性β-グルコシダーゼについては、進化分子工学的手法による機能改変とグルコース耐性の分子メカニズムの解明を目的に研究を行った。その結果、グルコース感受性の変化、発現効率や活性の向上、基質特異性の変化など、様々な種類の変異体を多数獲得し、機能向上と分子メカニズム解明に大きな手がかりを得た。

2) 環境メタトランスクリプトーム解析によるバイオマス糖化酵素の探索

実バイオマスを用いたメタトランスクリプトーム解析による成分酵素の遺伝情報の検出を実施するために、実バイオマスの前処理物である爆砕処理したスギ、希硫酸、または苛性ソーダ処理を行った稲ワラを炭素源として集積培養系を構築した。苛性ソーダ処理を行った稲ワラを炭素源とした集積培養系において真菌が活発に活動しており、糖化酵素を産生していることを示すデータが得られたことから、苛性ソーダ処理イナワラを炭素源とする培養液（30℃で培養したものと50℃で培養したもの）から Total RNA を抽出して、真核生物由来の mRNA の精製と cDNA 合成を行い、次世代シーケンスサーによる塩基配列の決定と糖化酵素遺伝子情報の検索を実施した。一方、成分酵素を評価チームへ提供することを目的に、平成20-22年度の成果として得られた結晶化セルロースを添加した土壌のメタトランスクリプトーム解析のデータから、糖化酵素の遺伝情報を検出し、大腸菌による発現系の構築と酵素評価を実施した。結果として、10種類の酵素・遺伝子に関する発現系の構築を実施し、評価チームへの提供を行った。

研究テーマ

1. メタゲノムを用いたバイオマス糖化関連酵素の探索
2. 環境メタトランスクリプトーム解析によるバイオマス糖化酵素の探索

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、メタゲノム、メタトランスクリプトーム、進化工学

[研究題目] 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／液相マイクロ波プロセスによる次世代高容量活物質の研究開発

[研究代表者] 木嶋 倫人
(先進製造プロセス研究部門)

[研究担当者] 木嶋 倫人、秋本 順二
(常勤職員2名、他2名)

[研究内容]

金属酸化物は微粒子化することにより高容量の負極活物質として機能する。マイクロ波加熱法は従来の加熱法に比べ急速かつ均一な加熱が可能であることから、粒径分布が極めて小さいナノ粒子を合成することが可能である。本研究の目的は、液相マイクロ波プロセスを用いて粒子径が制御されたナノ粒子酸化物を合成することにより、高容量で可逆的に充放電可能な酸化物系負極材料を創成し、リチウム電池の高容量化を実現することである。

今年度は、液相マイクロ波プロセスを用いて粒径が制御された酸化鉄ナノ粒子を合成し、そのリチウム電池特性を評価した。粒径500nmの酸化鉄ナノ粒子の初期リチウム挿入容量は1,270mAh/gであり、50サイクル後の容量は890mAh/gであった。2サイクルから50サイクルまでの容量維持率は101%であった。一方、粒径10nmでは初期リチウム挿入容量は1,510mAh/gであり、50サイクル後においても1,030mAh/gの高容量を維持していた。2サイクルから50サイクルまでの容量維持率は86%であった。

電極断面の電子顕微鏡観察によると、初回リチウム挿入時に活物質粒子表面に SEI 層が形成され、充放電を繰り返しても活物質の粒子形状が保持されていることが明らかになった。X線回折法による評価から、初回の充放電時において活物質粒子内で結晶の微細化が進行することが明らかになった。メスbauer分光法およびX線吸収分光法による評価から、鉄の酸化還元により充放電反応が進行することが明らかになった。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] リチウムイオン電池材料、酸化物ナノ粒子、液相マイクロ波プロセス

[研究題目] 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／次世代技術開発／高圧合成法による次世代高容量正極材料酸化物の材料設計

[研究代表者] 間宮 幹人
(先進製造プロセス研究部門)

[研究担当者] 間宮 幹人、秋本 順二
(常勤職員2名)

[研究内容]

現在、自動車搭載用リチウム電池の研究が多くなされているが、実用化に向けては飛躍的な容量向上が必要と

されている。そのため、従来技術の延長線上にない新たな部材提案が期待されている。本研究においては、高压合成法を用いることにより、従来より高密度な高压相や制御が難しかった酸素などの化学種を定量的に制御することにより、新たな正極物質の提供を目的としている。

本研究において、カルシウムフェライト型 LiMn_2O_4 は初期放電容量 483mAh/g 、エネルギー密度 $1,012\text{Wh/kg}$ であることを示してきたが、その容量維持率は低く、サイクル特性に問題があった。平成23年度は、サイクル特性改善のために、XRD による構造評価を用いた劣化要因の明確化を試みた。カルシウムフェライト型 LiMn_2O_4 は充放電時に構成する Mn(1)と Mn(2)の価数変化を生じるが、 3.7V 付近のプラトーに対応する Mn(1)の価数変化では結晶構造が維持されるのに対し、 2.7V 付近のプラトーに対応する Mn(2)の価数変化では急速にアモルファス化が進行していた。Mn(1)の価数変化のみに対応するカットオフ電圧 3.0V においては、100サイクル後でも容量維持率が96%以上に対し、Mn(2)の価数変化まで生じる 1.0V まででは容量維持率が約20%まで低下していた。

また、新物質開発として、カルシウムフェライト型 LiMn_2O_4 の Ti 置換体である $\text{Li}_x\text{Ti}_2\text{O}_4$ が、ラムズデライト型とカルシウムフェライト型が1:1に積層したインターグロース構造を有する新規チタン酸化物になることを示してきた。更に合成条件を精査することにより、 $3.0\text{--}1.0\text{V}$ のレンジにおいて、20サイクル後でも平均放電電位 1.73V 、放電容量 260mAh/g 以上で初期との容量変化が3.5%以内の電気化学特性を示した。同条件におけるラムズデライト型チタン酸化物の放電容量変化は27%超を示しており、新物質ではサイクル特性が大幅に改善していることが明らかになった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 リチウム二次電池、高压合成、正極材料、マンガン酸化物、イオン交換合成法

【研究題目】 次世代自動車用高性能蓄電システム技術開発／要素技術開発／高容量・低コスト新規酸化物正極材料の研究開発

【研究代表者】 秋本 順二
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 秋本 順二、木嶋 倫人
(常勤職員2名、他4名)

【研究内容】

次世代クリーンエネルギー自動車用リチウムイオン電池の高エネルギー密度化・高出力密度化に資するため、低コストかつ資源的に豊富な元素 (Mn、Fe、Ti 等) を主体とする新規高容量酸化物正極材料を開発する。

平成23年度は、トンネル構造 $\text{Li}_{0.44+x}\text{MO}_2$ ($M=\text{Mn}, \text{Ti}$) 系材料については合成プロセスの更なる検討を行い、リチウム量を増加させるプロセスとして、昨

年度導入した低温イオン交換処理装置を用いたヨウ化リチウム処理を行うことによって化学組成の最適化を行い、高容量化と長寿命化に向けた充放電特性改善効果の検討を実施した。その結果、Mn-Ti 水酸化物原料を出発原料として使用した Na 化合物作製と、Na/Li イオン交換、リチウム挿入処理、さらにヨウ化リチウム処理により、 $\text{Na}_{0.44}\text{MnO}_2$ 型の結晶構造を保持し、かつ、高リチウム含有組成を有する $\text{Li}_{0.83}\text{MnO}_2$ 、およびそのチタン置換体 $\text{Li}_{0.90}\text{Mn}_{0.90}\text{Ti}_{0.10}\text{O}_2$ の作製に成功した。これらの試料の充放電特性は、 $2.5\text{--}4.8\text{V}$ の電圧範囲、 10mA/g の電流密度における評価により、初期充放電効率がほぼ100%であり、また初期放電容量はそれぞれ 199mAh/g 、および 207mAh/g という特性であることを見いだした。また、同じ合成プロセスで酸化物原料 Mn_2O_3 を使用した場合でも、 $\text{Li}_{0.82}\text{MnO}_2$ が合成可能であり、同じ充放電試験条件で、初期充電容量は 202mAh/g 、初期放電容量は 193mAh/g 、平均放電電位が 3.70V 、初期放電エネルギー密度 714mWh/g という特性であることが明らかとなった。また、25サイクル時の放電容量維持率は96%であり、サイクル特性も優れていた。さらに、合成された材料が準安定相であることから、熱的な安定性が懸念されたが、今年度新たに導入した熱分析装置により調べた結果、いずれの材料も約 300°C までは化学的に安定であることが確認された。以上から、エネルギー密度は目標値よりやや低いものの、車載用リチウムイオン二次電池低コスト正極材料として有望であることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 リチウム二次電池、正極材料、マンガン酸化物、トンネル構造、イオン交換合成法、ソフト化学合成法

【大項目名】 低炭素社会実現に資する有機系太陽電池の開発 (最先端研究開発支援プログラム)

【中項目名】 有機薄膜太陽電池の劣化機構の解明

【研究代表者】 吉田 郵司
(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 吉田 郵司 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

有機薄膜太陽電池の実用化に資するため、高耐久化技術を確立することを最終目的として、太陽電池特性の劣化機構の解明を行っている。

本年度は、新規材料を用いた高効率セルの開発と標準的な材料系を用いたセルの劣化挙動比較と、光照射による特性低下の波長依存性解析を行った。p 型材料として最も標準的なポリチオフェン (P3HT) および新規ドナーアクセプター型高分子 (PTB7) を、n 型材料としてフラーレン誘導体 ([60]PCBM、[70]PCBM) を混ぜたバルクヘテロ接合型太陽電池を調べた。特に、水分や

酸素など雰囲気の影響を避けるために、スピコート法から電極蒸着まで、グローブボックス-真空蒸着装置一貫システムで有機薄膜太陽電池を作製した。

新たに導入した高分子材料 PTB7のセル作製では、PTB7と[70]PCBMの混合塗布溶液中に1,8-ジヨードオクタン(DIO)を3%(v/v)の割合で添加剤として加えることによる有機発電層の相分離状態のコントロールにより、8.5%の高い変換効率を得た。得られた PTB7:[70]PCBM セルとこれまでに検討してきた標準的な P3HT:[60]PCBM セルとの劣化挙動の比較を行い、劣化のキーポイントとなっている要因の解明を試みた。

窒素雰囲気中、PTB7:[70]PCBM セルの発電特性の経時変化を評価した。連続光照射時の短絡電流(Jsc)の変化は、P3HT:PCBM セルでは低下が軽微であるのに対して、PTB7:[70]PCBM セルでは照射30時間で初期の50%まで低下が進行した。分光感度スペクトルの形状の変化や可視領域の反射吸収スペクトルの変化が見られなかったため、発電層材料自身の化学的な分解は起こっていないと考えられる。高効率 PTB7:[70]PCBM セルでは、DIO を添加したものが暗所不活性ガス雰囲気中でも Jsc 特性が下がるが、DIO を添加しない系では Jsc は低いながらも安定していることを確認した。

更に、光劣化の波長依存性を調べるため、干渉フィルタを用いた単色光の照射、あるいはカラーフィルタによる擬似太陽光スペクトルの波長帯をカットした光の照射という2種類の方法で評価を行った。P3HT:[60]PCBM セルでは、単色光照射による特性低下では閾値が見られ、波長450nm以下の光を照射した場合に発電特性の低下が起こることを明らかにした。また、カラーフィルタによる波長帯カット試験でも、単色光照射の結果を支持する結果を得ている。他、特性低下の波長依存性の要因を明らかにするために、PEDOT:PSS 以外のバッファ層酸化モリブデン(MoOx)を用いたセル、n型材料に標準のC60ベースの誘導体[60]PCBMとは波長感度領域の異なるC70ベースの誘導体[70]PCBMとP3HTを組み合わせたセル、高効率 PTB7:[70]PCBM セルについても、単色光照射試験を行った。結論として、全てのセルで波長450nm以下の光を照射することにより特性低下が起こることが確認された。光照射による特性低下には発電層材料とバッファ層材料の依存性は無く、電極と有機材料との界面、あるいは素子中に含まれる酸素などが光照射による特性低下の要因となっていると考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機薄膜太陽電池、有機半導体、劣化機構、耐久性

【研究題目】高度秩序構造を有する薄膜多接合太陽電池の研究開発

【研究代表者】近藤 道雄

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】坂田 功、劉 正新、高遠 秀尚、加藤 俊一、永井 武彦、金子 哲也、増田 淳、Svrcek Vladimir、Turkevych Ivan、菱川 善博、大谷 謙仁、仁木 栄、柴田 肇、石塚 尚吾、反保 衆志、小牧 弘典、牧田 紀久夫、菅谷 武芳、大島 隆治、松原 浩司、小西 正暉、吉田 郵司、原 浩二郎、甲村 長利、山成 敏広、宮寺 哲彦、大橋 昇、西村 久美子、鯉田 崇、松井 卓矢、齋 均、水野 英範(以上、太陽光発電工学研究センター)、橋 浩昭、赤坂 夢、水野 冬矢、永崎 洋、吉田 良行(以上、電子光技術研究部門)、長谷川 達生(フレキシブルエレクトロニクス研究センター)、古部 昭広(計測フロンティア研究部門)、大古 善久(環境管理技術研究部門)、Kazaoui Said(ナノチューブ応用センター)、蒲生 昌志、小野 恭子(安全科学研究部門)(常勤職員35名、他8名)

【研究内容】

40%を超える変換効率を目的として、最適な複数のバンドギャップを有する高度秩序薄膜材料を新たに設計・創製するとともに、波長選択型導電層を介して2端子メカニカルスタック太陽電池を形成する。光マネジメント技術、二光子利用技術等についても検討を行う。本研究開発は計13機関で共同実施するものであり、産業技術総合研究所は8テーマを実施している。各サブテーマの成果は以下の通りである。

I-1-1: メカニカルスタック・デバイス化技術の開発

スマートスタック技術を目指していくつかの太陽電池接合技術の開発を行っている。本年度の成果の一つとして、導電性ナノ粒子配列を接合界面に介在させた直接接合技術を開発した。接合品質として接合抵抗 $<10\ \Omega\ \text{cm}^2$ 、吸収損失 $<5\%$ が得られた。本接合法の検証としてGaAs/InGaAsP 2接合メカニカルスタックセルを試作した結果、予測特性に合う効率11.8%を達成した。また、多接合セル高効率化に向け、電流整合構造の検討および種々の化合物薄膜系セルを試作し課題を明確化した。今後は、接合技術の完成度向上および構造最適化により目標効率達成を目指す。また非晶質透明導電膜の固相結晶化を利用した新規接合法の開発も行っている。本年度はこの課題である接合強度を向上させるべく、接合強度を支配する要因について詳細に調べた。その結果、表面平坦性と同時に結晶化時の結晶粒サイズおよび脱ガスが重要な要因であることを見出した。今後、接合前の表面正

常化处理と脱ガス処理を行うことにより接合強度の向上を目指す。

I-2-1：高度光利用技術の開発

高効率薄膜多接合太陽電池のための高度光利用技術を開発に向け、本年度は、(1)平坦型光閉じ込め基板 (FLiSS) の高性能化、(2)プラズモン利用型光閉じ込め技術並びに(3)ナノ構造透明導電材料の開発を実施した。(1)では、FLiSS を多接合太陽電池へ適用しその光閉じ込め効果を検証するとともに、更なる高性能化に向けて光学シミュレーションによる形状・材料設計を行い、薄膜シリコン系太陽電池の場合、最適構造では現状構造に較べて赤外感度を50%以上向上出来ることを明らかにした。(2)については、銀ナノ粒子のプラズモン効果を最大限利用するため、プロセス自由度を高めた銀ナノ粒子化学合成手法と電池表面へ分散する手法を開発し、薄膜シリコン太陽電池に適用して近赤外感度向上を確認した。(3)については、被覆性が良好な原子層堆積法を用いることでナノ構造を有する透明導電材料を開発することに成功した。

II-1-1：SiGe 系薄膜ボトムセルの開発

分子線エピタキシー装置を用いた高品質 SiGe 単結晶成長技術の開発を継続した。Si 基板と SiGe 薄膜層の間に組成傾斜層を導入し、SiGe (Ge 組成40%) 単結晶薄膜の転位密度を大幅に低減し、組成傾斜層を導入しない構造に比べ1/1000以下の 10^6cm^{-2} 以下を実現した。SiGe 太陽電池特性の開放電圧の改善を確認し、変換効率を前年度に比べて約2倍の1%に向上させた。単結晶 Ge 基板上に水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) 薄膜を形成し、ヘテロ接合型 Ge 太陽電池を作製した。セル特性の観点から a-Si:H 真性層の最適膜厚は13nmであった。変換効率5.35%のセルにおいて温度係数 $-0.61\%/^{\circ}\text{C}$ が得られ、長波長光のみの入射状態においても温度係数が維持されることを確認した。

II-2-1：有機単結晶材料ボトムセルの開発

本研究テーマでは、トラップや不純物の少ない単結晶有機半導体を用いることで、励起子拡散長を増大させるなど変換効率を向上させる革新的太陽電池の提案を目指している。有機単結晶-Si ヘテロ接合では、Si 結晶面との方位関係を揃えた C60結晶を成長させる技術を確認し、電極界面に Mg ドープ層を導入した太陽電池で電流密度 $17\text{mA}/\text{cm}^2$ 、変換効率3.1%まで向上することが出来た。また有機-有機単結晶接合では、ヘテロエピタキシーによりルブレソ、テトラセンなどの p 型単結晶上に n 型 C60を成長させることに成功し、単結晶有機太陽電池化技術を確認した。また、ルブレソ単結晶で励起子フィジション現象を確認するために、ルブレソ単結晶およびルブレソ/C60混合膜のフェムト秒過渡吸収分光測定を

行った。単結晶において励起子フィジション過程が約10ps の時定数で効率よく起こり、混合膜では C60へ電子移動を起こすのみであることが分かった。

II-3-1：ナノ材料系ボトムセルの開発

ナノ材料ボトムセル、特に半導体単層カーボンナノチューブ (CNT) を用いて新概念太陽電池の開発を行っている。高純度半導体単層 CNT の抽出技術とそれを用いたヘテロ接合太陽電池の開発を行っている。抽出技術開発では高純度半導体単層 CNT を高率かつ低コストで抽出する技術を開発した。CNT の純度を向上させる為、 250°C 、1時間、真空中で加熱する事により、残分 (主に PFO ポリマー) を取り除いた。光吸収分光分析法により確認したところ、半導体単層 CNT の純度が99%以上であった。合成した高純度半導体単層 CNT を共同実施機関のひとつである東北大学に提供した。ヘテロ接合太陽電池開発では、高純度半導体単層 CNT とフラーレン材料を用いてヘテロ接合有機太陽電池の試作を行い、太陽電池の変換効率、短絡電流密度、赤外域～可視光領域での量子効率を昨年度に比べて向上させることに成功した。

II-4-1：強相関材料ボトムセルの開発

前年度までに単結晶横型素子を用いて確認した分子化合物の優れた光電特性を太陽電池の高効率化に結実させるため、ラミネート法による単結晶積層型素子の作製に取り組み、横型素子に比べ電流密度を1000倍に改善することに成功した。さらに実用的な薄膜作製法として、分子化合物に適した独自技術であるプッシュコート法とダブルショットインクジェット法について検討を行った。プッシュコート法において予備的に単一成分系有機半導体を対象としたセル形成を行ったところ、薄膜高均質化と高効率の太陽電池を得ることに成功した。さらに多重電荷キャリア生成効果を高感度に検出可能な光変調吸収分光装置により、分子化合物半導体界面の光変調信号を確認した。

III-1-1：ナノ材料系トップセルの開発

本テーマでは平面ポリシラントップセル作製技術およびナノマテリアル増感型トップセルの開発を行なっている。平面ポリシラントップセル作製技術では、有機合成化学的手法により、ラダーポリシランを四塩化ケイ素から段階的に合成するボトムアップ的合成方法を確認して、分取液体クロマトグラフィーにより単離・精製し、分光的手法により吸収特性を明らかにした。また、ケイ素化カルシウムから層状ポリシランを合成するトップダウン的合成方法を確認して、FT-IR スペクトルから構造を同定した。層状ポリシランの末端水素をアリアル基で置換することにより、汎用有機溶媒に分散させる方法を確認するとともに、紫外-可視吸収スペクトルから吸収特性

を明らかにした。さらに、オクタシラキュバンを合成し、単離・精製して、単結晶を得ることができた。分光的手法により、バンドギャップが2eVであることを明らかにした。ナノマテリアル増感型トップセルの開発では、酸化チタンに比べて正の伝導帯準位を持つ酸化タングステンナノチューブに、色素増感太陽電池用の種々の有機色素を適用した結果、励起電子の寿命が長かったが、電子輸送過程に問題があることが分かった。異方性を持つ金ナノ粒子の酸化チタン表面修飾が可能となるパラメータの範囲を明らかにし、酸化チタン被覆層の厚みが可変であることも示した。

Ⅲ-2-1：化合物系トップセルの開発

化合物系タンデムセルのトップセルとしてカルコゲナイド系とⅢ-V族系の太陽電池の開発を行なっている。カルコゲナイド系では、 $\text{CuIn}_{1-x}\text{Ga}_x\text{S}_{2y}\text{Se}_{2-2y}$ (CIGSSe)系ワイドギャップ太陽電池の研究開発をおこなっている。フラックス制御性に優れたラジカルセルをS源として用いた結果、S/(Se+S)比が0~0.90の範囲で組成の制御ができ、エネルギー禁制帯幅(E_g)が1.7eV以上の化合物が得られたことを、電子線プローブマイクロ分析、外部量子効率測定により確認した。また製膜時にSフラックスを段階的に変化させ、傾斜した膜組成構造を任意に調整することで、太陽電池の短絡電流密度が増加することを確認した。CGSSe膜を用いた太陽電池(ARなし)を試作し、 $E_g > 1.7\text{eV}$ で7%の光電変換効率を達成した。Ⅲ-V族系セルとしては固体ソース分子線エピタキシー法を用いて、InGaP太陽電池を試作した。また、InGaPをバリアとするIn(Ga)As量子ドットの成長に成功した。GaAs層の挿入によりIn(Ga)As量子ドットの量子準位が制御可能であることを見出し、中間バンド太陽電池への応用が期待できる事を示した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 薄膜多接合太陽電池、高度秩序構造、メカニカルスタック太陽電池、波長選択型導電層、光マネジメント技術、多重エキシトン生成、二光子利用技術

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

[研究代表者] 菱川 善博(太陽光発電研究センター)

[研究担当者] 菱川 善博、大谷 謙仁、高島 工、西 大輔(常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

① 集光型太陽電池セル評価技術

国際的な整合性を持った集光型多接合太陽電池セル単体の標準測定技術の確立を目指し、EU研究機関(Fraunhofer ISE)とのラウンドロビン(持ち回り)測定実施のための技術性能確認・調整および高精度化を行った。屋内評価用ソーラーシミュレータとして高照度パルス光源の性能確認・調整を行い、測定に必要な照度均一性(±2%、約5センチ角内)・分光放射照度スペクトル(スペクトル合致度約10%以内)および多接合太陽電池の各要素セルに入射する実効的な照度およびそのバランス(基準太陽光比±2%以内)を確認した。また照度の時間変動率及び再現性(1%以内)を含むパルス安定性検証・および接触抵抗を低減するプローブの選定等を行った。照射強度が約700sunまでの集光下における電流電圧特性の評価が可能であることを確認し、Fraunhofer ISEとの第1回ラウンドロビン測定を実施した。今後、結果・評価方法の解析および2回目以降のラウンドロビン測定を継続して実施することで、信頼性の高い集光型太陽電池測定技術の開発を目指す。

② 集光型太陽電池ミニモジュール評価技術

国際的な整合性を持った集光型多接合太陽電池モジュールの標準測定技術の確立を目指し、集光型太陽電池ミニモジュール(集光型太陽電池セル+集光光学系)性能評価のための屋内評価用ソーラーシミュレータとして高平行度定常光光源の性能確認・調整および高精度化を行った。上記の検討に加えてミニモジュール受光面から見た照度の光入射角度依存性(0.65°以内に90%、0.9°以内に100%)、ミニモジュール性能の角度依存性評価、等の技術検討を実施し、Fraunhofer ISEとのラウンドロビン測定の日本側測定を実施した。ミニモジュール性能を屋外環境で評価するための太陽光追尾架台等を整備した。

[分野名] 環境・エネルギー

[キーワード] 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、1環境、性能評価、集光型、信頼性評価、システム

[研究題目] 発電量評価技術等の開発・信頼性及び寿命評価技術の開発

[研究代表者] 菱川 善博(太陽光発電研究センター)

[研究担当者] 菱川 善博、増田 淳、土井 卓也、加藤 和彦、高島 工、猪狩 真一、大谷 謙仁、大関 崇、津野 裕紀、石井 徹之(常勤職員10名)

[研究内容]

I) 発電量評価技術の開発

① 太陽電池性能評価・校正技術

a. 太陽電池性能評価技術

(i) 太陽電池実効性能評価技術の研究開発

光照射効果を含めた性能評価技術については、太陽電池光照射装置等を用いて、各種薄膜太陽電池の光照射において照度温度等の条件が及ぼす効果を検討した。モジュール分光感度温度依存性測定技術開発については、市販の結晶 Si 太陽電池モジュールにおいて、分光感度の温度依存性を測定することが可能となり、今年度の目標を達成した。

(ii) 屋外高精度性能評価技術の研究開発

屋外で高精度に出力を測定するための予備検討として、一般に使用されている気象機器、出力測定機器を用いた場合の各太陽電池パラメータ (Isc、Voc、Pmax) の測定再現性を調査した。測定時の日射の変動や I-V カーブトレーサの測定精度が主に影響していることが明らかとなった。

(iii) 各種新型太陽電池性能評価技術の研究開発

NEDO 開発品等、約65サンプルの新型太陽電池性能評価を行った。アジア各国の機関とのモジュール、NREL, Fraunhofer との結晶 Si ベアセルおよび各種モジュールについて、国際比較測定を実施中である。

b. 基準太陽電池校正技術

(i) 精密構造型 WRR 絶対放射計測技術の研究開発

日射量の国際標準である世界日射計測標準 (WRR) について、AIST の所有する AHF 型絶対放射計で2010年10月にスイスで開催された国際直達日射比較 (IPC 検定) に参加し、その健全性の確認と、WRR への直接的なトレーサビリティの堅持を図った。

(ii) 絶対分光感度法による一次校正技術に関する研究開発

既存の連続波長制御レーザ光源のスペクトル変動、短期的パワー変動、長期的安定性、外部制御性等の性能検証を行い、次期に開発する光源で改良すべき課題を抽出した。

(iii) 二次基準モジュールの校正精度の向上に関する研究開発

相対分光感度特性を高精度に測定するためのシステム化を完了した。

② 発電量推定と予測技術

a. 発電量定格技術

(i) 発電量定格方式の研究開発

つくばサイトと鳥栖サイトに太陽電池モジュール発電量計測システムを導入し、地域における気象データ (日射強度、モジュール温度、日射スペクトル等) から算出される発電量と I-V 特性計測器で測定された発電量の比較を行った。薄膜系太陽電池の熱アニール効果・光照射効果の定量化に課題は残るが、通常の p 型基板結晶シリコン太陽電池の発電量は、導入した評価手法により単結晶・多結晶共に±3%の精度で発電量を算出することが可能であることを

明らかにした。国際標準化については、発電量定格 IEC61853の審議に参加した。

b. 発電量予測技術

(i) 分散・広域発電量推定技術の研究開発

PV システムの発電予測における、予測された気象パラメータおよび日射量データを日射量/発電電力量に変換する技術開発の検討を行った。SVM をベースとした技術開発を行った。

(ii) 気象パラメータ予測技術の研究開発

気象庁で現業運用されているメソ数値予報モデルによる日射予測の地域、季節に関して予測精度の検証を行った。またモデル改良に向けての大外れ事例に関して詳細調査等を検討を行った。

II) 信頼性評価技術と長寿命化技術の開発

① モジュール・機器耐久性評価技術

(i) 新加速試験技術の研究開発

(a) これまでに AIST で開発した電流電圧サイクリック試験を4セル・モジュールに適用し、屋外での実使用条件下で起こる外観劣化 (焦げ、膨らみ) を確認するとともに、IV 特性の劣化 (Rsh、Rs) を促進する試験として有効であることを確認した。今後は I-V 特性劣化試験としての試験条件と劣化速度の関係を整理する予定である。

(b) 加重・抜重方式の試験を EVA の軟化温度などを考慮し、試験条件として試験槽温度をパラメータとして、各10万回の試験を行った。今後は、異なる部材 (配線材、フラックス)、異なるモジュール化条件 (時間、温度) で作製した試料での検討を行った上で劣化機構を解明し、試験機へのフィードバックを行う必要がある。また、加圧雰囲気利用方式についても、検討を開始した。予備試験の結果裏面材の膨れと EVA 内の気泡発生が確認された。今後、詳細な分析を行い、高温高湿試験の短縮化の試験としての有用性確認を今後進めてゆく予定である。

(ii) モジュール内水蒸気浸入経路調査方法の研究開発

太陽電池モジュールの寿命・信頼性に影響を与えると考えられる水蒸気のモジュール内への浸入経路を明確化するとともに、浸入量を定量化可能な技術を開発し、太陽電池モジュール部材の設計指針を見出すことを目標に研究を進めた。

塩化コバルト試験紙をカバーガラス/封止材 (EVA) /セル/封止材/裏面材の各界面に挿入したテストモジュールを試作した。水蒸気透過率が $14\text{g/m}^2\text{day}$ と比較的大きいバックシートを用いた場合は、端面よりも裏面からの水蒸気浸入が支配的なことを明らかにした。また、水蒸気の浸入はバックシートの水蒸気透過率に依存することも見出した。バックシートから浸入した水蒸気はセルそのものによって遮断されるものの、セルとセルの隙間から光

入射面側に拡散することも見出した。一方、裏面材からの水蒸気の浸入が無視できるアルミニウム入バックシートを用いた場合やダブルガラスモジュールにおいては、端面からの水蒸気浸入が支配的で、モジュール端面から中央部に向かって水蒸気が拡散する様子を可視化できた。

②システム点検技術

a. オンサイト発電性能点検技術

システム点検技術に関して、システム全体とモジュール個別の電流-電圧を同時計測可能な実証設備の構築を行った。また、過去データ収集について約100件の住宅用システムの発電データの収集を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

【研究題目】 生活支援ロボット実用化プロジェクト、生活支援ロボットの安全性検証手法の研究開発

【研究代表者】 大場 光太郎 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 大場 光太郎、本間 敬子、中坊 嘉宏、尾暮 拓也、水口 大知、藤原 清司、松本 治、安達 弘典、堀内 英一、加藤 晋、岩田 拓也、橋本 尚久、角 保志 (常勤職員13名、他4名)

【研究題目】

本研究開発は、介護・福祉、家事等の生活分野への適用が期待されている生活支援ロボットの中でも産業化が期待されるロボットとして、移動作業型（操縦が中心）、移動作業型（自律が中心）、人間装着（密着）型、搭乗型の4タイプを対象に研究開発実施者と密接に連携しながら機械・電気安全、機能安全等に係る試験を行い、安全性等のデータを取得・蓄積・分析し、具体的な安全性検証手法を確立することを目的としている。以下に今年度産総研で実施した研究内容について報告する。

① スコアセメント手法の開発

生活支援ロボットの安全性に関するデザインレビューを行うために必要なシミュレーション環境を構築した。想定事故のシナリオとしてオフィス、洋間住宅、日本間住宅、病院、屋外公園を構築し、この中で4タイプのロボットモデルと日常生活用品等の干渉物約100種類、子供、老人など人体5種類のモデルの物理的な相互作用をシミュレーション計算できるようになった。

② 機械・電気安全、機能安全等ロボットの安全性試験評価方法の開発

生活支援ロボットの静止時における転倒安定性や走行安定性、耐久性に関しては、研究開発実施者から提供されたロボットについて開発した装置を用いて基礎

実験を実施し、データを取得・解析した。外界センサの環境認識性能に関しては、ロボットに搭載される（光学的）センサが人や人の部位を検知する性能を評価するための光干渉試験方法を開発した。障害物検知対応性能に関しては、基礎試験の試行を行い、これまでに開発した試験装置を改良し、いくつかの代表的な使用シーン（家庭内、オフィス内・外など）における単体の障害物との位置や速度の動的な変化に対する、検知・反応動作の試験・評価方法を提案した。以上を含むすべての試験に関して、研究開発実施者へ試験データをフィードバックし、さらには試験方法等を手順書案にまとめた。

機能安全に関しては、生活支援ロボットの安全関連系に対するリスクアセスメントおよび安全度水準の割り当て方法について、関連規格である IEC 61508 および ISO 26262 を参照しながら検討し、試行適用を行った。有線通信の安全性に関しては、各ロボットの通信システムを模擬した CAN バスと TTP 通信用試験評価システムを用いたテストベッドでの適用実験を元にして試験方法を確立した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 生活支援ロボット、安全、認証、機械安全、機能安全

【研究題目】 エネルギーITS 推進事業／協調走行（自動運転）に向けた研究開発

【研究代表者】 加藤 晋 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 加藤 晋、橋本 尚久、津川 定之 (常勤職員2名、他4名)

【研究題目】

運輸部門のエネルギー・環境対策として、省エネルギー効果の高い ITS (Intelligent Transport Systems) 技術による「渋滞半減を目指すクルマネットワーク化社会システム」および「物流効率倍増を目指す自動制御輸送システム」の実現が期待されている。これらの実現には、相互の車両が協調しながら走行することにより省エネ化を実現する協調走行や高度なエコドライブを可能とする自動運転と、空気抵抗を低減するために複数の貨物車両が接近して走行する隊列走行の技術開発が重要である。そこで本事業では、自動運転・隊列走行に必要とされる要素技術および省エネ運転制御技術を研究開発すると共に実車による実証実験を実施し、実用技術の開発を目指している。産業技術総合研究所は、自動運転・隊列走行システムの安全性・信頼性とヒューマンマシンインターフェース (HMI) に関する研究開発を行い、実車検証および受容性評価等を行う。

本年度は、昨年度に引き続き、自動運転および隊列走行の研究開発プロジェクトや自動制御技術を主として日米欧の関連技術を調査し、非技術的な実証検証や実用に向けた法制度、認証等も含め関連制御技術、安全性・信

頼性等の課題解決への知見を得た。また、開発システムの現状に沿った FTA（故障木解析）の検討を行い、安全コンポーネントの独立した設計構成を検討し、その有効性を示した。さらに、隊列の車内や車外に制御等の情報提供を行う HMI の多重化等の改良を行い、受容性の検討と評価を行った。本年度からは、新たに車間距離4mの隊列走行の実験用として、衝撃吸収バンパの開発に着手した。これはシステムやドライバの対応が不可能な最悪故障（例えばブレーキの多重故障）を想定し、安全性を向上するために隊列内衝突の衝撃を吸収するものである。その要求仕様の策定と設計、機能評価用バンパ装置の一次試作を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】自動運転、隊列走行、安全性・信頼性、受容性、HMI（ヒューマンマシンインターフェース）

【研究題目】次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの開発／ロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発

【研究代表者】比留川 博久（知能システム研究部門）

【研究担当者】原 功、神徳 徹雄、安藤 慶昭、Biggs Geoffrey、中坊 嘉宏、金広 文男、中岡 慎一郎、比留川 博久（常勤職員8名、他4名）

【研究題目】

本研究では、次世代ロボットシステムの効率的かつ効果的な研究開発環境を実現するために、さまざまなロボット知能化技術を RT コンポーネントとしてモジュール化し、これらを統合することで、次世代ロボットシステムの開発を効率化し得るロボット知能ソフトウェアプラットフォームの研究開発を行う。これにより次世代知能ロボットの研究開発の水平分業による効率化に資することを目的とする。

本年度は、下記の研究開発を行った。

RT コンポーネント開発支援機：

知能モジュール仕様記述方式、ロボットシステム仕様記述方式については、OMG において標準化を進め、RT コンポーネントに関する動的配置・設定に関する標準仕様（DDC4RTC）の標準仕様策定作業を行った。また、OpenRTM-aist1.1RC3の公開に基づき RT コンポーネントビルダ、RT システムエディタの改修を実施し、公開した。また、ハードウェア仕様記述方式、動作記述仕様方式を整理し公開を行った。組込システムへの対応として軽量 CORBA を用いた C 言語版 RT ミドルウェアを実装し公開を行った。さらに機能安全規格 IEC61508に対応可能な RT ミドルウェアの開発を行った

応用ソフトウェア支援機能：

多関節型ロボットの動作設計を効率的に開発、検証を行うための動作パターン設計ツールに対し、小型ヒューマノイドロボットのモデルと制御プラグインモジュールを開発し、公開を行った。また、動作パターン設計ツールに関するドキュメント整備と講習会を行った。移動動作設計ツール、動力学シミュレータに関しては、ユーザからの要求に応じた改修、機能向上等の改修を行い、ハードウェア仕様記述方式への対応も行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】RT ミドルウェア、次世代ロボット、開発プラットフォーム

【研究題目】次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／ロボット知能ソフトウェア再利用性向上技術の開発

【研究代表者】松本 吉央（知能システム研究部門）

【研究担当者】松本 吉央、角 保志、阪口 健、田中 秀幸、鈴木 夢見子、韓 越興（知能システム研究部門）、末廣 尚士（常勤職員4名、他3名）

【研究題目】

本研究では、知能ロボット用ソフトウェアモジュール再利用性の向上を目的として、開発手法の検討、知能モジュールの検証試験、蓄積・提供、ならびに普及促進を行う。

本年度は、移動共通 I/F に則った RTC をベースにプラットフォームロボット（リファレンスハードウェア2号機等）の上に実際にシステムを構築し、統合検証として動作確認を行った。ここでは、「来訪者受付システム」のうちの移動機能について、そのサービス要求仕様を決定し、各研究開発コンソが開発した RTC の中から適切な機能、粒度、独立性をもった RTC（経路計画、経路追従、自己位置推定の各機能モジュール）を抽出し、システム統合を行った。またこの統合検証を繰り返しながら、システム構築に関する仕様やノウハウを各種ドキュメントとして整備し、公開した。

また、作業知能オープンソースソフトウェアの高度化と普及促進を図ることを目的とし、画像認識 RTC、およびロボットプラットフォームの構築を行った。ビジョンを用いた日用品ハンドリングをタスクとして設定し、バーコード認識などの軽量な画像認識 RTC と、それを応用した日用品把持の教示 RTC を開発した。また、双腕作業ロボット NxHIRO を全方位移動台車に搭載した「双腕移動作業ロボットシステム」、および生活支援ロボットアーム JACO を用いた「日用品把持のための双腕アームシステム」を構築し、関連する RTC を公開した。また、双腕ロボットに関する成果は、奈良先端大、大阪大学、東京理科大学、筑波大学と連携し、2011年11月の国際ロボット展にて「日用品把持ロボットシステム」としてデモンストレーションを実施した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】ロボット、ソフトウェア、RT ミドルウェア、再利用性

【研究題目】次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト／作業知能（社会・生活分野）の開発／作業知能（社会・生活分野）の研究開発

【研究代表者】河井 良浩（知能システム研究部門）
 【研究担当者】河井 良浩、原田 研介、松坂 要佐、丸山 健一、川端 聡、高瀬 竜一、野崎 俊輔、吉見 隆、辻 徳生、Juan Rojas、北垣 高成、音田 弘、中村 晃、山野辺 夏樹（常勤職員9名、他5名）

【研究題目】

本研究では、施設内生活支援ロボットシステムに必用な作業内容、作業対象及び作業環境の多様性を実現し、再利用可能な作業知能モジュールを開発することを目的に、日用品の手渡しや取り寄せなどの作業を支援する当該ロボットに必用な作業知能モジュール群（作業対象認識、作業対象物把持、音声コミュニケーション）の研究開発を実施する。

また、双腕ロボットプラットフォームを用いた作業知能オープンソースの統合検証作業として、知能オープンソースソフトウェアの高度化、普及促進を図ることを目的に、双腕ロボットによる工業部品などに対するハンドアイベースのマニピュレーション作業を実現することを目標とし、部品のピッキングなどに必要となる作業知能モジュール群をオープンソースソフトウェアとして開発し、統合検証を行う。

今年度は、各知能モジュールの機能向上を図り、他機関開発のモジュールとともに双腕移動型ロボット SmartPalV に統合（計43個）し、施設内の居室を模擬した環境において、人の指示に基づき、障害物があっても安定して日用品を把持・搬送できることを実証した。

一方、双腕ロボットプラットフォームを用いた作業知能オープンソースの統合検証においては、作業対象物を認識する Sense 部、作業計画を行う Plan 部、ロボットの制御を行う Act 部で構成されるレファレンスモデルを決定し、工業部品のピッキング、パレタイジング、搬送などに必要な作業知能モジュール群をオープンソースソフトウェアとして開発した。これらの有効性を双腕ロボットプラットフォーム HiroNX を用いて実証し、2011国際ロボット展でデモ展示を行った。また、開発したモジュールのソースコードだけでなくシステムの仕様書等も公開した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】RT コンポーネント、作業知能、3次元物体認識、把持動作計画、音声認識

【研究題目】ナノ界面制御による高容量電極の研究開発（次世代技術開発）

【研究代表者】周 豪慎（エネルギー技術研究部門）
 【研究担当者】周 豪慎、細野 英司、齋藤 喜康、李 会巧、趙 宇（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

水熱合成法、ゾル・ゲル方法、イオン交換法、高温焼結法を用いて、ナノサイズ粒子、ナノワイヤなどの形状を有する正極活物質材料の合成に成功した。

得られた高い比表面積を有する正極活物質 Li_xVO_y サンプルの充・放電などの電気化学特性を調べ、高い初期容量を有することを確認した。しかし、高い比表面積を有する活物質は、サイクル特性の改善が必要である。また、負極活物質 Si について、カーボンをコーティングしたナノポーラス構造を持つ Si 活物質を合成して用いた結果、より安定な充電・放電特性が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ結晶、酸化物、高容量電極、リチウム二次電池、相転移、ナノポーラス

【研究題目】低圧固定床用 FT 触媒技術を利用した BTL プロセスの研究開発

【研究代表者】村田 和久（エネルギー技術研究部門）
 【研究担当者】村田 和久、高原 功、岡部 清美（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

平成23年度は、まず使用済み触媒を用いて、活性劣化の主原因と想定されるワックス蓄積の機構解明を行い、次に触媒再生との関連を検討した。その結果、水素還元等で除去できるワックス、除去しにくいワックスが存在することを推定した。

第一世代触媒とゼオライトとを物理混合した系を用いて固定床反応を行い、生成物の軽質化に対するゼオライトの有効性を検証できた。また活性劣化の定量的のための予備検討を行い、100時間程度までの劣化予測が可能であることを示した。

FT 触媒、ゼオライト、バインダーを一体成型した触媒のフレッシュ／使用済み触媒について、ゼオライトの有効性を反応及び解析の面から検討し、物理混合した触媒系との比較を行った。20-30時間程度の初期活性や軽質生成物選択率は、一体型より物理混合系の方が高く、触媒の改良や、長時間での性能試験が必要であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】FT 触媒、低圧固定床、活性劣化

【研究題目】ナノ粒子と極低酸素技術による超微細銅配線樹脂基板のインクジェット形成技術の研究

〔研究代表者〕 村田 和広（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕 村田 和広、白川 直樹、宮川 俊彦（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

スパッタレス、マスクレスを実現する新しい微細配線形成技術や、銀から銅へのマテリアル・イノベーションを早急に進め、銅配線製造技術としての確立を図るため、ナノ粒子製造技術、極低酸素技術、超微細インクジェット技術の要素技術を統合し、半導体製造プロセスの中でも小型化と微細化が要求される IC パッケージ基板を対象とした銅のインクジェット微細配線技術を確立することを目的とする。

一般的に銅超微粒子のインクは表面が酸化しているために、そのまま乾燥/焼成しても導電性を確保できない。そこで、酸素ポンプを用いた還元プロセスを適用する。銅超微粒子の合成方法や、還元処理の仕方など様々な検討の結果、銅超微粒子を200～250℃の温度で十分還元することができる事を見いだした。また、インクの改良により、インクジェット描画後にひび割れが出ない試料が作成可能となった。それらの試料について極低酸素還元を含むプロセスの改良を行ない、低抵抗な銅配線を得ることができた。還元が起こるのに必要な温度は250℃で十分で、酸素分圧は 10^{-20} atm（600℃での測定値）と比較的高くても還元可能であった。単なる還元でなく、ひび割れ防止添加剤を除去するステップを入れる等のプロセス改良により、 $8.1\mu\Omega\cdot\text{cm}$ という低抵抗率を得ることができた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 スーパーインクジェット技術、極低酸素技術、銅配線

〔研究題目〕 高速・自己保持機能を有する光スイッチング回路の研究開発

〔研究代表者〕 河島 整（ネットワークフォトンクス研究センター）

〔研究担当者〕 桑原 正史（常勤職員2名、非常勤1名）

〔研究内容〕

PLZT とハイブリッド集積する石英 PLC 光回路作製に向けて、加工プロセス全体のブラッシュアップを行い、導波路損失を十分に低減した。ハイブリッド集積用の石英 PLC 回路には、数多くの分岐素子が含まれる。分岐素子には、方向性結合器や MMI（Multi Mode Interference）を用いるが、分岐特性の良否は狭隘部の仕上がりに左右される。このため、コア形成のためのドライエッチング工程のみならず、 SiO_2 堆積による埋込（オーバーラッド形成）工程についても、狭隘部が設計通り仕上がるよう、プロセス条件の最適化を進めた。こうした最適化を経て、ハイブリッド集積用の石英 PLC テストチップを試作した。PLZT-PLC ハイブリッ

ドスイッチにおいては、PLZT 部が 2×2 スイッチのアレイになる場合と位相変調器のアレイになる場合を想定しており、テストチップには、前者用の曲線部を含む導波路アレイと、後者用の 1×2 、 2×2 分岐を含む導波路アレイを搭載した。

波長スイッチとして働くリング共振器やマッハツェンダー干渉計の作製に必要な、狭ギャップ加工の条件を系統的に変えて調べた結果、再現性と制御性を維持できるギャップ値の下限が200nm であることが分かった。そ広い温度範囲について、相変化材料の光特性の温度依存性を評価できる汎用装置の構築を進めた。相変化材料の高温（融点以上も含む）測定を可能とするため、試料の底面を観察する構造を持たせた。相変化材料の融点を600-700℃と想定して、最高到達温度を1000℃とした。InSb（融点530℃）を標準試料として用い、融点を含む広範な温度領域で正しい屈折率と消衰係数を与えることを確認した。また、熱伝導率の温度依存性を評価する汎用装置も構築した。測定は、パルスレーザーを用いたポンププローブ法に基づくものであり、ポンプ光で試料の裏面を加熱し、表面の温度を反射率の変化から測定する。試料部には、加熱炉を組み込むことで、転移温度を含む広範な温度域で、熱伝導率を求めることが可能となった。Mo 薄膜等の標準試料を用いて、熱伝導率算出に必要な校正作業を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 光スイッチ、シリコンフォトンクス、光導波路、光相変化材料

②その他公益法人

〔研究題目〕 平成23年度マレーシア国別研修「オイルパームポリマー素材開発」に係る研修

〔研究代表者〕 国岡 正雄（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕 国岡 正雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

アジアバイオマス原料の有効利用のために、マレーシアのパームオイル産業から排出される種々の植物由来廃棄物を材料として有効利用する技術をマレーシアパームオイルボード（パームオイル産業に関わる国立研究所）の研究員2名を産総研の研究室に、約二ヶ月間、国際協力機構筑波国際センターを通して受け入れ、技術研修を行った。パームオイル（椰子の実油）産業からは、油を絞った後の絞りかすや、椰子の実の周りに多くの繊維成分があり、これらが廃棄物として廃棄される。これらの繊維をプラスチックと混合し、複合材料を作る技術及びその物性を評価する技術の研修を行った。また、より良い機械的性質を示す材料を得るために、樹脂と繊維の相互作用を向上させるような処理技術の研修を行い、その物性を評価した。樹脂に混合する繊維の種類とその長さの最適化、充填量の最適化充填及び、樹脂と繊維の相互作用を強くする手法を取り入れることにより、機械的性

質がより優れた材料が得られることがわかった。生分解性樹脂と複合化することにより、完全生分解複合材料を作成することができた。その生分解度を国際標準規格に則った方法で評価した。これらの研修で得られた手法は、マレーシアにおいて、有効に活用されるものと期待される。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、複合材料、機械的性質、生分解

〔研究題目〕 不燃透明複合材とそれを用いた照明カバーの製造技術の開発

〔研究代表者〕 蛭名 武雄（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 蛭名 武雄、中村 考志、岩田 伸一（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

現在、鉄道車両に使用されている電照カバー類のほとんどは不燃性の基準を満たしていない従来からのアクリル、ポリカーボネート類のプラスチックが使用されている。その理由としては、透明性、不燃性、安全性を併せ持った良い素材が未だ存在しないことがあげられ、不燃性の基準を満たした透明度のある素材の開発が待ち望まれていた。本研究では、宮城化成のガラス繊維強化プラスチック（GFRP）技術と産総研の粘土膜（クレースト）技術を融合させ、不燃透明材を開発する。

平成23年度は、不燃透明材の製作及び量産プロセスの確立に関して、

1) 樹脂、ガラス繊維、無機材の種類及び配合比率を変えた板材を製作し、各板材の不燃性の評価を行った。また、ハンドレーアップ工法と VaRTM 工法による樹脂含有率の比較を行った。その結果、樹脂は難燃剤入り透明エポキシ樹脂、無機材の配合量としては樹脂に対して30%程度が最適であるとの結果を得た。また、樹脂含有率は、42%まで低減化できた。2) GFRP 層とクレースト層の接着層の検討を行った。その結果として、適切なアンダーコート剤の使用によって、GFRP 層とクレースト層の密着性が良くなることが確認された。3) 複合材の板厚と無機材の添加量による全光線透過率への影響について検討を行った。結果として、板厚が厚くなるにつれ、また無機材の添加量が増えるにつれ、全光線透過率は低下することが確認された。4) 平成23年度の成果としては、不燃性に関しては社内試験での評価としては、ほぼ不燃レベルまで達している。現在、不燃レベルまで達した板材の全光線透過率は30%程度である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 粘土膜、難燃性、透明性、ナノコンポジット

〔研究題目〕 平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業／薬効性と美肌効果を両立させた化粧品用ハイブリッドマイカの開発

〔研究代表者〕 高尾 泰正

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 高尾 泰正（常勤職員1名）

〔研究内容〕

地球温暖化の進行やオゾンホール拡大にともない地表に到達する紫外線量が増加しており、皮膚疾患が増える傾向にある。そこで、薬効性（紫外線防止効果やビタミン C 徐放など）と美肌効果（高い透明感や滑沢性など）を両立する化粧品原料（ハイブリッドマイカ）を地域資源（愛知産高品質マイカ「絹雲母」）を原料として開発する。

その結果、「絹雲母」に酸化チタンを被覆した複合粒子や、中空顆粒にビタミン C 誘導体を封入した複合顆粒体を製造するための基本条件が明らかになった。

今後、産学官連携施設（OSL 実験棟）での補完研究（予定：4年間）により技術の完成をめざす。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料、製造

〔キーワード〕 製造プロセス、低エントロピー化志向製造システム、エネルギー効率化、環境対応、医療・福祉

〔研究題目〕 平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業／輸送機器軽量化のためのマグネシウム大型部材製造技術の開発

〔研究代表者〕 石崎 貴裕（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 石崎 貴裕、重松 一典、園田 勉、中尾 節男（サステナブルマテリアル研究部門）、坂本 満（生産計測技術研究センター）（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

マグネシウム合金は携帯用ノートパソコンや携帯電話等の筐体として実用化されているが、最大の特長である軽量性を生かした輸送機器用の大型部材への展開はほとんど進んでいない。そのため、本研究では輸送機器軽量化のためのマグネシウム大型部材製造技術を開発し、事業化を目指すことを目標として、輸送機器用大型部材に適用可能な耐食性皮膜を形成するための表面処理技術の確立、軽量で高強度・高剛性の部材を製造するための最適構造設計及び耐食性皮膜のナノサイエンスからの性能検証を行った。蒸気養生法による皮膜形成技術については、皮膜均一化を膜厚の±10%以内にするとともに、耐食性については複合サイクル試験120時間後の難燃性マグネシウム合金表面におけるレイティングナンバ9.0以上を達成した。また、マグネシウム合金製トラック用後

扉の設計製作については、既存トラック用アルミニウム部材の20%以上の軽量化を実現した。さらに、マグネシウム合金の腐食反応の原因については、化合物間に生じる電位差が腐食反応を進行させていること、ならびに皮膜形成により電位差が大きく低減し腐食反応の進行が抑制されることを解明した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 軽量合金、マグネシウム、耐食性皮膜、表面処理

〔研究題目〕 標準コンダクタンスエレメントを用いた基準微小ガス流量導入装置の開発

〔研究代表者〕 吉田 肇（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 吉田 肇、新井 健太、小島 時彦（常勤職員3名）

〔研究内容〕

高真空・超高真空を測定する電離真空計や分圧真空計は、これまで、適切な校正方法が無かったため、正しく校正することが難しかった。近年、産総研では、ステンレス製の多孔質焼結体からなる微小ガス流量導入素子「標準コンダクタンスエレメント（SCE）」（特願2009-197894）を開発した。SCEを用いることで実現する定量化された再現性の良い気体流量は、真空計を“その場”校正するための信頼性の高い基準と利用することができる。本研究では、SCEを用いて、ユーザ自らが、任意の気体種について、既知の流量を真空装置に導入することが可能で、かつ、操作に専門的な知識と習熟を必要としない基準微小ガス流量導入装置を開発することを目的としている。

今年度は、機器の発注、納入・設置、及び運転の習得を主に行った。多孔質体の高度化・高信頼性化として、多孔質体の試作計画の策定、微粉砕機、振動ふるい、圧入機、精密切断機の立ち上げ、焼結体の試作、多孔質体の外径（エレメント）とステンレス管の内径（アタッチメント）の測定、各機関における標準コンダクタンスエレメント簡易評価装置の立ち上げを行った。SCEを組込んだ基準微小ガス流量導入装置の開発として、必要となる様々な要素の検討、及び計測ソフトウェアに求められるデータ処理プロセスの検討を行った。事業化に関する研究、市場調査として、分析分野、半導体製造分野、漏れ試験分野、真空技術分野（真空計と真空ポンプ）において、調査を行った。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 真空、計測、高真空、超高真空、分圧、ガス放出、リーク、校正

〔研究題目〕 核内受容体活性評価手法を用いた各種高機能作物の評価試験に関する研究

〔研究代表者〕 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 森田 直樹、扇谷 悟

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

経済産業省北海道経済産業局・平成23年度地域イノベーション創出研究開発事業「北方系高機能作物を活用した新規健康食品の開発」の実施にあたり、本事業で必要としている各種高機能作物の機能性に関するエビデンスを得るため、提供される北方系高機能作物素材及びその加工品について各種核内受容体の活性化評価を行った。

各種の高機能作物素材に適した試料調製を行い、複数の核内受容体活性を評価し、それぞれの核内受容体活性化プロファイルを明らかにした。また、同一の植物素材等であっても、採取条件（圃場、収穫時期、収穫場所、系統等）の異なるサンプルや成分分画したサンプル等についての評価を行い、各種核内受容体活性化の詳細なデータを取得した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 核内受容体、北方系高機能作物、植物素材、高機能作物素材、健康食品、レポーターアッセイ

〔研究題目〕 下水汚泥に含まれるセシウムの低減化に関する業務

〔研究代表者〕 川本 徹（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 川本 徹、伯田 幸也、田中 寿、高橋 顕、保高 徹生（地圏資源環境研究部門）、于 涓、南 公隆（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

本事業は、放射性セシウムに汚染された下水汚泥やその焼却灰を除染すると共に、放射性廃棄物を減容することが目的である。その根幹技術は、加熱酸洗による焼却灰からの放射性セシウム抽出と、抽出したセシウムのプルシアンブルーによる吸着回収である。本技術の実用性可否を検討するため、小規模の抽出・吸着試験により処理条件情報を得ると共に、小型除染プラントによる実証試験を実施した。また、除染の結果生じる焼却灰、廃液、放射性廃棄物の取扱いについても検討を行った。

焼却灰からのセシウム抽出試験では、2mol/Lの硝酸での洗浄を約100℃の加熱下で行うことで、非放射性セシウムで81%、放射性セシウムでは91%の抽出率を達成した。また、加熱酸洗に耐える材質を用い、実用プラントへのスケールアップが可能な小型除染プラントを設計、製作した。製作した小型プラントを用い、主たる要素技術である、焼却灰の加熱酸洗によるセシウム抽出試験と、プルシアンブルーによるセシウム吸着試験を実施したところ、予備試験と矛盾しない結果が得られた。以上のことから、スケールアップ可能な小型プラントでの除染は可能であると結論づけた。さらに、除染後の下水汚泥焼却灰並びに溶液に関する再利用、処理、処分の検討も行った。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造
 【キーワード】 放射性セシウム、プルシアンブルー、除染、下水汚泥、焼却灰

【研究 題目】 持続可能な発展へ向けた環境政策・経済システム研究：GS 等の動態分析による政策評価業務

【研究代表者】 西尾 匡弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 西尾 匡弘、時松 宏治
 （常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

これまでの経済システムは大量生産－消費－廃棄によって成り立ってきたが、その後「成長の限界」論、ブルントラント・レポートの「持続可能な発展」を経て、最近では低炭素・循環型社会推進へと、産業革命以降続いてきた経済システムの大幅な変革の必要性が謳われている。いずれも、エネルギー資源・環境の制約の中で、エネルギー技術の研究開発・実証・普及を行いつつ、環境を基盤として発展する新たな経済システムに変革するものである。そのための「持続可能な発展」の経済学的研究が世界的に取り組み始めた。

持続的発展の評価指標として、ピアスとアトキンソンによって提唱された「ジェニユイン・セイビング（GS）」が経済学的理論に準拠したものとして認識されている。しかしながら、我が国では GS に関する十分な学術研究の蓄積が少ない上に、政策形成の場での認知度は低い。このようなことから、GS を測度としてエネルギー資源・環境の制約下での持続的発展を目指した経済システムの到達方法や到達度に関する評価手法開発を研究することを目的とする。

これまでに、環境基盤投資としての資源循環政策ならびに温暖化防止政策をシナリオとした GS の将来長期予測に関する研究として、マクロ経済、鉱産物資源、環境影響評価などを組合せた大規模シミュレーションモデルを用いた試算を行った。これにより、GS の定式化から推計するためのデータまで、当該モデルを用いて一通り整えることができた。本年度は、将来の持続可能性を評価するために、エネルギー資源、環境影響評価、マクロ経済などを明示的に考慮した大規模シミュレーションモデルを用い、GS の将来推計を行うための分析作業を実施し、試算結果を示した。その結果得られた GS の値から、技術進歩率を考慮に入ると持続可能な発展の経路を辿る可能性があることが分かった。温暖化抑制に関しては、経済効率性を最適にする（環境外部費用を内部化する）シナリオにおいて、GS の値が最良となる試算結果が得られた。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 持続可能性、ジェニユイン・セイビング、環境政策、経済指標

【研究 題目】 幸福度等主観的福祉を考慮した、資源環境に関わる持続性指標の将来推計の検討作業

【研究代表者】 西尾 匡弘（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 西尾 匡弘、時松 宏治
 （常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

本研究の母体である「制度を媒介とした持続可能な発展と主観的福祉のリンク」研究の目的は、持続可能な発展の視点から、幸福などの主観的福祉（生活の質）と財的資本基盤の持続性との関係および両者の媒介項を解明することにある。そこでは、福祉の決定要因たる環境や資源などの財的資本基盤の持続性に関する分析と、福祉の構成要素としての幸福などの主観的福祉とを結びつける研究枠組みを提示し、両者のリンクを媒介する主要な要素である「制度」の影響を分析する。そうすることで、幸福水準などの主観的福祉と持続可能性のリンクの鍵になる要素を明らかにするとともに、公共政策に資する有意義な知見を提供することができる。

本年度は、福祉の決定要因たる環境やエネルギー・鉱産物資源などの財的資本基盤の持続性指標の将来推計を可能とする大規模シミュレーションモデルを開発し、持続可能性にも主観的福祉にも共通する世代間衡平性に着目した分析の検討を行った。さらに、持続可能性指標の将来動態に関する予備的な試算を実施した。これまでの検討をベースとした継続的課題として、選好パラメータが主観的福祉と持続可能性、世代間衡平性に与える影響や、幸福度等指標で扱う項目（例：人的資本や社会的資本等）の改善等が提示された。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 幸福度、資源環境、持続可能性指標、世代間衡平性

【研究 題目】 上町断層帯における重点的調査観測

【研究代表者】 吉岡 敏和

（活断層・地震研究センター）

【研究担当者】 吉岡 敏和、近藤 久雄、吉見 雅行、堀川 晴央、木村 治夫、竿本 英貴、林田 拓己、堤 浩之（京都大学）、関口 春子（京大防災研）、岩田 知孝（京大防災研）、浅野 公之（京大防災研）（常勤職員5名、他6名）

【研究 内容】

本研究は、大阪府に位置する上町断層帯が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、京都大学からの再委託で実施しているもので、本年度は「活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査」、「活動履歴

調査」、および「動的断層モデル構築と強震動シミュレーション」について分担実施した。

1) 活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査

上町断層帯の詳細な断層位置と分布形状を把握するため、これまでに実施された地形・地質学的調査結果、既存反射法地震探査等の成果を整理して文献調査をおこなった。平成22年度に作成した2mメッシュの数値標高モデル（DEM）に基づく地形解析、空中写真判読、地表踏査等を実施し、上町台地周辺の活断層・活構造分布を明らかにした。その結果、桜川-住之江撓曲の連続性を示唆する微地形や、台地の形成に関連した活背斜、台地東縁に位置する東側低下の撓曲崖や背斜といった活構造が新たにみいだされた。さらに、断層帯全域に沿う後期更新世以降の平均変位速度分布を解明するための事前準備として、DEMを利用した変位量評価手法の整理、上下変位量計測のための地形断面図作成、断層帯に沿う予察的な変位量分布図の作成を行った。

2) 活動履歴調査

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、陸域におけるトレンチ・ボーリング掘削調査、地下レーダー探査、および河川域における音波探査・ボーリング掘削調査をおこなって、次の新たな知見を得た。堺市堺区大仙町、高石市取石、および和泉市観音寺町においてトレンチ掘削やボーリング調査の掘削調査を実施し、得られた試料について放射性炭素年代測定やテフラ分析等を行った。大仙町および観音寺町においては地中レーダー探査をあわせて実施した。探査においてはプロファイル測定法およびワイドアングル測定法によって、深度変換断面を作成した。これらに基づき地形地質断面図を作成した結果、撓曲変形や断層変位が認定され、古地震イベントや段丘面の形成時期等に関する新たな知見が得られた。さらに、淀川における音波探査とボーリング調査の結果、川底付近まで及ぶ西側低下の撓曲構造が見いだされ、上町断層帯の最新活動に伴って形成された可能性が示唆された。樫井川においては、海側へ急斜する大阪層群相当層とこれを不整合に覆う完新統が認められ、この急斜構造から樫井川河口よりも海側に逆断層が存在する可能性が支持された。

3) 動的断層モデル構築と強震動シミュレーションの実施

上町断層帯の動的断層モデルの構築と強震動シミュレーションを実施するため、今年度は既往研究による上町断層の断層面三次元形状を用いた動的断層破壊計算により予察的な広帯域の動的断層モデルを作成した。さらに既往の地下構造モデルを用いて地震動を予察的に評価した。また、本重点観測研究により三次元バランス法で推定される断層面形状を動的断層モデルの作

成や地震動計算に導入するための準備を行った。

【分野名】地質

【キーワード】上町断層帯、活断層、断層形状、活動履歴、動的断層破壊モデル

【研究題目】小型高性能 MEMS アレイによる移動型重力探査システムの開発研究

【研究代表者】大熊 茂雄（地質情報研究部門）

【研究担当者】大熊 茂雄、駒澤 正夫、村田 泰章、内田 利弘（地圏資源環境研究部門）
（常勤職員4名）

【研究内容】

平成23年度科学技術試験研究委託事業「海洋資源の利用促進に向けた基盤ツール開発プログラム」の一部「小型高性能 MEMS アレイによる移動型重力探査システムの開発研究」（再委託業務）では、海底熱水鉱床の構造把握のための基盤ツールとなるシステムとして、小型で高性能の MEMS 素子加速度センサを用いた、海中を移動しながらの MEMS 重力探査システム開発を念頭に、重力探査用の MEMS センサの開発を行った。平成23年度においては、平成22年度に試作した MEMS 素子の評価に基づく高度化及びその3成分化により3成分重力探査を実現するための3成分 MEMS 素子の開発を行った。さらに3成分 MEMS センサを用いて海底熱水鉱床の重力探査に向けた利用技術の検討を行った。その詳細については、以下のとおり。

(1) 重力探査用 MEMS センサの評価研究

平成22年度に試作した水晶デバイスによる重力探査用の MEMS センサの評価試験結果を踏まえて、測定精度0.1mgal以下を達成するための改良項目を精査し、改良のための詳細設計を行った。

(2) 3成分重力探査用 MEMS センサの試作研究

詳細設計に基づき、MEMS センサを改良し、さらに3成分 MEMS センサの試作を行った。製作する MEMS 素子、電子回路とも、設計と試作は密接に関連しているため、試作の過程における性能評価と設計変更を繰り返しながら開発のための研究を進めた。試作した3成分 MEMS センサについて試験を行い、目標性能である0.1mgalを上回る性能に向けての改良点を検討し、量産化試作のための基礎資料とした。

(3) MEMS センサ利用技術の検討

MEMS センサを用いて海底熱水鉱床のために重力探査に向けて、3成分 MEMS 重力センサを用いた測定・解析の方法など、全く新しいセンサである3成分重力探査用 MEMS センサの利用技術について、データ取得・データ処理の観点から検討した。

また、海上・空中重力計に関する海外技術動向調査として、2011 IUGG General Assembly に参加し海底熱水鉱床地域と類似性を持つ地域での重力データの解析事例を発表するとともに、オーストリア・パースの

西オーストリア大学等を訪問し移動体における重力測定に関し情報収集を行った。さらにフランス・パリ地球物理研究所 (IPGP) 及びドイツ・連邦地球科学・天然資源研究所 (BGR) を訪問し、海底熱水鉱床探査手法と移動体における重力測定に関し情報収集を行った。

MEMS 重力計の連続測定に際し、従来型の重力計で同時に測定を実施して重力測定値の再現性を確認した。**MEMS** 重力計等で重力測定がなされてとしても熱水鉱床の実体を知るためにはデータ処理を施してブーゲー異常を得なければならない。データ処理の中核をなすのが地形補正で、地形データによってどの程度精度が違ってくるかを検証した。

(4) 研究運営委員会

重力探査用 **MEMS** センサの開発に際して、各分野の専門家からなる研究運営委員会を構成し、研究開発の進捗状況などについて議論し、研究進捗にフィードバックした。

[分野名] 地質

[キーワード] 重力、重力異常、重力計、加速度計、**MEMS**、**MEMS** アレイ、移動型重力探査システム

[研究題目] 警固断層帯 (南東部) における重点的調査観測

[研究責任者] 吉岡 敏和
(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 吉岡 敏和、宮下由香里、吾妻 崇、水野 清秀 (地質情報研究部門)、中村 洋介 (地質情報研究部門)
(常勤職員4名、他1名)

[研究内容]

本研究は、福岡県に位置する警固断層帯南東部が活動した場合に想定される地震災害の軽減を目指し、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、地下の震源断層形状、過去の活動履歴等の活断層基本情報の高度化と、震源域での強震動評価の高度化を目的に、九州大学からの再委託で実施しているもので、本年度は「陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査」および「陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化」について分担実施した。

1) 陸上における活断層の詳細位置・形状等の調査

警固断層帯 (南東部) の陸上における活断層の詳細位置、断層形状および変位量分布の把握としては、警固断層帯南東部の地表付近での詳細な断層位置と分布形状、及び変位量分布を把握するため、断層帯に含まれる警固断層、宇美断層、および日向峠-小笠木峠断層について、数値標高モデル (DEM) を用いた地形陰影図および地形断面図の作成、空中写真判読、断層帯の地表踏査等を実施した。また既存の文献資料やボ

ーリング資料を収集し、これらとの比較検討を行った。

2) 陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化
警固断層帯 (南東部) の陸上部分について、既存の地形地質資料および地表踏査結果に基づき、トレンチ調査用地選定のためのボーリング調査と地中レーダー探査を実施した。地中レーダー探査は、既存トレンチ調査等により地下構造のわかっている箇所で行われ、地下の様子が明瞭にイメージされていることを確認した後、他地点に展開した。その結果、空中写真判読により推定されている断層通過位置についても、探査断面で断層が確認された箇所が複数存在する。以上より、ボーリング調査、地中レーダー探査および地形情報解析を組み合わせる手法が、平野部 (都市部) におけるトレンチ掘削候補地選定に有効であることが判明した。また、断層トレース沿いの埋蔵文化財発掘資料の収集・解析を行い、断層活動および液状化等の強震動イベントの抽出を行った。その結果、従来推定されている警固断層の最新活動時期 (約4千年前) 以降の、警固断層に起因すると考えられる強震動イベントは抽出されなかった。

[分野名] 地質

[キーワード] 警固断層帯、活断層、断層形状、活動履歴、最新活動時期

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

[研究代表者] 田尾 博明 (環境管理技術研究部門)

[研究担当者] 鈴木 昌弘、谷本 照己、左山 幹雄、長尾 正之、高橋 暁、中里 哲也、鶴島 修夫 (常勤職員8名)

[研究内容]

製鋼スラグと浚渫土の化学的相互作用によって駆動される栄養塩、酸化還元物質、アルカリ成分および二酸化炭素などの物質フローを明らかにし、藻場・干潟基盤材としての特性・有効性を評価するための実験を行った。具体的には、浚渫土と製鋼スラグ、あるいは対照試験区となる天然砂の溶出実験等を実施し、溶存栄養塩濃度、pH、酸化還元環境、微量元素などのパラメータを測定した。まず、スラグ等の試料に適した微量元素の分析手法を新たに開発し、29種類の元素分析を可能にした。スラグ中の主要元素として **Mg**、**Al**、**Si**、**Ca**、**Mn**、**Fe** が存在する一方、その他多くの微量元素は概ね **100mg/kg** レベル以下であることが確認された。栄養塩として重要なリンに関して、脱炭スラグと脱リンスラグで含有量はほとんど変わらないにもかかわらず、容易に海水中に溶出する可動態リン量が全量に対して89%、30%と大きな違いあることがわかった。このリン量は浚渫土の40~50倍、天然砂中のリン量の1000倍以上であり、スラグからのリン溶出が付着藻類やアマモの生育に寄与

する可能性を示した。pH の上昇はスラグを利用する上で最も留意すべき項目であるが、この pH の変化をもたらす主たる要因である全炭酸と Ca 等溶出に伴うアルカリ度の時間変化を測定し、2種のスラグでその挙動が大きく異なることを明らかにした。浚渫土における全炭酸・アルカリ度の変化量はスラグの10分の1以下であり、短期的な pH 変動に対する影響が相対的に小さいことが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】干潟、藻場、スラグ、浚渫土、物質フロー、pH、微量金属、栄養塩、リン

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

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之、谷本 照己、高橋 暁
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

干潟・藻場（アマモ場）生態系の再生・創出のために必要とされる造成土壌を、製鋼スラグと浚渫土の混合土壌で代替した場合の物質フローを含む生態系の特徴及び優位性を科学的な根拠のもとに明らかにし、生態系の再生・創出が環境劣化を引き起こす自然砂の採取に依存することなく、環境再生と資源再生が Win-Win の関係で成り立つことを示す。

本年度は、24年度以降に実施を予定しているアマモ場シミュレーション（マイクロコズム）実験に向け、阿賀臨海実験場において天然海水のかけ流しによる水槽施設の整備を行った。また、同マイクロコズム実験で使用するスラグ・浚渫土混合土壌の最適混合比の探索を目的として、混合条件の異なる土壌におけるアマモの生育傾向について予備試験を実施した。スラグには脱炭スラグと脱リンスラグを使用した。

予備試験の結果、脱炭スラグを浚渫土に混合した場合、急激な固化が生じアマモ生育に影響を及ぼすことから、アマモ移植の基盤材として脱炭スラグを使用することは困難であることが判明した。一方で、脱リンスラグでは、単独使用の場合でも浚渫土を混合した場合でも固化が生じず、アマモが生育・成長したことが確認できた。また、浚渫土を脱リンスラグに混合することで、アマモの成長性の向上が確認できた。

【分野名】地質

【キーワード】製鋼スラグ、アマモ場、浚渫土、産業副産物、物質循環

【研究題目】MEMS における形状計測法に関する標準化

【研究代表者】池原 毅（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】池原 毅（常勤職員1名）

【研究内容】

MEMS の幾何形状は、機械加工で作られる部品とは異なり、ウエットエッチングや深堀ドライエッチング技術によって立体的3次元構造体が形成されている。しかしながら、テーパがついたエッチング断面や、高アスペクト比を持つ溝構造の底面・壁面粗さ等、MEMS 構造に適した幾何形状計測法や表示法の標準化は、ほとんど行われていない。そのため、外注試作時の形状の指定やできあがりの評価において、正確な形状情報の伝達が行われない可能性がある。本研究では、様々な測定方法のうち、触針式形状測定機により MEMS 形状を測定した場合、どのような測定項目が測定可能であるか、また、どのような精度の結果が得られるかを実験し、適用の妥当性について議論した。触針式形状測定機は表面性状の測定に広く用いられているとともに、薄膜製造の分野では薄膜エッジの段差を測定する「段差計」として一般的に用いられ、半導体分野の膜厚測定には欠かせない測定機となっている。本年度はトレーサブルな溝形状試料を用いて計測値の確度を確認するとともに、突起状構造についても評価を行った。これらの測定結果を基に、国際標準案文を作成した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】MEMS、形状計測、エッチング、計測精度、断面プロファイル、標準化

【研究題目】山元における「間伐材から機能化混練型 WPC 変換まで一貫したシステム」の実証化研究

【研究代表者】遠藤 貴士（バイオマス研究センター）

【研究担当者】遠藤 貴士、李 承桓、岩本 伸一郎
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本テーマは、間伐材からプラスチックとの複合化に適した高機能バイオフィラーを合成し、ダイレクトコンパウンド手法を利用して、既存の樹脂製品等を代替可能な混練型 WPC（木材プラスチック複合材料）の製造技術の開発を目標としている。混練型 WPC 用高機能バイオフィラーの合成に関連しては、バイオフィラーの表面解析を実施する。解析結果は、プロジェクト参画機関における湿式粉碎および混練型 WPC 開発グループへ情報をフィードバックさせる。

本年度は、バイオフィラーの表面状態の定量化方法の構築を目的として、各種条件で湿式粉碎して得られたバイオフィラーについて評価を行った。湿式状態での、サイズ・形状評価に関しては、レーザー回折式粒度分布測定および沈降法による評価を行った。その結果、ディスク型粉碎機により製造したバイオフィラーにおいては、ディスク回転数、2,000rpm 程度が最も粒径が小さく、これよりも低速や高速では、サイズが大きくなる傾向を

示した。沈降法による評価においても2,000rpm で製造したバイオフィラーの沈降速度が他の条件と比較して遅く、より微細になっていることが示された。また、沈降速度の定量化方法として、分光光度計を用いた濁度の経時変化について検討した結果、バイオフィラーの水分散濃度を調節することにより評価可能であることが分かった。次に、高分解能走査型電子顕微鏡による表面観察を行った結果、ディスク回転数2,000rpm では、表面のフィブリル化が進行していることが分かった。これらのことから湿式粉碎条件の最適化と物性に優れた複合材料開発に有用となるバイオフィラーの表面評価手法を構築することができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 間伐材、バイオフィラー、複合材料、フィブリル化、表面状態

〔研究題目〕 先端計測分析機器用共通ソフトウェアプラットフォームの開発

〔研究代表者〕 林田 美咲（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 林田 美咲（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題は、最先端の計測分析機器を開発する際に、そのソフトウェアの開発効率を高めるとともに、開発したソフトウェアの資産化を容易にするための共通プラットフォームの開発を目的としている。本機関は、透過型電子顕微鏡（TEM）に関して機種やメーカーの違いを吸収し、開発者あるいはユーザーが行いたい電子顕微鏡の制御を行えるプラットフォームの開発を担当している。

その開発には、現在機器開発の現場において欧米で広く使われているLabviewを用いる予定である。

具体的には、既存のコンピューター制御の入っていない TEM において、その制御をすべてプラットフォーム上から行えるようにソフトウェアの開発を行う。また、既存のコンピューターによる制御が行われている TEM に対しても並行して制御ソフトウェアの開発を行い、これら両方の TEM において共通して用いる事が出来る市販ソフトベースの TEM 用プラットフォームを大阪大学及び松浦電弘社と共同で開発する。

23年度は、産総研が所有する TEM の制御ソフトウェアを LabView を用いて作製した。また、そのソフトウェアを用いて TEM トモグラフィーで三次元像構築の際に重要なパラメータとなる試料回転角度を高精度に測定する方法を開発した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 透過型電子顕微鏡、ソフトウェア、プラットフォーム

〔研究題目〕 アジア低炭素社会の構築に向けた緩和技術のコベネフィット研究

〔研究代表者〕 村田 晃伸（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 村田 晃伸、野村 昇、西尾 匡弘、
遠藤 栄一、梁 建国
（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

現行のクリーン開発メカニズム（CDM）は二酸化炭素の排出低減を対象を限っており、大気汚染の改善などのローカルな環境に対する改善効果は評価の範囲外に置かれている。本研究は、ローカルな環境改善効果（コベネフィット）を経済的に価値付けする手法であるコベネフィット分析に取り組み、アジア地域における緩和技術のローカル環境改善効果と、CDM などのオフセット・メカニズムを通じた緩和技術の普及に対するコベネフィットの影響を明らかにすることを目標としている。

(1) 緩和技術に関わる社会的認識についての調査・分析

平成22年度に北京で行った調査に続き、山西省農村部において社会調査を実施した。調査は、大気汚染による健康被害の経済価値評価のための設問を中心として構成した。少数のサンプルによる予備調査を山西省の省都である太原市近郊の農村で行い調査票の妥当性を検討した。調査票を修正した後に600サンプル規模の調査を省内の複数箇所で行った。調査票の集計を行い、得られたデータに対して基本的な分析を行った。

(2) 新オフセット・メカニズムにおける緩和技術のコベネフィットを考慮した技術的経済的評価

平成22年度は社会調査方法を中心に検討し、予備的な社会調査を実施することで、社会調査方法をほぼ確定することができた。平成23年度は調査票の検討を中心に実施し、実際に複数都市における社会調査に調査票を使用し、限界支払い意思額のデータ取得を試行した。調査地点を5都市（シンガポール、ジャカルタ、バンコク、ホーチミンシティ、上海）とし、代表性は考慮せずにインターネット調査、男女同比率、年齢20代～40代の各地点100サンプルとして社会調査を実施した。限界支払い意思額が統計的に有意に得られており、調査票の有効性を示す結果が得られた。

(3) アジア地域におけるコベネフィットを考慮した緩和技術の導入分析

サブテーマ間連携の試行として、インド、中国を対象にコベネフィットを考慮した緩和技術の導入分析を実施した。インドについては、現行（コベネフィット無し）CDM とコベネフィットを考慮した CDM を想定した地域別導入ポテンシャルを比較した結果、二酸化炭素回収隔離（CCS）を行わない石炭ガス化複合サイクル発電でコベネフィットの効果が最も明らかに現れることがわかった。中国については、発電部門に関する環境基準の調査、現行 CDM を想定した高効率火力発電の導入分析、CCS の導入分析を実施した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 クリーン開発メカニズム、アジア、コベネフィット、社会調査、エネルギーシス

テム分析

【研究題目】環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発

【研究代表者】和久井 喜人（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】和久井 喜人（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、長岡技術科学大学が主委託先となって実施している環境研究・技術開発推進費によるプロジェクト「環境基準項目の無機物をターゲットとした現場判定用高感度ナノ薄膜試験紙の開発」の一環として再委託され実施した。

平成23年度においては、ターゲットの試験紙への定量的な捕捉を目的として、作製条件が最適化された試験紙について、詳細に使用条件を調べ、感度を決定した。また、使用条件、感度が決定された試験紙について、妨害イオンの影響を ICP 質量分析法 (ICP-MS) や ICP 発光分光分析法 (ICP-OES) にて求め、除去条件をクロスチェックし、最適化を促した。

米中の Cd 量の定量をする際の試料の分解方法の検討を行った結果、ICP-MS では、111及び113のいずれの質量数を用いた場合でもよく一致した値が得られた。また、サブ ppb 及び1桁 ppb オーダーの検量線の直線域で定量されたので、精度に関しても大きな問題はないと考えられた。Cd 試験紙のクロスチェックにおいても、両質量数を用いた結果はほぼ一致した値が得られた。

鉛検出膜のクロスチェックにおいて、206及び207の質量数の同位体を用いて ICP-MS で分析を行った。7～22ppb の試料溶液を精度良く測定することが可能となった。

複数の金属元素が共存するめっき廃水に関わる試験紙のクロスチェックを実施した。ICP 発光分光分析及び ICP-MS を併用し、多元素共存状態の溶液を適切に分析した。Zn, Cr, Ni は濃度が高く、ピークも比較的容易に観察された。Mn はやや低濃度であったが、感度の高い元素なので、ppb オーダーでもある程度の精度は保たれた。ICP-MS で Co のピーク形状は比較的明瞭に示されたが、結果は、ややばらつきが目についた。Co は安定同位体が59のみであり、遷移金属が多く含まれる試料では干渉を受けやすいことが理由と考えられる。一方で、Pb は全てのサンプルで検出され、安定した結果が得られた。Pb は高質量であり、特殊なレアメタル以外はほとんど干渉しない点が有利に作用したと推察される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】微量有害元素、重金属、簡易測定、ナノ粒子、検出紙、膜濃縮、環境測定、眼視検出

【研究題目】グローバル COE プログラム「材料イノベーションのための教育研究拠点」

【研究代表者】水谷 亘（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】水谷 亘、篠田 渉、下位 幸弘、塚越 清美（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

国際的な研究拠点を構築するため、研究環境を整備し、海外から研究者を招聘した。

(1) 2011年10月3日より11月30日の間、Shanghai Institute of Applied Physics より Zhang Wei 氏を招聘し、鉄 (Fe) ナノクラスターへの窒素分子 (N₂) の吸着に関して理論的な研究を行った。金属微粒子の持つ触媒作用の解明のため、3-6原子からなる Fe クラスターに N₂が結合するエネルギーを計算し、Fe₃N₂において報告されているよりも低いエネルギーを持つ構造を見いだした。

(2) 2011年11月30日より2012年1月18日、University of Texas at Dallas より R. J. K. Udayana Ranatunga 氏を招聘し、平衡状態の溶液を取り扱う基礎となる多数の微粒子の衝突を計算する手法 (Multi-Particle Collision) の研究を行った。通常、溶質の振る舞いに興味があるので、溶媒分子の動力学は効率的に計算する必要がある。しかし、溶質近傍の溶媒分子だけが相互作用するような近似では、すべての分子を相互作用させた計算と比較して結果が異なってしまう。そこで、溶質からの距離に応じて4つのゾーンに分け、相互作用の近似を変える手法など検討した。

(3) 有機薄膜デバイスの研究拠点として使用している多元蒸着装置を用いて、高分子有機 EL 素子の作製法に関する開発を行った。2011年10月11-15日、韓国で開かれたディスプレイに関する国際会議で招待講演をした。前年度に招聘した学生と最近の進捗の情報交換を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】拠点化、人材育成、国際協力

【研究題目】ナノテク・先端部材実用化研究開発／マイクロ波による金属薄膜の形成及びそのパターン化技術の研究開発／導電性付与技術

【研究代表者】竹内 和彦（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】竹内 和彦、長畑 律子、原中 正行、土井 芳子（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

マイクロ波加熱により金属粒子含有インキの印刷パターンへ導電性を付与する基盤技術の開発をめざし以下の検討を行った。

まず、銀粒子および銅粒子含有ペースト塗布フィルムのマイクロ波吸収特性を測定した。銅系、銀系はそれぞれ見かけの誘電率が2.8および2000以上で、銀系がマイ

クロ波を良く吸収することが分かった。これは銀系ではジュール損失が大きいので、ジュール加熱によりインキ部分のみを選択的に加熱できることが分かった。

次いで、アプリケーション内部の電磁波分布を検討し、これを精密に制御することにより放電を生じずにインキ部分のみを選択的に加熱する方法を見いだした。さらにこれを拡張することでより大面積を均一に加熱できるとの目途も得た。

さらに、銀粒子系ペーストフィルムおよびアルミニウムフィルムをもちい様々なパターンを描いたフィルムを分布制御した電磁場中で焼成を行った。その結果、導電パターンの幅により焼成しやすさが異なり一部にムラがでることが分かった。そこで、アプリケーション内での配置や導電性等を調節することで改善し、本プロジェクトの目標である $10\text{-}6\ \Omega\cdot\text{cm}$ を達成、大面積化の目途を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロ波、導電パターン、ナノプリンティング

【研究題目】 革新炭素繊維基盤技術開発

【研究代表者】 児玉 昌也（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 児玉 昌也、羽鳥 浩章、曾根田 靖、吉澤 徳子、山下 順也、入澤 寿平、丸山 勝久、常名 美穂子、有馬 住子、柴野 智子、山田 裕之（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

炭素繊維（CF）は我が国が世界市場の約7割を占める国際競争力の非常に強い高付加価値素材であり、省エネルギーや環境保全などの社会的ニーズに応えることが大きく期待されている。CFを用いた複合材料は、航空機等で燃費向上のためにすでに実用化されており、今後自動車を始めとする新たな分野への使用拡大が確実視されている。現行のCF製造方法は、消費エネルギーとCO₂排出量がいずれも鉄の約10倍に達し、生産性も高まらないことが大きな課題である。これを解決し、我が国のCFの国際競争力を維持・強化するために、本研究においては、酸化工程を必要としない全く新しいCF原料（前駆体高分子化合物）の探索・設計および合成を行い、紡糸特性に優れた高分子化合物を開発する。

初年度は炭素原料として優れた特性を示すことが期待される高分子化合物を設計し、その合成を行うとともに炭素化の特性と基礎的曳糸性について検討を行った。その結果、窒素原子を含む縮合多環芳香族系ポリマーが酸化工程なしに高い炭素化収率を示し、さらに簡易紡糸も可能であることが判明しCF原料として有望であることを見出した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 炭素繊維、耐炎化、炭素化、ポリアクリロニトリル（PAN）、炭素繊維強化プラ

スティック（CFRP）

【研究題目】 計算物質科学技術推進体制構築の「産官学連携」の推進（平成23年度高性能汎用計算機高度利用事業『「戦略プログラム」分野2新物質・エネルギー創成』）

【研究代表者】 浅井 美博（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 浅井 美博、石橋 章司、大谷 実、小西 優祐、篠田 渉、中村 恒夫、宮本 良之（常勤職員6名、他1名）

【研究内容】

計算シミュレーションを中核としたオープンイノベーションに関する認識を共有する為の、産官学連続研究会を2回開催した。（電子材料分野は半導体産業の困窮で難しい局面に立たされているが、この分野における技術開発拠点をどの様に残すか、またそれにアカデミアがどの様に係るかの議論を通じて、それらの議論の結果を反映した連続研究会を1度開催した。また、材料科学分野における産業界と学会の連携の現状をしるために産官学連続研究会を1度開催した。併せて2回。）産官学連携協力機関（産総研）において、事業部等からの受託研究2件、企業内計算シミュレーション従事者へのプログラム・ノウハウ提供型の共同研究数件などを新たに立ち上げ産学連携活動を推進した。本委託研究においては計算シミュレーション・プログラム利用の産業普及を目指しているが、その活動を通じて、それに適したプログラムとその現状性能を評価・検証する為の最低限の動作・実行環境を手元に置く必要が生じ、その為の備品（財産）の取得を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 計算シミュレーション、次世代スパコン「京」、産業応用

【研究題目】 植物CO₂資源化研究拠点ネットワーク

【研究担当者】 坂西 欣也、遠藤 貴士、美濃輪 智朗、柳下 立夫、藤本 真司（バイオマス研究センター）（常勤職員5名）

【研究内容】

本テーマは、生産性が高くかつ工業原料として利用しやすいバイオマス育種および育種されたスーパーバイオマスからバルクおよびファイン化学品の高効率生産を行うための研究拠点ネットワーク構築を目的としている。利用性の高いスーパーバイオマスを開発するため、種々のバイオマス原料について材料として付加価値の高いナノファイバーへの変換特性や物性、複合材料化特性について評価する。

本年度は、植物体を湿式粉碎処理することにより得られる微細繊維の複合材料への応用性について評価するため、粉碎生成物の比表面積測定方法を検討した。乾燥試料のガス吸着法（BET法）による比表面積と水分散試

料を用いた NMR 法による吸着水の定量から算出される比表面積との比較を行った結果、水分散試料では濃度が数値に影響することが分かった。

トータルプロセスの経済性、環境性、社会環境への影響評価 (LCA) を行うために、スーパーバイオマス育種・栽培の対象データとして、今年度はユーカリの産業植林におけるインベントリデータおよびバックグラウンドデータの収集を行った。苗生産、地拵え、植付け、栽培 (育林)、伐採・収穫、輸送の各段階のデータを整理し、GHG に対して栽培段階における肥料投入の影響が大きかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】スーパーバイオマス、ナノファイバー、複合材料、LCA、GHG

【研究題目】計算材料科学「研究支援」の推進

【研究代表者】香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】香山 正憲、田中 真悟、

Vikas Sharma (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

計算材料科学分野における高性能汎用計算機の活用のための各種計算技術の構築、融合、普及を推進し、計算材料科学技術推進体制の構築を支援し、これにより独創的な成果の創成を推進し、プロジェクト全体の戦略目標の達成に貢献する。具体的には、第一に、計算材料科学分野における重要課題である内部組織など複雑構造の第一原理計算を高い並列効率で実行するために、産総研で開発されているソフト QMAS のテストや調整作業を行った。名古屋大学の FX1機など、「京」と類似した方式の大規模並列機において、金属系材料の粒界・界面を中心に各種テスト計算を進めた。第二に、複雑な粒界・界面・欠陥の安定性や力学応答を分析する手段としての「局所エネルギー・局所応力計算法」の解析プログラム開発など、周辺の分析プログラムの開発・整備を行った。第三に、内部組織のある複雑な誘電体を効率的に扱えるマルチスケール手法である feram コード (東北大) について、並列化・最適化の作業を行った。第四に、会合や勉強会を組織し、計算材料科学分野における各種計算技術の構築、融合、普及を推進する活動を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大規模第一原理計算、次世代スパコン、計算材料科学

【研究題目】残留性有機フッ素化合物群の全球動態解明のための海洋化学的研究

【研究代表者】谷保 佐知 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】山下 信義、山崎 絵理子

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

温暖化問題・オゾン層破壊・越境汚染など地球環境問題の焦点となることが多い残留性有機フッ素化合物群 (PFCs) について全球挙動を理解するための海洋化学的な統一概念を構築する。具体的には、炭素鎖長や修飾基により様々な物理化学的特性を有する PFCs について、「水溶性」・「揮発性」の有機フッ素化合物の大気・海水間挙動・環境内構造変換も含めた環境動態を全球的に明らかにする。特に従来は生物濃縮・環境汚染化学的アプローチがほとんどであった有害化合物研究を、放射性・元素トレーサーも用いた伝統的な海洋化学的視点から展開・検証することで、地球化学と環境汚染化学の垣根をとりはらった高度に学際的な知見の蓄積を目指す。本年度は、水溶性 PFCs 分析法の高精度化と揮発性 PFCs の高感度分析法の開発を「大気試料低温捕集装置」試作品を用いて行った。開発した分析法を実際の調査航海で検証し、次年度の改良へつなげた。また、国外研究者と共同で外洋海水試料中 PFCs について共同分析を行い、現状で最も分析が困難な外洋環境試料についてどのような精度管理要件を満たせば分析値の相互比較が可能になるかについて検証し、ドイツ、米国、中国と連携し、本研究成果を地球規模モニタリング標準調査手法として国際的コンセンサスを取る基盤が確立できた。また、PFCs 超微量分析の精度管理要件の一般普及するための一般講演会を開催し、PFCs 専門家以外の参加者からも活発な質問を得、環境研究総合推進費の「国民との科学・技術対話」精神に適した成果普及・パブリックコメント評価体制が構築できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】残留性有機フッ素化合物、PFOS、トレーサー

【研究題目】大気環境物質のためのシームレス同化システム構築とその応用

【研究代表者】近藤 裕昭 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】近藤 裕昭 (常勤職員1名)

【研究内容】

都市スケールにおける発生源推定を実施するのに用いるシンセシス・インバージョンを AIST-MM を用いて実施するにあたり必要なコード整備を行った。また、現バージョンでの基本的パフォーマンスをチェックするため、2011年1月上旬の関東地方を対象として二酸化炭素の輸送・拡散計算を実施した。気象研究所構内およびゾンドを用いた実測データと比較した結果、植物活性の弱いこの時期について、植物活性のスイッチを切った計算では実測と計算結果は比較的良好一致をみた。現バージョンは陸域生態系からの二酸化炭素放出・吸収について夏期を対象としたパラメータを用いている。このため全季節に対応できる方法について検討した。また長期間の計算に必要な気象データ、境界条件の整備を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】GOSAT、二酸化炭素、AIST-MM

【研究題目】「光コムを用いた空間絶対位置超精密計測装置の開発」の一部「大気揺らぎ補正法の開発」

【研究代表者】美濃島 薫（計測標準研究部門）

【研究担当者】美濃島 薫、寺田 聡一、新井 薫、
Wu Guanhao（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

パルス間干渉計の長距離測定のために、光源と干渉計装置を可搬型にするための技術を開発した。基本波のCOMの繰り返し周波数、及びオフセット周波数の制御系の最適化によって機械的安定性を高め、アライメント敏感性を減少させた。さらに、第2高調波発生光学系を簡略化して安定性を高めると同時に、非線形結晶の温度制御を改良して出力安定性を高めた。

産総研光学トンネルが東日本大震災による被害を受け、修理工事のために使用できなくなったが、光路長約60 m の遅延光路を設計・作成して長距離特性の評価実験を行った。色収差の影響の少ない反射光学系を用いて、伝搬ビームの広がりを最適化し、伝搬後に干渉信号が取得できる波面精度を実現した。

さらに、繰り返し周波数を調整して、パルス間干渉信号が取得できることを確認し、干渉縞信号の安定性を評価し、長距離に対しても大気揺らぎ限界の安定性を実現した。また、パルス間干渉計を長距離化した際に、信号強度の変動が大きくなり検出される位相信号に誤差が生じることが問題となるため、新たに2波長のヘテロダイン検出法を用いて高精度に干渉位相信号を取得する技術を開発した。ヘテロダイン検出法を用いた隣接パルス間干渉計を構築し、干渉信号の安定性評価を行い、干渉計装置に改良を加えてドリフトの影響を除去し、2色の位相差として標準偏差0.77 nm の高い安定性を実現した。さらに、隣接パルス間ヘテロダイン干渉計において、気温、気圧、湿度などの環境パラメータの変動と干渉信号の変動の相関を調べ、両者が0.1 ppm より良い精度で一致することを確認した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光コム、光周波数コム、ファイバレーザ、空気揺らぎ、長さ計測

【研究題目】セキュリティ回路の研究開発および磁界計測実験の実施

【研究代表者】佐藤 証

（情報セキュリティ研究センター）

【研究担当者】佐藤 証、片下 敏宏、堀 洋平、
青柳 昌宏（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究開発は、電磁波計測技術を高度化し、LSI の偽

造、改ざん、情報漏洩といった脅威に対するセキュリティ対策及び評価手法を確立するため、以下の4項目を研究テーマとする。

(1) 電磁波解析攻撃耐性評価技術の高度化

LSI の局所的な電磁波形を計測するため、高性能な磁界プローブを開発する。特に、LS プロセスによる直径数十 μm オーダーの微小磁界プローブと、レーザー干渉により高精度で暗号 LSI 上を走査するスキャナも開発し、サイドチャンネル攻撃の高度な評価手法を確立する。

(2) 不正に挿入された回路の検出

FPGA をメインターゲットに LSI の内部動作情報を盗み出す Trojan 回路を実験用実装し、磁界計測によって不正回路が挿入された状態を検出するための技術開発を行う。

(3) 異常動作の検出

LSI の異常動作箇所を特定するために、磁界プローブとスキャナによって LSI の磁界強度マップを作成し、正常品との磁界マップの比較によって異常箇所を特定する技術の開発を行う。さらに、Trojan 回路によって熱暴走させられるような LSI 全体の異常な挙動を検出する技術の開発と同時に、正常品の LSI の信頼性の向上を目的として、電力や電磁波をモニターすることで劣化による挙動の大きな変化を検出し、LSI が故障する前に警告を発するなどの用途への応用も検討する。

(4) 偽造 LSI の非破壊検査

正規品 LSI の電磁波形のプロファイルを製造・検査時に取得しておき、流通経路で製品の電磁波形プロファイルと検査・比較することで、非破壊で偽物や不良品を検出する技術の開発を行う。また、この目的に特化して、プロセスに大きく依存した特徴的な電磁波形を発生する専用回路の開発や、電磁波形のプロファイルとマッチングのための信号処理アルゴリズムを検討する。

23年度は、前年度に設計した微小磁界プローブ用の LSI を試作し、高性能スキャナで利用可能な磁界プローブの形状に加工し、性能評価を行った。そして、その評価結果を次世代プローブの設計にフィードバックした。また、スキャナの機構改良とチューニングにより1 μm オーダーで自動計測ができる実験環境を構築すると同時に、制御ソフトウェアと磁界分布作成ツールを開発した。Trojan 回路に関しては、サイドチャンネル攻撃に益な情報を含む電磁波を発生させる方式および秘密情報導出の効率的なアルゴリズムを開発し、それらの有効性を SASEBO-GII 上の実験により検証した。さらに、Trojan 回路が混入可能なことを、FPGA の回路構成データを書き換えてエラーチェック機構をパスさせる実験により実証した。真贋判定用の電磁波生成回路としては、リングオシレータベース

のフィードバック回路の性能評価を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 電磁波解析、磁界プローブ、模造 LSI、不正回路、誤動作、Trojan 回路、サイドチャンネル攻撃標準

〔研究題目〕 大規模耐震シミュレーション結果の利活用技術に係わる調査

〔研究代表者〕 手塚 明（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 手塚 明、澤田 浩之、高本 仁志、綾 信博（常勤職員4名）

〔研究内容〕

大型プラントのものづくりで必要とされ、実験では不可能な詳細かつ一体的な耐震シミュレーション技術（丸ごとシミュレーション技術）の結果の利活用技術に関する調査研究を行う。これにより、原子力施設等の大型プラントにおいて設計用基準地震動に対する安全余裕を一層合理的に設定する方法の確立に貢献し、安心・安全社会の構築に資することを目標としている。

研究進捗状況：

重要な要素技術の一つとして、シミュレーション結果の利活用技術に関する基礎的な調査研究を行い、シミュレーション結果の利用先の一つとして、地震 PSA（Probabilistic Safety Assessment：確率論的安全評価）を念頭においた FTA（Fault Tree Analysis：故障の木解析）の活用が有効であることを文献調査により示した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 耐震設計、大型プラント、大規模シミュレーション

〔研究題目〕 太陽光発電システムにおける信頼性向上のための遠隔故障診断に関する技術開発

〔研究代表者〕 大関 崇

（太陽光発電工学研究センター）

〔研究担当者〕 大関 崇、加藤 和彦、高島工（常勤職員3名）

〔研究内容〕

目標：

日本国内で大量の導入が見込まれる太陽光発電（PV）システムがその目的を果たすためには、設備の故障を低コストで検知し必要な対応を行う仕組みが必要である。そこで PV の発電データを通信回線経由で取得し、それを設備仕様や気象データなどと組み合わせて遠隔故障診断を実現する技術開発を実施した。

本研究では家庭用 PV システムに新たな計測装置を追加することなく、パワーコンディショナからの発電データをインターネット経由で送信し、データを遠隔診断サーバのデータベースに蓄積して故障診断を行うことを目的としている。実際に故障が検知された際にはあらかじめ

め決められた連絡先に通知して対応を促す。このような一連の業務を実導入するために必要な業務要件とシステム要件を検討した。

遠隔診断手法においては故障を日陰や天候による出力低下から区別することが重要である。ストリングごとの電流と電圧と気象庁の提供するデータを用いて故障を診断する手法を開発し、実際に模擬故障を発生させた PV システムの実測データを用いて手法の有効性を検証した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、太陽光発電、エネルギー、環境、性能評価、信頼性評価、システム

〔研究題目〕 「神縄・国府津－松田断層帯における重点的調査観測」浅海域での国府津－松田断層の活動様式の解明

〔研究責任者〕 丸山 正（活断層・地震研究センター）

〔研究担当者〕 丸山 正、岡村 行信（常勤職員2名）

〔研究内容〕

小田原市酒匂から中郡二宮町にかけての相模湾北西海域に設けた10測線（延べ測線長約43km）でウォーターガンを音源とする高分解能マルチチャンネル音波探査を実施し、海面から往復走時で最大約0.9秒までの深度における海底地質構造をイメージングした。その結果、海岸線から約2km 沖合までの測線では、陸域で認定されている大磯丘陵西縁を限る国府津－松田断層主断層の走向延長部において、同断層の存在を示唆する反射面群の不連続が認められた。ただし、より南の二宮海底谷を横切る測線では同断層は不明瞭になる。一方、国府津－松田断層上盤側（東側）に分布する二宮海底谷および大磯海脚北西部では、北東－南西～東北東－西南西方向に軸をもつ褶曲群が認められ、その一部では最終氷期に形成されたとみられる海脚頂部の海食台にも変形が及んでいる可能性がある。相模湾北部の地殻浅部では、本州弧に対する伊豆弧の北～北西進による衝突・斜め沈み込みに伴う歪みが国府津－松田断層などの相模トラフ軸に平行な構造だけでなく、トラフ軸方向と直交する構造によっても解消されている可能性がある。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 高分解能音波探査、海域活断層、国府津－松田断層帯、相模湾

〔研究題目〕 海底の地震性堆積物を用いた地震発生間隔の研究

〔研究代表者〕 池原 研（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 池原 研、荒井 晃作、佐藤 智之（常勤職員3名）

〔研究内容〕

東北地方太平洋沖の海域において海底堆積物を採取し、2011年東北地方太平洋沖地震による海底の変動に伴って形成された堆積層の特徴を把握し、海底堆積物コア中の

斜面崩壊堆積物の認定とその堆積年代の決定から、2011年以前の地震発生履歴の検討を行うことが本研究の目的である。この目的のため、海洋研究開発機構の「みらい」による MR12-E01航海に参加し、日本海溝底での海底堆積物採取を行った。その結果、表層堆積物には2011年の地震によると考えられるタービダイトが確認された。これは明瞭な基底と極細粒砂から上方に細粒化する構造を持ち、最上部に珪藻軟泥を乗せるユニットから構成され、このようなユニットが複数累重する構造を持っていた。これは一つの地震イベントにおいて、複数の混濁流が時間をおいて日本海溝に流れ込んだことを示唆する。同様な構造はピストンコア試料のより下位の層準にも認められ、過去の地震イベントを示す可能性が高い。

【分野名】地質

【キーワード】海底堆積物、地震性堆積物、2011年東北地方太平洋沖地震、タービダイト、日本海溝、古地震

【研究題目】希少金属代替材料開発プロジェクト／Nd-Fe-B 系磁石を代替する新規永久磁石の実用化に向けた技術開発

【研究代表者】尾崎 公洋

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】尾崎 公洋、高木 健太、中山 博行

(サステナブルマテリアル研究部門)、

安岡 正喜、砥綿 篤哉、杵鞭 義明

(先進製造プロセス研究部門)

(常勤職員6名)

【研究内容】

窒化鉄強磁性粉末の大量合成技術が確立されていないため、同粉末の焼結技術の開発に向けて、フェライト系ナノ粒子をコアに、シリカ系材料をシェルとして用いた、コアシェル構造ナノ粒子を合成しその焼結挙動を調査した。粉末に関しては、粒子サイズ、シェル層の厚さ、シェル層の結晶化率などについて検討を行った。また、磁場配向において高い結晶配向度を達成するための要素技術を検討した。また、作製したナノ粒子の焼結挙動を調べることにより、表面修飾技術と焼結性に関する関連性についての基礎検討を行った。これに加えて、これまで開発してきた、電場、力場、温度場を最適に制御できる複合場焼結技術を基に、窒化鉄ナノ粒子を低温で高密度に焼結する技術を開発するための基礎検討として、微小粒子操作真空装置を導入し、鉄系ナノ粒子を焼結型に投入する方法及びプレス条件による高密度化の可能性を見出した。さらに、電流を直接印加した場合の固化性および固化体の磁気特性についての基礎データを収集し、今後の緻密化に向けた焼結因子を明らかにした。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】磁石、希土類フリー、ナノ粒子、低温焼結、巨大磁気モーメント

【研究題目】希少金属代替材料開発プロジェクト／排ガス浄化向けセリウム使用量低減技術及び代替材料開発／高次構造制御による酸化セリウム機能向上技術および代替材料技術を活用したセリウム使用量低減技術開発

【研究代表者】多井 豊

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】多井 豊、尾崎 利彦

(サステナブルマテリアル研究部門)、

小淵 存、難波 哲哉、内澤 潤子、

古谷 博秀、篠崎 修、阿久津 将之

(新燃料自動車技術研究センター)

(常勤職員7名、他11名)

【研究内容】

省セリア材の開発においては、ゾルゲル技術を活用して、セリア、セリア-ジルコニアもしくは、第三成分を添加した材料、および、それらをアルミナナノファイバー表面に均一分散させた新規材料を作製した。その結果、セリア成分のみで、基準セリアに比べて20~30%、また、複合系においては、7倍程度も高い酸素吸蔵放出特性 (OSC) を有する材料の創製に成功した。実験室 XAFS 用の in-situ セルを作製し、基準および調製触媒の500°Cでの酸化・還元による Ce 価数変化を調べた。その結果、基準セリアと開発材料では、後者の方が、水素処理による Ce の還元割合が、大幅に高いことが分かった。

粉体触媒試料の共通評価においては、本プロジェクトにおいて、各実施者により作製されるセリウム低減触媒の性能評価を行った。また、新規作製触媒の評価基準となる触媒の選定を行った。性能評価は、排ガスに含まれる窒素酸化物 (Nox)、炭化水素 (HC) および一酸化炭素 (CO) を同時に除去する性能 (三元触媒性能) を測定し、測定には5連触媒活性試験装置を用いて迅速に行った。評価基準触媒として 1%wtRh/CeO₂+2.5wt%Pd/Al₂O₃ (1:2重量比) を選定した。新規作製触媒の評価は、調製後ならびにエージング処理後 (10%H₂O/air、1000°C、20時間) の活性を測定し、基準触媒よりも活性が高い触媒を判定した。これにより、130あまりの新規作製触媒から、基準触媒よりも活性が高い触媒として3種類ならびに次候補触媒を10種選定した。

ハニカム触媒評価においては、触媒の評価条件を設定するため、実車のモード試験により現状のセリア含有排ガス触媒による排ガス浄化特性を3サンプル以上計測評価し、触媒の基礎特性評価に有益なデータを取得した。具体的には、シャシダイナモによる実車の10-15モードおよび最新の JC08モード走行を用い、触媒の上流と下流での排出ガス成分濃度を時系列的に測定することによって、過渡を含めたさまざまな排出ガス条件での既存触

媒の性能を評価した。これらのデータから粒状触媒や第2スクリーニングでの小型ハニカム触媒等の評価方法について、触媒の評価に最も重要な温度条件や排ガス条件を検討提案した。

更に、本プロジェクトで開発された新しい触媒の実車試験として、特に有望な数種類のハニカム触媒を対象として、実車を用いた JC08モード試験により実使用条件下での評価を行い、時系列的に測定された浄化率から各触媒のメリットとなる特性の評価を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造・環境・エネルギー

【キーワード】 セリウム使用量低減、三元触媒、酸素吸蔵放出特性、実車触媒性能評価

【研究題目】 超高压法による高水素吸蔵材料の合成などに関する研究

【研究代表者】 竹市 信彦

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 竹市 信彦、清林 哲、北村 直之

(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

超高压合成法を用いることにより、通常の条件下では化合物等を形成しない系においても、化合物相や水素化物を合成することができる。本事業では、Mg-遷移金属（アルカリ金属、軽金属、遷移金属）系に超高压合成法を適応することにより、新規 Mg 系水素化物を探索する。更に、超高压下という極限環境下において合成された新規物質の特性評価と放射光などを利用した新物質の精密構造解析、及び、水素貯蔵機構の解明を系統的に行い、高密度水素貯蔵材料の設計指針の確立を目的としている。

本年度は、Mg-Zr 系に対して、第3元素としてアルカリ金属元素を添加し、超高压下で水素化物の合成を行った。Mg-Zr- (Li, K) 水素化物の結晶構造は面心立方構造であるが、Mg-Zr-Na 水素化物では、Na 濃度が高濃度になると面心立方構造から Ca_7Ge 構造に結晶構造が変化することが分かった。高压合成法により得られた Mg-Zr- (Li, Na, K) 水素化物は、可逆的に水素を吸蔵・放出することを確認した。更に、水素放出温度が、Mg-Zr 水素化物、及び、 MgH_2 と比較すると、それぞれ約15K程度と約90K程度低下した。

高輝度放射光を用いた結晶構造解析の結果から、Mg原子と水素原子間距離が長い水素化物ほど水素放出温度が低下しており、結合距離と水素放出温度に相関がある。この知見を基に、結合距離を任意に調整することにより、水素放出温度を制御できる可能性があり、水素貯蔵材料の設計指針の一つになると考えられる。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、超高压合成、水素貯蔵材料、放射光

【研究題目】 IMS による土壌由来カビ検出データベース構築

【研究代表者】 木内 正人

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 木内 正人 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

イオンモビリティースペクトロメトリーを用いて土壌由来カビの代謝物のうち揮発性有機物を検出してカビの種類・生育状況を判断するソフトウェアを開発することを目標とする。本年度は開発したソフトウェアに対して、新たに測定するカビのデータを入力し、正答率の測定を行った。実際に測定されたカビ臭のスペクトルを入力し、そのカビの種類や生態学的特徴を判断させ、正答率を集計した。その結果、GC/MS によるデータ、および IMS によるデータをソフトウェアに投入し、4種のカビについては、正答率が100%であることを確認した。得られた結果を解析し、ソフトウェアの改良につなげ、ソフトウェアを完成させた。

IMS などの臭気判別装置へ用いることができる、臭気濃縮装置の改良を行った。数種の重合度の異なるポリジメチルシロキサンを配合し、エックス線照射による光重合を行うことにより硬化させた。これを用いて濃縮が10,000倍以上となることを確認した。また、濃縮装置から IMS 装置に導入するためには、途中の配管内面に再吸着される可能性があるため、加熱機構を有する導入系を試作した。さらに、エバネッセント場による分子検出法へ応用するための濃縮チップを作製した。これに香水、アセトン、アルデヒド、ジオスミンなどを吸着させ、検出が可能であることを確認した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 カビ、微生物由来揮発性有機物、イオンモビリティ

【研究題目】 クリープ疲労試験に基づく劣化損傷評価技術の開発

【研究代表者】 鈴木 隆之

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 鈴木 隆之、原田 祥久、中住 昭吾

(常勤職員3名)

【研究内容】

「もんじゅ」および実用炉で用いられる構造材料のクリープ疲労試験を実施し、マイクロキャラクタリゼーションによる劣化損傷評価法を開発し、クリープ疲労における劣化・損傷過程を解明することを目的とする。平成23年度は、平成22年度に整備したマイクロキャラクタリゼーションシステムに走査型プローブ顕微鏡非磁性スキャナを設置して磁気特性の高感度化を行い、クリープ疲労損傷試験片の結晶粒径オーダーの微小領域における磁気力顕微鏡像を観察した。さらに、透過型電子顕微鏡によりクリープ疲労の劣化損傷の転位組織の観察を行い、

磁気力顕微鏡像と比較し、磁気特性変化と組織変化の相関性について検討した。SUS316FR 鋼の溶接部においてはクリープ疲労損傷の進展とともに残留磁束密度が低下すること、また、これは磁気力顕微鏡観察により δ -フェライトの減少に起因することがわかった。さらに、高クロム鋼の溶接部においてはクリープ疲労損傷の進展とともに磁気特性が母材と同様になること、これは磁区構造が変化することと対応していることを見出した。

本研究は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託研究として、平成23年度「もんじゅ」における高速増殖炉の実用化のための中核的研究開発」において国立大学法人福井大学が受託し、独立行政法人産業技術総合研究所が国立大学法人福井大学から再委託を受けて実施した成果である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 もんじゅ、高速増殖炉、オーステナイト系ステンレス鋼、高クロム鋼、クリープ疲労、マイクロキャラクタリゼーション

【研究題目】 TLR3リガンドを介した新規 RNA アジュバントの開発

【研究代表者】 Penmetcha Kumar

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 Penmetcha Kumar、西川 富美子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

ウイルスの2重鎖 RNA が1型インターフェロンを誘導すること、それによってウイルス性肺炎を併発した肺がん患者のがんが退縮することは良く知られている。麻疹ウイルスでは特に遺伝子治療用のベクターも作製され、効果が査定されている。本研究では種々の麻疹ウイルス RNA 配列を *in vitro* 合成し、インターフェロン誘導能を査定する。(本研究は、国立大学法人北海道大学大学院医学研究科瀬谷研究室からの受託研究である)

研究計画：

産総研では麻疹ウイルスの2重鎖 RNA を大量に *in vitro* 合成する。In vivo での実験に用いるため LPS が混入しない精製方法を検討する。

年度進捗状況：

麻疹ウイルスの特定部分を *in vitro* transcribed RNA amplification method という T7 promoter の増幅系を用いて一度に200 μ g 回収する方法を確立した。必要量は20mg であるため、100回繰り返す必要がある。現在収量を上げる工夫を行っているが、同時に内毒素 (LPS など) の混入を防ぐことが必須なので方法論の改善を試行している。産物の構造予測は適切なソフトウェアで行い、安定性との相関を検出する系を作成中である。なお、合成 RNA のインターフェロン誘導活性をマウス細胞で

測定したところ、外から加えただけでは殆ど活性がない、とのことであった。原因を考察し改良を加えた系を今後検討する。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 dsRNA、インターフェロン、自然免疫

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

【研究代表者】 近藤 裕昭 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】 保刈 和也、亀卦川 幸浩、井原 智彦 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

将来の都市気温の上昇は人間健康に悪影響を及ぼすことが懸念されているが、都市気温と睡眠障害や疲労といった軽度の人間健康との関係は分かっていない。そこで、名古屋市における気温と人間健康の関係を定量化するために、2011年8月に自記式質問票を用いた社会調査 (インターネット調査) を実施した。同時に、気象庁・名古屋市による気温観測のほか、産総研中部センターに測器を設置して温湿度を観測した。取得データを解析したところ、0時の気温が29.3 $^{\circ}$ C以上になると、睡眠の質が悪化することが判明した。また、気温が上昇するにつれ、寝苦しさだけでなく、だるさ・疲労感や熱っぽさといった自覚症状を訴える割合も増大する傾向が分かった。名古屋市・多治見市の市街地を対象とした外気温熱環境モデルの地中水分輸送モデルについて、地表面に入る降水とその輸送過程および熱収支に関する改良を進めた。外気温熱環境モデルで使用する街区パラメータについて、名古屋市および多治見市について既存データより作成を行った。人工排熱量について気象庁の手法を元にして名古屋市・多治見市を含む周辺の領域について作成し、これらのデータベース化を行った。これらのデータを使用して名古屋市街地および多治見市街地における温熱環境の試算を行った。両市の市街地について最高気温はおおむね再現することができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 都市の温暖化、健康影響、名古屋・多治見地区、温熱環境

【研究題目】 重点地域研究開発推進プログラム (育成研究) 「活性酸素を利用したディーゼルパティキュレートセンサの開発」

【研究代表者】 兼松 涉 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 西田 雅一、深谷 治彦、兼松 涉、田中 智子 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究開発は、排ガス中の浮遊粒子状物質 (パティキュレートマター: PM) 濃度のその場計測が可能な全固

体センサの実用化を最終的な目標とする。この PM センサはディーゼル車の排気マニホールド内に設置できるように小型サイズ化が必要で、センシング性能を持つことと、機械的な安定性などモジュールとしての信頼性を向上させることの両方が必要になる。平成23年度においては、昨年度までに行った固体 NMR スペクトル及び緩和時間測定に加えて、固体電解質に対して水分や熱などの外部要因を与えて、それらによる変化を解析することで、材料の信頼性向上のための情報を得ることを目標とした。

電解質を構成するピロリン酸スズ (SnP_2O_7) に対して水分を加えると、 ^1H MAS NMR の酸性プロトンのピークは強度が増大するとともに酸性度が低下し、加湿条件下で熱を加えても、同様に酸性プロトンの強度は増大するが、加熱しない場合には逆に酸性度が増加することが分かった。また、 ^{31}P MAS NMR による解析を行った結果、水分添加によりピロリン酸 $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ が遊離し、このピロリン酸からオルトリン酸 H_3PO_4 が生成することがわかった。それに対して、加湿条件下で熱を加えた場合は、ピロリン酸を経由することなく直接オルトリン酸が生成することがわかった。一方、多孔質の焼結体である SnO_2 を出発原料として作製した $\text{SnP}_2\text{O}_7\text{-SnO}_2$ コンポジットにおいては、水分添加や加熱によるオルトリン酸やピロリン酸の生成が見られないことを、 ^1H MAS NMR や ^{31}P MAS NMR により確認した。すなわち、 $\text{SnP}_2\text{O}_7\text{-SnO}_2$ コンポジットが、バルクの SnP_2O_7 と比較して、実作動条件下での信頼性がより高いことが確認された。以上より、PM センサとしてピロリン酸スズ (SnP_2O_7) など固体電解質を使用する際には、外部要因による酸の発生を抑制するようなコンポジット化が、信頼性の向上のために有効な方法であることがわかった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 ピロリン酸スズ、ドーパント、焼結体、プロトン導電性、固体 NMR

【研究題目】 ナノピラー・ナノウォールによる1分子分離・解析技術の開発

【研究代表者】 吉田 康一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 片岡 正俊、八代 聖基、山村 昌平、阿部 佳織、石川 満、福岡 聡、大槻 荘一、田中 芳夫、伊藤 民武、Biju. Vasudevan、平野 研、M. S. Kiran (常勤職員10名、他2名)

【研究内容】

目標:

当部門では、馬場教授が分担するサブテーマの内、がん原発巣より超早期に血液中に分離する循環がん細胞 (CTC) の分離・分析技術開発、および急性腎障害マーカーで尿中に放出される極微量タンパク質、ミッドカインを高感度で検出・同定する技術開発を分担する。

研究計画:

CTC はがん転移の超早期診断に有効で、がん原発病巣除去手術後のがん転移の可能性に関して効果的な予知診断が可能になる。これを実現するため、当部門が有する一細胞レベルでの機能解析が可能な細胞チップを CTC 検出へ応用する。また、ミッドカインのような極微量タンパク質を非蛍光標識で検出・同定できる可能性を有する、表面増強ラマン分光 (SERS) の細胞表面分子検出への応用を検証する。

年度進捗状況:

酸素プラズマで表面処理した直径105 μm のマイクロチャンバーを2万個有する細胞チップを利用して、チップ当たり約180万個の白血球を単層にマイクロチャンバー底に配列させることが可能となった。さらに白血球中に混在する癌細胞を特異的に検出することで CTC 検出技術の基盤を確立した。ヒトリアルサンプルでも白血球の効率的な細胞チップ上での展開が可能となっており、CTC の特異的検出のための条件出しを行っている。また、SERS 分光では、詳細な分子官能基の情報が得られるため細胞表面タンパク質分子を SERS スペクトルとして超高感度に識別できる可能性がある。今回、細胞表面のモデルとして酵母に着目した。その結果、細胞周期と同期して発現する SERS スペクトルを発見した。SERS 分光法と阻害検定を組み合わせることで SERS シグナルの起源を探索した。その結果、細胞壁の β 1,3 グルカンに結合している Pir タンパク質が有力な候補であることを突き止めた。本結果は SERS を用いた超高感度な細胞表面タンパク質分子識別技術に繋がる。他にもピロリ菌や大腸菌などの単一細胞 SERS 検出に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 循環がん細胞、急性腎障害、がん転移、細胞チップ、表面増強ラマン散乱

【研究題目】 三次元 LSI デバイス積層実装のための低ダメージ・ダメージレス複合ウエット加工プロセスとその高品質・低コスト製造装置の開発

【研究代表者】 青柳 昌宏

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、菖蒲 一久、井川 登 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

本研究では、高品質・低コストな 3 次元 LSI デバイス積層実装プロセスを量産レベルで実現することを目指して、低ダメージ・ダメージレス複合ウエット加工プロセスとその製造装置の開発として、「①ウエットエッチングによるシリコンの薄化」、「②レーザー・マイクロジェットによる Via 孔形成」、「③ウエットエッチン

グによる Via プラグ出し」の研究開発を実施した。①については、エッチング液の HF : HNO₃ 混合比の最適化、ウエットエッチング装置の構造改善により、エッチング速度 927 $\mu\text{m}/\text{min}$ の高速エッチング、エッチング量の面内均一性 2.1%を実現した。また、抗折強度の測定評価とエッチング面の断面 TEM 観察により、エッチング後のダメージが小さく、薄化によるデバイス特性劣化がないことを確認した。②については、レーザー・マイクロジェット法の導入により、短時間 (50ms) での Via 孔加工に成功するとともに、断面 SEM 観察により、Via 形成後のダメージが小さいことを確認した。一方、加工条件が最適化できず、Via 孔加工の最小径は 50~57 μm であった。また、Via 孔形成後に、ゲート酸化膜絶縁不良モードのデバイス特性劣化が確認された。これの原因は、ウォータージェットに絶縁性の高い純水を用いたことによると考えられる。③については、アルカリエッチング液の組成を最適化することにより、速度 3.64 $\mu\text{m}/\text{min}$ (平均値) の高速エッチング、エッチング量の面内均一性 2.75%を実現した。また、Cu プラグの断面 SEM 観察により、プラグ出し加工のダメージが小さいこと、および、プラグ出し加工後において、Via と Si の間のリーク電流が小さいことを確認した。一方、オージェ電子分光分析により、プラグ出し加工後に、Cu 微粒子が Si 表面に微量残留することがわかった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デバイス、LSI、プラグ出し加工

【研究題目】加工最適化機能を有する CFRP (CFRTP) 高精度加工システムの開発

【研究代表者】尾崎 浩一

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】尾崎 浩一、碓井 雄一、岡根 利光

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

CFRP (炭素繊維強化プラスチック) は炭素繊維をマトリックス樹脂により保持した複合材料であり、軽量・高剛性・高強度という特性を活かして航空機や自動車の分野で金属材料との代替が進められている。CFRP を機械部材として使用するためには締結用の穴加工やトリミング加工などの機械加工が不可欠であるが、CFRP は切削抵抗の変動が著しく、局所的な切削温度上昇に伴う工具摩耗や加工面の熱損傷が生じるなど、機械加工が困難である。とくに、リサイクルでき、生産性の高い CFRTP (マトリックスに熱可塑性樹脂を使った CFRP) は切削熱による界面接着強度の低下や切屑の溶着、顕著な層間剥離発生などがあって機械加工が極めて困難である。

本研究では、CFRP (CFRTP) の高能率・高精度加工を実現するために素材の材料特性及び加工特性を見直し、材料特性に合った加工条件を選択すると共に、その

加工を助長する専用システムの開発を目指している。今年度は、炭素繊維の配向による加工メカニズムの違いを明確にして加工品質の向上を図るために、種々の切刃形状の工具による二次元切削実験をおこない、炭素繊維の方向と加工面の品質・加工力の関係等を明らかにした。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】CFRP、CFRTP、切削加工、切削工具

【研究題目】環境対応型先進無人飛行機 (UAV) 用ジェットエンジン部品の開発

【研究代表者】岩田 拓也 (知能システム研究部門)

【研究担当者】岩田 拓也、北川 憲樹

(常勤職員1名、他1名)

【研究題目】

目標：

戦略的技術高度化支援事業の目的に従い、ジェットエンジンの開発技術を通して中小企業の技術を高度化し産業をサポートするための開発力と実用化のための技術を研鑽する。

研究計画：

2011年3月~2011年9月

年度進捗状況：

2011年2月にプロジェクト開始。3月11日に東日本大震災被災後、研究機材をつくばから新潟に移設。6月にパリエアショーに開発部品を出展し、7月からエンジンアセンブル開始。8月18日にエンジン始動に成功し、25日プレス公開。9月にプロジェクト終了後、10月26日に東京ビックサイトの東京国際航空宇宙産業展2011にて出展展示し、ジェットエンジンの動作デモンストレーションを実施し、静音ジェットエンジンの静音性を来場者の前で実証した。本研究は、産総研の技術移転により7ヶ月の短期間でジェットエンジンを開発したと同時に、地域の中小企業で評価・試験から設計にフィードバックし新型を生み出し続ける開発ループを構築した。参加企業は、YSEC 株式会社、有限会社小林製作所、佐渡精密株式会社、株式会社ジェイシーエムの4社。新潟大学と新潟県工業技術総合研究所の協力により、地域での開発協力体制を構築した。ジェットエンジンは、30dB もの低騒音効果を有する産総研の静音ジェットエンジンを技術移転し、圧縮タービン動翼・静翼等にマグネシウム合金、中心管にチタン合金などを多用することにより、従来エンジンと比較し32%もの軽量化に成功。排気タービンは難削材である耐熱合金インコネルを使用し、新潟県工業技術総合研究所の高速切削技術の技術移転により、研磨したような表面の排気タービンの製作に成功。高速で回転するジェットエンジンの高精度加工技術、高精度アセンブル技術、高精度バランス計測技術なども高度化し、推力測定装置などの開発も行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ジェットエンジン、無人飛行機、高速切

削加工

【研究題目】平成22年度補正予算事業地域イノベーション創出研究開発事業（ヒト iPS 細胞誘導ツールシステムの開発）

【研究代表者】五島 直樹（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】五島 直樹、井上 麻里、松本 知子、田中 卓（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

ヒト iPS 細胞のニーズは再生医療にとどまらず、医学、創薬、診断等に広がっている。しかし、現状の iPS 細胞誘導技術は専門研究者の経験に依存しているため、iPS 細胞の利用は限定的である。iPS 細胞誘導技術の競争は国際的に激化しており、いつでも、誰でも、どこでも、iPS 細胞誘導を可能にするツール、良質な iPS 細胞コロニーの識別システム、分離・回収に必要なマイクロ流体制御技術の開発は極めて重要であり、これを可能にするツール開発を目標とした。

本研究開発では、固相遺伝子高効率導入法、iPS 細胞誘導増地・剥離技術などによる安全で高効率な iPS 細胞誘導とともに、マイクロ流体制御および細胞画像ソフトウェアによるプロセスの自動化により、ヒト iPS 細胞誘導ツールシステムを開発することを目指した。

iPS 細胞誘導に関わる付加的遺伝子候補を数多く選択し、エピゾーマルベクターを基礎とする発現プラスミドを構築し、iPS 細胞誘導を行った。iPS 細胞誘導用プラスミドベクターの遺伝子発現プロモーターの特性を一細胞ごとに評価して、導入遺伝子を適切なタイミングで発現させるためのプラスミドの開発も行った。一方、iPS 細胞判定技術として、良質 iPS 細胞コロニーを100%の精度で判別できるソフトウェアも開発を行った。さらに、流路付き固相遺伝子導入デバイスの基本構成を完成し、コロニー分別のためのマイクロ流体基板の開発を達成し、特許出願を行った。固相遺伝子導入デバイスをもちいたヒト HDF 細胞からの iPS 細胞誘導実験では、iPS 細胞様フォーカスが形成された。現在、フォローアップ研究としてヒト iPS 細胞誘導ツールの製品化を目指している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】iPS、促進因子、固相遺伝子導入、マイクロ流路、識別システム、iPS 細胞誘導ツール

【研究題目】平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業／産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン制御システムの開発

【研究代表者】小谷内 範穂（知能システム研究部門）

【研究担当者】小谷内 範穂（常勤職員1名）

【研究内容】

道路工事の自動化・情報化や屋外作業ロボットに必要な

となる高精度位置検出センサは現在2周波 RTK-GPS 装置が用いられているが、高価格が普及の妨げになっている。そこで「産業用移動機械向けに低価格で実現する高精度マシン生業システムの開発」では1周波 RTK-GPS 装置、モーションセンサ、工事情報サーバーなどを使った低価格普及型センサシステムを開発することを目標としている。

産総研では、これまでの2周波 RTK-GPS の情報処理と屋外建設機械の自律化の研究の実績を活かして、「モーションセンサによる1周波 RTK-GPS 情報の補間アルゴリズムの開発」および「移動局モーションセンサの開発」の一部を担当している。

平成23年度は、複数の2周波 RTK-GPS 受信機の情報と IMU（慣性航法センサユニット）と呼ばれる姿勢センサの情報を組み合わせてより細かい位置・姿勢情報を算出する補間アルゴリズムのプロトタイプを開発した。RTK-GPS 受信機2個の情報から、地球座標系での位置と方位を計測できるが、その計測頻度が10Hz と低い。また、建設機械のバケットやブレードなどの刃先を3次元的に制御するには姿勢情報が足りない。そこで、GPS の位置・方位情報をより細かい頻度で得られるように補間計算を施し、IMU の姿勢情報を組み合わせて、刃先の3次元位置情報をリアルタイムで求めるアルゴリズムの第1次モデルを開発した。移動局モーションセンサの開発に関しては、補間アルゴリズム実行に必要な情報を明らかにすることで、センサの設計に寄与した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】情報化施工、屋外作業ロボット、GPS、姿勢センサ

【研究題目】レーザー援用による金属電極形成方法の開発

【研究代表者】明渡 純（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】明渡 純、廣瀬 伸吾（常勤職員2名）

【研究内容】

半導体材料作製プロセスでは、酸化膜を形成したシリコンウエハ上に真空スパッタ法とフォトリソグラフィ法を用いて電極形成を行っている。これらの手法では多段階の工程が必要であり、パターン変更への迅速な対応が困難である。また、設備コストや消費エネルギーが高く、その低減が強く求められている。本研究では、パワーデバイス用の厚膜パターン形成技術として、レーザー照射を併用し、インクジェット法によりウエハ上に高精度なパターンを直接形成可能な新技術を開発し、従来技術と比べ工程数1/4以下、装置費用1/5以下、処理時間1/3以下、処理コスト1/3以下に削減することを目指した。

シリコン基板上での直接配線描画の結果、配線幅が約20 μm 、配線厚みで10 μm 、アスペクト比が0.5の配線パターンが得られた。また、4端子法により測定した比抵抗は2.4 $\times 10^{-6}\Omega\cdot\text{cm}$ であり、配線内部の断裂等の影響

を受けず、バルクで報告されている銀材料とほぼ同様の高品質のパターンが形成されていることが実証できた。これらの結果により、当初の目標であったインクジェットを用いることで、従来法に比べて工程数削減や製造エネルギー低減に目処がついた。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 レーザー援用インクジェット、微細配線、微細パターン形成、高アスペクト比

〔研究題目〕 高特性亜鉛新合金により製品実現する高効率生産可能な鑄造機と解析技術の開発

〔研究代表者〕 岡根 利光

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 岡根 利光、菖蒲 一久

(生産計測技術研究センター)

(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

目標：

亜鉛合金ダイカストは安価で精密な部品を大量に生産でき、近年、自動車企業、モバイル機器企業等からその強度特性の向上を強く求められている。攪拌による亜鉛合金組成の均一な制御、高温連続鑄造が可能な鑄造装置を試作・開発し、高特性亜鉛新合金の製品を実現する技術の確立を目的とする。

研究計画：

亜鉛合金の既存規格品に合金添加等によって改良を加えた材料の熱特性評価、凝固過程の組織観察を行い、凝固組織形成プロセスを検討した。これらの結果から、亜鉛合金の既存規格品の基本組成に対して合金添加した高強度亜鉛合金における添加元素の組織に及ぼす影響を検討した。

新合金の機械的・物理的性質を十分見極め、性能評価を正確に行うために、新合金の各種物性評価試験、材料組織観察及び衝撃試験を実施し、組織と試験結果から得られる特性の関連から有効な組成を検討した。

高温連続鑄造を可能にするチャンパー耐熱性の向上のために、合金溶液とチャンパー材料の主に基本成分に関する熱力学データベースを構築するとともに、相互の反応性を調べた。この結果により、亜鉛を主成分とする融液と鉄を主成分とするチャンパーとの反応のシミュレーションが可能になった。

〔分 野 名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 亜鉛合金、ダイカスト、高強度、組織制御、凝固

〔研究題目〕 知的クラスター形成に向けた研究拠点構築事業 沖縄生物資源の活用促進に向けた研究基盤の構築

〔研究代表者〕 新家 一男 (バイオメディシナル情報研究センター)

〔研究担当者〕 新家 一男 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

1. 生合成遺伝子異種発現技術の開発と天然化合物ライブラリーの構築

新規生合成遺伝子を取得するためには、既知の化合物対生合成遺伝子の情報を多く取得することが重要である。そこで、放線菌生合成遺伝子のうち、PKS および NRPS などの生合成遺伝子遺伝子に着目し、生合成遺伝子を同定・取得する方法を開発する。

第2世代 DNA シークエンサーである「454」を用いて、ドラフトシークエンスを行い、シークエンス情報および化学構造情報から生合成遺伝子を同定する手法を開発した。また、放線菌生合成遺伝子クラスターは100kbp 以上におよぶ巨大なクラスターからなるが、このような巨大な遺伝子クラスターを取得する技術として、BAC を用いた遺伝子クローン取得法を開発し、120kbp までの生合成遺伝子クラスターであればほぼ取得が可能な技術を開発した。

2. 生合成遺伝子異種発現技術の開発と天然化合物ライブラリーの構築

放線菌生合成遺伝子の発現と化合物生産は、遺伝子操作の容易な大腸菌を用いて行われてきたが、その生産量はマスマスペクトロメトリーで検出がようやく可能なレベルでしか生産できない。そこで、スクリーニングのライブラリーとして使用する化合物量を確保するため、放線菌をホストとする異種発現研究が盛んに行われてきている。本研究開発項目では、取得した放線菌生合成遺伝子クラスターを用いて、異種発現ホストにより化合物生産を行う。本年度は、環の大きさの異なる I型 PKS 生合成遺伝子からなる化合物数種に関して、異種発現生産を行った。

〔分 野 名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 放線菌ゲノム、生合成遺伝子クラスター、異種発現技術

〔研究題目〕 知的クラスター形成に向けた研究拠点構築事業 沖縄生物資源の活用促進に向けた研究基盤の構築

〔研究代表者〕 小池 英明 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 小池 英明、町田 雅之、小山 芳典、梅村 舞子、玉野 孝一、田邊 智美 (常勤職員5名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

本研究は、未利用の(亜)熱帯性由来の真菌が生産する代謝物から、抗真菌剤をスクリーニングし、次世代シークエンサーを主としたゲノム解析により、有用物質生産と関連した遺伝子情報を効率的に取得することを目指す。

研究計画：

(Ⅱ) 熱帯性由来の真菌の培養上清から、麹菌に対する生育阻害を指標にして、抗真菌性を示す化合物を生産する株とその培養条件を明らかにし、その培養上清に含まれる化合物群を質量分析などにより分析し、その化学構造を解析する。有用物質を生産する糸状菌数株のゲノム解析を実施し、有用物質の生産と関連する遺伝子の発現プロファイルの解析と合わせ、生産に必須の遺伝子の同定を目指す。

研究進捗状況：

真菌の代謝物から、麹菌の生育阻害を持つと期待される抗真菌剤をスクリーニングした。固体培養から得られる培養抽出液に限定した結果、麹菌の生育を60%以下に阻害するものが12検体(6.3%)あった。新規の代謝物を作る可能性が高い糸状菌9種を選定しゲノム塩基配列の決定を進めた。

次世代型シーケンサーによるゲノム解読を目的に、ゲノムDNAを調製し、5属5種のゲノムDNAを調製した。次世代型シーケンサーSOLiDを用いた解析の結果、1株についてde novoアセンブルを行い、1kbp以上のcontigが270個にまでつながった。このcontigの配列を基に、遺伝子領域を同定し、10個程度以上の遺伝子が並んだ塩基配列情報を得られた。

また、次世代シーケンサーを用いて、【有用物質生産時および非生産時】の遺伝子発現プロファイルを得た。得られた配列データを、contigの塩基配列データと解析し、17,611,949 - 29,890,712個のマッピングが得られ、遺伝子ごとの発現数のデータに変換して解析できた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ゲノム解析、糸状菌、抗真菌化合物、二次代謝、遺伝子、情報科学、次世代型シーケンシング、有用物質生産

【研究題目】平成23年度地域イノベーション戦略支援プログラム(都市エリア型)岐阜県南部エリア事業/可能性試験/感温性やけど防止シートの開発

【研究代表者】浦田 千尋
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】浦田 千尋
(常勤職員1名)

【研究内容】

やけどを防止する上で、温度の“見える化”は有効な方法の一つであり、温度変化にตอบสนองし、瞬時に外観が明瞭に変化する素材の利用が効果的である。本研究では、上記素材の開発を目的とし、シリコンマトリックス中にシリカナノ粒子が均一に混合した、感温性やけど防止シートを開発した。

本シートは、まず液相でシリカナノ粒子(<100nm)表面を水素で終端されたシリコンで被覆し、その後、この複合体をビニル終端のシリコンおよびKarstedt's

触媒と混合し、ヒドロシリル化反応により作製した。シリカナノ粒子とシリコンは、異なる屈折率変化の温度依存性を示すため、本ハイブリッドシートは80℃を境に可逆的な可視光透過率変化を示した(透明<80℃<白濁)。また、分子量の大きなビニル終端のシリコンを用いると、ハイブリッドシートの可とう性が向上し、繰り返し折り曲げても(180°)、割れやヒビが発生しないことを明らかにした。さらに、原料にビニル基を有するフッ素系アルキルシランを混合することで、ハイブリッド表面のはっ水/はっ油特性が格段に向上し、汚れ防止機能の付与にも成功した。合成方法が簡易であるため、大面積化や手袋状への成型も容易であることから、調理、滅菌等の作業時のやけど防止へ貢献すると期待できる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】温度応答性、調光材料、有機-無機ハイブリッド、はっ水/はっ油

【研究題目】平成23年度地域イノベーション戦略支援プログラム(都市エリア型)岐阜県南部エリア事業/モノづくり技術とITを活用した高度医療機器の開発の一部「耐穿刺性・潤滑性を有するカテーテルの開発」

【研究代表者】穂積 篤
(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】穂積 篤、チェン・ダルトン、
浦田 千尋(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、高分子重合による薄膜形成技術(ポリマーブラシ状薄膜)や多層薄膜形成技術を応用して、耐穿刺性・潤滑性の優れたカテーテルを開発することを目標としている。

本年度は、昨年度までの成果をもとに、SiO₂マトリックス中に硬質アルミナナノ粒子が高濃度、均一充填された皮膜を実際のカテーテル素材にコーティングする技術を確立するとともに、その機械的特性の評価を実施した。具体的には、Polymethylvinylsiloxane(PMVS)を利用して、アルミナ(Al₂O₃)ナノ粒子表面に~2nmのPMVS膜を形成した後、PMVS液中に前記処理したAl₂O₃ナノ粒子(~6wt.%)を添加し攪拌処理した。続いて、このナノ粒子含有溶液にKarstedt触媒を添加し、カテーテル素材(ウレタンやナイロン)上にスピニングキャストした。最後に環状有機シラン(D₄H)の蒸気と反応させ膜の架橋を促進させた。得られた皮膜は硬度だけでなく、優れた可とう性を示し、大きくU字に曲げてもクラックや剥離は確認されなかった。なお、耐穿刺性特性評価として連続摩擦試験を実施したところ、従来品(未処理品)と比べ、約8倍以上の耐久性を達成した。また、バルーンカテーテル製品に本技術の処理液を適当な条件でコーティングすることにより、製品形状への応

用が可能であることがわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 耐穿刺性、潤滑性、カテーテル、低温形成、酸化シリコン (SiO₂)、アルミナナノ粒子

〔研究題目〕 低コストなタンパク質の精製を実現するための装置開発

〔研究代表者〕 巖倉 正寛

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 巖倉 正寛、広田 潔憲

(常勤職員1名、他6名)

〔研究内容〕

大量生産時代に従来の少量生産の手法を適応して限界を呈したクロマトグラフィー技術に対して、プロセスの基本である単位操作に回帰して生まれた革新的な技術シーズを元手にして破壊的な価格競争力をもった分離・精製プロセスの開発、提供を研究開発の目的に、吸着クロマトグラフィー法によるタンパク質の分離・精製におけるコストの低減のための技術開発としてクロマトグラフィーの連続化を達成するための装置を開発することを目標とした研究開発を行った。

タンパク質の分離・精製コストが低減できない最大の原因が「連続操作」の困難性であることから、既存のバッチ操作のクロマトグラフィーを連続的に作動させることで、操作時間を短縮し、必要クロマト充填剤(担体)を大幅に削減し、充填剤のディスポーザブル使用を可能にしてコストの大幅な低減に貢献できる「連続プロセス型液体クロマトグラフィー装置」の開発を行った。カラム開発企業および装置開発企業と共同して、2本の並列カラムのカラムスイッチによるクロマトグラフィー操作の開発及びその操作プログラム開発により、抗体などのタンパク質試料を連続注入するだけで、カラム・クロマトグラフィーによる精製を行わせるクロマトグラフィー装置の開発に成功し、その商用機としての実現に貢献した。開発した装置は、共同研究企業である株式会社ヤナコ機器開発研究所より販売されている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 クロマトグラフィー、連続操作、タンパク質分離、低コスト生産、実用化

〔研究題目〕 麴糖化技術の革新による新規天然食品原料の開発

〔研究代表者〕 上垣 浩一(健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 上垣 浩一、中村 努(常勤職員2名)

〔研究内容〕

京都伝統の食品製造技術「製麴」を利用し、米をベースにした新規食品工業用甘味原料を開発する。開発する食品原料は通年で安定供給が可能となるように粉末、濃厚なシロップとすることで保存性の向上を目指す。ま

た製麴を利用する事で麴生産に清酒製造業で問題となっている過剰設備を利用することで製造コストを縮減できる。本研究開発は夏季遊休となる清酒製造設備、製麴技術及び先端食品加工技術である食品用酵素による糖化技術を活用することにより、国産米を原料とした(1)機能性(糖化酵素)麴粉体原料、(2)高濃度糖化液の製造技術を開発し、工業用汎用食品原料として展開を図る。この目的達成のため、複数の研究機関や企業、大学が本研究開発に参加し共同で研究開発を行った。本開発には麴糖化の際、麴の酵素活性を簡便に測定する手法が必須である。そこで研究代表者らは麴を用いたシロップ作製の際の麴菌糖化酵素活性測定や測定法の開発を行った。まず酵素活性の測定のためにイオン交換樹脂を用いた簡便な麴抽出液の処理法を新たに開発した。従来では一晚必要であった調製時間を1時間以内で調製する事が可能になった。また糖化温度が60度近くになるため高温で麴活性を測定するため耐熱酵素(ヘキソキナーゼ・グルコース6リン酸脱水素酵素系)を利用した測定系を新たに開発した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 麴、発酵、米シロップ、糖化、酵素、活性

〔研究題目〕 真空封止技術を利用したモジュール運動型電子ペーパーの製造

〔研究代表者〕 川本 徹(ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 川本 徹、渡邊 浩、野田 恵子、杉山 泰、川上 正美

(常勤職員1名、他4名)

〔研究内容〕

本事業では、基板に電解質層と封止材を印刷もしくは塗布した後に、真空中で貼り合わせる ODF 法をエレクトロクロミック素子の製造に適用します。これにより、強力な電解質閉じこめが可能となり、素子としての耐久性が向上します。また、その方法で得られた複数の素子をモジュール化し、モジュール毎に駆動回路を設置した上で、モジュール間を運動させて電子ペーパーを構築します。これにより、様々な形状の電子ペーパーを同じ枠組みで製造できるようになります。本年度については、UV 硬化樹脂に大きさのそろったビーズを混ぜることで、貼り合わせ時のゲル電解質層厚を簡単に制御することが可能となり、生産性が大きく向上しました。また、電解質塗布をディスペンサからスクリーン印刷に変更することで、生産性を大きく向上させました。さらに、真空貼り合わせ時の真空にする時間を調整することにより、耐久性の向上が可能であることを明らかにしました。これは、真空中に素子をおいた際に、電解質に含まれる成分が揮発することで、電解質の組成が変化し、耐久性に影響を与えることがあることを見いだしました。これらの技術を協力企業に技術移転し、量産が可能となるよう進

めています。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 プルシアンブルー、エレクトロクロミック、電子ペーパー、真空

【研究題目】 航空機用 CFRP の高効率な非回転型加工技術の開発補助事業—ワーク（被切削CFRP）の切削面ダメージ評価テスト—

【研究代表者】 加納 誠介

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 加納 誠介、兵藤 行司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

設計製作した加振機付工具保持治具を用いて加工を行い、加振機付工具保持治具の剛性や加工状況を比較することを目的に、以下の実験を行った。試験片には1軸45度と90度傾斜繊維をもつ CFRP を用い、加工のダメージを測定するため設計した試験片形状に加工した。実験に用いた工具は一般超硬工具である。実験に用いた工具のすくい角は30度、45度、および60度である。

これまでの実験結果をまとめると、設計した加振機付工具保持治具は片持ちとなり、剛性が不足していると考えられる。振動測定の結果もそれを裏付け、すべての方向に振幅を持つ振動をしていた。これまでの条件では破損していた加工条件（加工速度5,000mm/min、切込み量0.5mm、ピッチ1mm、円弧侵入、工具すくい角60度）において、工具破損が発生しないことがわかった。一方向 CFRP 材で繊維方向が工具の進行方向に対して垂直に位置している場合で加振を行わない場合は、同一方向材で45度順目に配置した場合と同様、工具の欠陥がなく、摩耗も少ない加工が実現できた。そこで、この条件に2,360Hz の加振を行い、工具に欠陥が発生するかどうかを調べた。その結果、工具欠損が初期に多点で発生したことがわかった。工具が衝撃的に破壊した大規模破損ではないが、小さなチッピングが多く、刃面で認められた。また、これに伴い工具摩耗も発生していた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 非回転工具加工、CFRP 切削加工

【研究題目】 ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置の開発

【研究代表者】 青柳 昌宏

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】 青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、菊地 克弥、原 史朗、井川 登

（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

3次元積層 LSI では、複数の良品 LSI チップをシリコン基板貫通電極と微細パンプを用いて積層させるため、

従来の LSI に比べてシステム性能向上と消費電力低減が可能である。産業技術総合研究所が提唱しているミニマルファブ方式（サイズ0.5 インチ(=10mm 角)の基板と居所クリーン化技術を核とした多品種・少量生産方式)による、3次元積層 LSI/デバイスの開発・製造ライン構築が期待されている。本提案では、ミニマルファブ方式での3次元積層 LSI/デバイス製造ラインの構築に必須となるデバイス検査装置を開発する。この検査装置は、ミニマルファブ仕様 LSI チップの積層前後の機能・良品検査に用いられる。

平成23年度は、デバイス検査装置計測部として、パーソナル超小型デバイス検査装置技術に PXI バスモジュール技術を組み合わせて、ミニマル3次元積層 LSI/デバイス製造ラインに対応したデバイス検査装置計測部の設計を行い、ミニマルファブ装置規格（幅30cm、奥行き45cm、高さ144cm）に収納可能とする仕様とした。検査機能には、電源5系統、チャネル数128、各チャネル電圧、電流測定可能とし、2種類のタイミング計測機能も追加した。設計した計測部に加えて、プローブ部と接続するためのポゴリングやテスト基板も試作した。

デバイス検査装置プローブ部として、ミニマル3次元積層 LSI デバイス製造ファブに対応したデバイス検査装置プローブ部の設計を行った。(1) 積層前のミニマルファブ仕様（10mm 角）LSI チップの薄膜端子（100 μ m 電極ピッチ程度）に対応したプロービング技術、(2) ミニマル3次元積層 LSI/デバイスのシリコン基板貫通電極へのプロービング技術（50 μ m 電極ピッチ）として、2種類のデバイス検査装置プローブ部の設計を行い、ミニマル3次元積層 LSI/デバイス製造ファブ対応のデバイス検査装置プローブ部を試作した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 3次元 LSI 積層、検査、プローブ

【研究題目】 食の安全に貢献する高感度・迅速細菌検査システムの開発（平成23年度地域イノベーション創出研究開発事業）

【研究代表者】 大庭 英樹

（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】 大庭 英樹、松田 直樹、宮崎 考徳

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

食中毒リスクは社会不安の潜在的要因であり、その低減には、高感度、迅速、安価、簡便かつ菌の同定ができる画期的な測定方法やキットの開発と商品化が求められていた。

本研究の目的は上述の性能を満足する CdSe/SnZn/TiO₂ 複合微粒子を構築し、食品検査用の免疫クロマトシステムを構築することである。この製品により、出荷やサービスの段階で、食中毒を起こすリスク判断を迅速・簡便・安価に提供できる。このため、次のような目

標を基に研究開発を実施した。

①CdSe/ZnS 量子ドットを TiO₂ 被覆すること、②細菌を捉える抗体分子を効率良く複合粒子 (CdSe/ZnS/TiO₂) 上へ固定化し、キットとして使用できるように最適化を行う、③簡単な近紫外線照射装置を作成し、検体を用いて感度的な見極めを行い、キットとしての最適化を図る。

本研究開発により、次のような成果を得ることができた。

- ① 量子収率が70%の CdSe/ZnS の合成方法を確立した。
- ② 上記 CdSe/ZnS を SiO₂、TiO₂で被覆し、ポリエチレングリコールで修飾することにより、輝度、分散性、安定性に優れた量子ドットの合成方法を確立した。
- ③ 上記量子ドットによる ELISA 系では既存技術であるラテックスの1000倍以上の感度が達成できた。
- ④ 上記量子ドットと免疫クロマトグラム用の部材と組み合わせにより簡易検査システムの試作品を作成した。
- ⑤ 腸管出血性大腸菌の毒素、抗原に対するポリクローナル抗体・モノクローナル抗体の作製を行い、これらは従来品よりも高い性能を示した。

今後、補完研究を進めつつ、食品検査市場への事業展開を進める予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 量子ドット、酸化チタン、免疫クロマトグラム、食中毒、腸管出血性大腸菌、ポリクローナル抗体、モノクローナル抗体

【研究題目】 新規なナノインク用貴金属ナノ粒子製造方法の開発

【研究代表者】 松田 直樹

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

水溶液等の液中で直流、交流、パルス状の高周波やマイクロ波を用いてプラズマを発生させるソリューションプラズマ (solution plasma : SP) 法は、電源と電極があれば SP を発生することができ、基本的には原材料代と電気代程度しか必要がないため低価格なであり、また金属ナノ粒子 (NP) 合成に際して還元剤等を用いる必要がないため低環境負荷である。我々は既に貴金属を電極として SP を発生させることで直接電極から貴金属 NP を合成することに成功し、ソリューションスパッタ法と称している。この方法では分散剤を添加しなくても金(Au)NP が数週間にわたって分散した状態を保っている事が特徴である。粒径が10~20nm 程度と比較的小さい AuNP の合成が可能のため貴金属ナノインク調製に応用すべく研究開発を行った。

Au 電極を発生電極として5%過酸化水素水中で SP を生じさせた。印可したパルス電圧の条件は、周波数が

20kHz、パルス幅が2μsec、一次電圧が110V である。SP 発生後すぐに溶液が透明から赤ワインの様な赤紫色に変化し始め、徐々に濃い色へと変化した。溶液中には過酸化水素と水しか含まれていない。

Au ナノ粒子の TEM 観察から金ナノ粒子は直径が10~20nm 程度で、平均粒径は14nm であった。この Au ナノ粒子分散水溶液の調整では分散剤を使用しない。しかし、Au ナノ粒子分散水溶液として4週間程度安定に存在していた。それ以上経過すると徐々に集合して容器の底に沈殿することが観察された。紫外可視域の吸収スペクトルを測定しても4週間程度、結果は大きくは変わらなかった。

また、5分間の SP 発生で15mg 程度の AuNP が合成できたことから、単純に計算すると1時間で180mg、24時間では約4g 程度の AuNP が合成できることが示された。

【分野名】 計測・標準

【キーワード】 ナノインク、貴金属ナノ粒子、ソリューションプラズマ

【研究題目】 プラズマエッチング実機評価による導電性プラズマ耐性材料開発

【研究代表者】 上杉 文彦

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 上杉 文彦、福田 修、笠嶋 悠司、鍋岡 奈津子 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

半導体製造の高スループット化に伴うプラズマのハイパワー化や腐食ガスの活性化が進み、プラズマエッチング装置チャンパー内部の部材は、一般的に使用されている酸化アルミニウム (Al₂O₃) やアルマイト系材料よりも、耐性の強い酸化イットリウム (Y₂O₃) 系材料が注目されている。しかし、これらの材料は緻密焼結体を得ることが難しく、また溶射皮膜体においても十分な強度が得られていないため、パーティクル発生の問題を十分に改善できていない。また、異常放電の原因となる装置内の帯電を解消するためには、内壁材および部材の導電化 (電気抵抗の低減) が求められ、Y₂O₃等の絶縁体セラミックスの導電化技術が必要とされている。導電性を有する高プラズマ耐性セラミックス部材の開発を目標とした。

実際のデバイス製造工程と同環境にてエッチング処理が可能で量産用プラズマエッチング装置を用い、開発材の優位性を確認するとともに、信頼性および実用性の高いプラズマ耐性評価データの蓄積をはかり、実用化 (製品化) までのスピードアップ化を図った。

Y₂O₃は通常 10¹⁴Ωcm の電気抵抗率を有するが、ジルコニウムセラミックスを添加して焼結条件を最適化することで 10⁷Ωcm という低い電気抵抗率を持ち、かつ Y₂O₃ と同等のプラズマ耐性を有する材料の開発を実現

した。さらに、昨今の希土類金属の入手困難さに鑑み、希土類を使用しない材料として酸化マグネシウム (MgO) へのカーボン添加によって $10^7 \Omega \text{cm}$ という低い電気抵抗率を持ち、かつ MgO と同等のプラズマ耐性を持つ材料の開発も実現した。

〔分野名〕 標準・計測分野

〔キーワード〕 オープンイノベーションスペース、プラズマ、エッチング、パーティクル、異常放電、導電性セラミックス

〔研究題目〕 電子デバイス用超平坦性ダイヤモンド基板の自動切削研磨技術開発

〔研究代表者〕 小倉 政彦 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 小倉 政彦、山崎 聡、牧野 俊晴、竹内 大輔、加藤 宙光
(常勤職員5名)

〔研究内容〕

本研究課題は、平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業 (経産省) におけるプロジェクトである (平成22~24年度)。ダイヤモンドはその並外れた物性から、次世代の革新的電子デバイスとして発光・パワー・耐環境・電子放出などの電子デバイスへの応用が強く期待され、研究開発が加速している。本研究開発では、電子デバイスに応用するために必須である、ダイヤモンド基板の超平坦性切削研磨において、大量生産とコストダウンに向けた切削研磨自動化の技術開発を行う。産総研では、今までの研究で培ってきた世界最高レベルの薄膜作製技術、特性評価技術を適用して課題を見出し、切削研磨技術開発にフィードバックする。平成23年度は、従来より研究に用いられている小さいダイヤモンド基板について、職人によるのではなく自動 (研磨機) で超平坦性切削研磨を実現するという目標をクリアした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 切削研磨、ダイヤモンド、電子デバイス、半導体

〔研究題目〕 ナノ構造と硬質ガラス薄膜を用いた機能性タッチパネル製造技術の開発

〔研究代表者〕 板谷 太郎

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 板谷 太郎、塩田 隆、

Gorwadkar Sucheta

(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

研究開発の目標は、原子層堆積 (ALD: Atomic Layer deposition) 法による防汚・撥水被覆技術の開発である。研究計画としては、ALD 装置の導入とプロセス高度化を行いナノ構造上に ALD 法による Al_2O_3 を用いて再現性のある均一成膜プロセスを確率し、次いで、ALD 薄膜材料として、含シランカップリング材料を用

い、原料ガスの供給条件や基板温度等のプロセス条件を最適化することにより、撥水性の基板表面を実現し、更には、ALD 法による TiO_2 系成膜技術の最適化を行い、光触媒作用による汚染防止機能の検証を行うことにある。年度進捗状況としては、加熱方式とプラズマ方式の両手法における ALD 法による Al_2O_3 に対するプロセス条件の最適化を行い、加熱方式に対しては均一性ばらつき1%以下を、プラズマ方式に対しては均一性ばらつき2%以下の均一性の優れた成膜技術を実現した。更には、ALD 薄膜材料として光触媒作用のある TiO_2 に対するプロセス条件の最適化を行い、加熱方式とプラズマ方式の両手法におけるプロセス条件の最適化を行い、加熱方式に対しては均一性ばらつき2%以下を、プラズマ方式に対しては均一性ばらつき3.5%以下の均一性の優れた成膜技術を実現した。

〔研究題目〕 LIBWE 加工法を用いた硬脆透明材料用レーザー加工装置の研究開発

〔研究代表者〕 新納 弘之 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 新納 弘之、佐藤 正健、奈良崎 愛子
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

産業技術総合研究所で開発された LIBWE 法 (レーザー誘起背面湿式加工法) は、国際的に注目される石英ガラス等透明材料のオンデマンド型迅速微細加工技術であり、微小な割れや欠けの発生が起りやすく難しい各種ガラス、サファイア等の硬脆透明材料の高精度表面微細加工を可能にする。当該研究課題では硬脆透明材料に社名ロゴや製造管理情報 (製造番号などの情報をコード化した DataMatrix や QR コード) をマーキングすることで製品の管理や高付加価値化を実現する加工装置の開発に取り組んだ。LIBWE 法ではガラス背面に色素溶液を配置してレーザーを照射するため、安価な固体レーザーの適用、最適色素溶液開発、加工部材搬送システム上で溶液充填や基材洗浄を行う液体取り扱い装置の開発が研究課題となった。平成23年度は、波長532nm のレーザー光源を用いた加工条件の設定、ならびに、装置開発に取り組んだ。実機での加工に用いることが可能な水溶液系の色素溶液を開発し、加工条件の最適化のため、過渡圧力測定を利用した高繰り返しパルス照射時加工挙動についての検討や、有限要素法による加工時の熱エネルギー分布シミュレーション検討を実施した。得られた加工条件に基づいて水溶液使用を前提とした各種透明材料の表面に高速、高精度のマーキングを行う製造装置が開発された。本装置は試料の搬送機構、溶液充填機構、レーザー照射部、洗浄機構により構成される。表面微細構造を最適化することにより、本装置でガラス上に刻印した QR コードは専用装置で読み取り可能となった。また、特定条件下で加工したロゴには虹色の干渉色が見られ意匠性にも優れていることが実証された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス
 【キーワード】高品位・高速レーザー加工、表面微細加工、レーザーマーキング

【研究題目】超並列集積回路上の画像処理組み込みミドルウェア開発による高度計測システムの実証

【研究代表者】戸田 賢二（知能システム研究部門）

【研究担当者】戸田 賢二、板谷 太郎
 （ナノエレクトロニクス研究部門）
 （常勤職員2名、他3名）

【研究題目】

最先端の画像処理集積回路を用いて、ミドルウェアプラットフォームを構築し、内視鏡の自動焦点補正システムと、レーザー走査イメージャでの実証試験と、波長以下の超解像イメージングの検証を目的とした実証開発を行った。

画像処理プラットフォームの構築においては、ルネサスエレクトロニクスの MX コアと呼ばれる最先端の超並列画像処理集積回路とそれを用いた設計環境の導入を行い、ライブラリの構築とプラットフォームの形成を行った。

プラットフォームの構築では、基本となるフーリエ変換、焦点補正、画像接続の基本ライブラリを整備するとともに、スクラッチ・スポット検出用に、エッジ抽出用の差分フィルタ・ブリューフィットフィルタ・ソーベルフィルタ・ラブラシアンフィルタ・ログフィルタの適用を行った。これらの画像処理時間は10m 秒以下であり、目標の100m 秒を遥かに上回る高速性が実証された。

内視鏡における自動焦点補正に関しては、内視鏡画像の焦点補正について、実際の手術画像に適用することにより、実用的な焦点補正画像が得られ、目標値を達成した。

レーザー走査イメージャの画像接続と検査に関しては、各種基板に対する画像処理評価を行い、その有効性を確認するとともに、目標値を達成した。さらに、通常の顕微鏡と比較して、視野領域を100倍以上にした対物レンズの試作を行い、テストチャートを用いて解像度試験を行い、設計どおりの良好な測定結果を得た。試作システムを用いてフィルムと PCB 基板の測定評価を行い、従来の性能を超える基板検査システムの実証に成功した。

超解像技術に関しては、半導体分野におけるフォトマスクの200nm レベルのパターン欠陥の検出、電子線露光法で形成された100nm レベルの金属配線の形状観察、細胞内の微細構造の検出等、多様な分野で、超解像画像処理技術の実証を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】超解像技術、焦点補正技術、画像処理組み込みミドルウェア、超並列集積回路、マトリックス型プロセッサ、MX コア、

内視鏡、フォトマスク、レーザー走査イメージャ

【研究題目】平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業「発酵乳製品副産物ホエー機能成分を活用した高齢者用人工唾液の開発」

【研究代表者】苑田 晃成（健康工学研究部門）

【研究担当者】苑田 晃成、小比賀 秀樹、垣田 浩孝
 （常勤職員3名）

【研究内容】

チーズやヨーグルトなどの発酵乳製品の製造中に大量に排出される、副産物ホエーは、唾液としての有効成分を多く含んでいるにもかかわらず、有効利用されず廃棄コストが必要であり、ホエーの有効利用が望まれている。本事業では、ホエーの有効成分を破壊することなく、老化、生活習慣病、薬の副作用、過労やストレス、免疫疾患、癌等で唾液分泌量が低下した人のための人工唾液を作成し、医薬品ではなく「飲料」として市場に提供し、手軽に購入出来るように、製品化するための技術確立を実施する。

そのため、共同研究体制を構築し、1) 余剰物質除去法の確立、2) ホエーの殺菌方法の検討、3) ホエーの粉末化の検討、4) 人工唾液の機能性評価、5) 飲料としての試作品作成およびユーザー評価の項目で分担研究を実施した。産総研は、岐阜大学の研究グループと共に、殺菌方法の検討を行った。

平成23年度は、原料ホエー及びその処理過程の細菌数を計測し、その後の製品製造工程の参考に資するための予備的検討を行った。

液状ホエー原料および各処理工程後液状サンプルの細菌数計測を行った結果、ホエー原料サンプルからは原液では一般細菌が ミリリットル中に10個前後、乳酸菌が710個から890個程度で検出された。処理工程後液状サンプルからは、それよりも少ない乳酸菌が検出された。また、どの処理工程後液状サンプルからも、大腸菌群、シュードモナス属の菌体は検出されなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ホエー、人工唾液、殺菌、一般細菌、乳酸菌、大腸菌群

【研究題目】平成23年度希少金属資源開発推進基盤整備事業（グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業）に係る再委託

【研究代表者】土田 聡（情報技術研究部門）

【研究担当者】土田 聡、松岡 昌志、山本 浩万、児玉 信介（常勤職員4名）

【研究内容】

レアメタルは工業製品製造等に必須の鉱物資源であり、グローバルな資源獲得競争が激化するものと予想される。一方、我が国は、レアメタルの大消費国でありながら国

内レアメタル資源に乏しく、その供給を海外からの輸入に依存しており、レアメタルの安定供給の確保が重要な政策課題である。

本事業は、レアメタル資源の代替供給地の早急な確保・安定供給確保に資することを目的に、リモートセンシングによる全球解析のためのプラットフォームの作成、全地球を調査対象としたレアメタルの賦存が期待される地域における集中的な衛星画像の解析、グローバル・リモートセンシング利用資源解析に係るシステム構築及びポテンシャルのあるレアメタル資源賦存有望地域の抽出・情報提供を行うものである。

産総研内では複数ユニットにまたがって研究開発を進めており、本部門では、ASTER データセット開発、資源・地質情報利用システムの開発、および、ASTER による粘土鉱物インデックスの検討を担っている。

平成22年度から26年度のプロジェクトの2年目であり、ASTER データセット開発については、一部を除くアジア域の ASTER/VNIR（可視近赤外放射計）データに基づく ASTER データのグローバルデータセット（独自技術による対象物認識がし易い天然色画像のモザイクマップ）を開発し、Open Geospatial Consortium（OGC）が定める標準的な Web サービス（WMS）で配信できるよう加工した。また、資源・地質情報利用システムの開発については、ユーザ要求に基づいた機能開発やユーザインタフェースの改良等を行った。データ検索・解析機能では、画面レイアウトを変更、地図上にマーキングを行う機能や ASTER GDEM を用いた地形断面図作成機能、ポリゴンで指定した範囲の面積を計算する機能を開発した。また、表示している地図を画像として保存する機能や、指定した緯度経度の地点に移動する機能など、操作効率を向上させるためのツールを開発した。さらに、これまでに本研究用に作成された各種データを追加登録し、加えて、海外の地質調査機関が提供している地質図の WMS サービスを本システム上で利用できるように改良を施した。ASTER による粘土鉱物インデックスの検討については、そのモザイクを作成する手法について検討し、全てデータ間の重複領域における頻度分布の差が最小となるように、各鉱物指標データのスケール、オフセットを最適化してデータ間の差を解消しシームレスなモザイクを作成する手法を開発した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】衛星画像、鉱物資源、資源開発、レアメタル、ASTER、

【研究題目】グローバル・リモートセンシング利用資源解析強化事業に係る再委託（その2）

【研究代表者】高木 哲一（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】高木 哲一、渡辺 寧、実松 健造、星野 美保子、昆 慶明、森本 和也、申 基澈、児玉 信介

（常勤職員5名、他3名）

【研究内容】

本事業は、地圏資源環境研究部門、情報技術研究部門および地質情報研究部門との分担で実施された。平成23年度は、当初ブラジル・トルコ中部にてリモートセンシングデータ（衛星 ASTER、PALSAR 画像）検証作業を目的とした現地調査を予定していたが、東日本大震災の影響に伴う実験室の被害などから、計画が大幅に変更された。現地調査はトルコ西部クズルジャオレン地域におけるデータ収集のみとし、平成24年3月に実施した。本調査では、カーボナタイトに随伴する希土類鉱物地帯を対象とし、また近傍の花崗岩・石灰岩地域でも参考データの収集を行った。収集した岩石試料について、野外および室内で分光反射率等の測定を実施し、さらに希土類鉱物の化学分析・鉱物学的解析を行い、同地域の衛星によるリモートセンシングデータとの対比を行った。また、カナダ・トロントで開催された鉱業大会 PDAC に2名を派遣し、レアメタル鉱床の世界的な開発状況に関する情報収集を行った。上記のほか、平成22年度に実施したチリ・アルゼンチン国境地帯調査にて採取し未実施だった岩石試料の化学分析・X線回折分析などを実施した。

また、ASEAN 鉱物資源データベースに関しては、ASEAN 各国の鉱物資源情報およびその開発、利用や輸出入等までも含んだ統合的な情報を提供する目的で、ASOMM（ASEAN 鉱物高級事務レベル会合）プログラムの下、インドネシア地質局を中心に作業が進められており、ASOMM+3（ASEAN+日本・中国・韓国）がそれに協力している。平成23年度は、6月にインドネシアにおいて、1月に日本において OGC（The Open Geospatial Consortium）標準に沿った地理情報および鉱物資源情報に関する講習会および研修を行った。2月にはタイにおいてアジア地質情報ワークショップを開催し、アジア鉱物資源データベースの現状と将来構想について発表及び意見交換を実施した。これらの事項は、現在整備中のデータベースのみならず、次世代の鉱物資源データベースの方針策定に関しても、十分な影響を与えるものであると思われる。

【分野名】地質

【キーワード】レアメタル、リモートセンシング、鉱物資源データベース、ASEAN

【研究題目】希少金属資源開発推進基盤整備事業に係る再委託（その2）

【研究代表者】浦井 稔（地質情報研究部門）

【研究担当者】浦井 稔、脇田 浩二、SAEPULOH Asep（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

衛星リモートセンシングデータ（ASTER TIR）を用いて、鉱物探査に役立つグローバルな地質インデックス

マップ、すなわち、石英指標(QI)、炭酸塩鉱物指標(CI)、苦鉄質指標(MI)をアジア及びヨーロッパについて作成し、その一部の地域について、既存の地質図と比較して、鉱物探査への有効性を評価した。ASEAN各国の構築した ASEAN 鉱物データベースを国際標準に則ったデータベースとして再構築するために、地質情報の国際標準化に関する研修を実施した他、新たなポータルを産総研内サーバ上に構築し、試験的に運用し、各国との意見調整を行った。さらにデータベースのコンテンツ増加を図るために、各国からデータベースの元になる現地語のデータを収集した。

【分 野 名】地質

【キーワード】リモートセンシング、衛星利用技術、地質インデックス、ASTER、希少金属、TIR、石英指標、炭酸塩鉱物指標、苦鉄質指標、ASEAN、鉱物データベース、国際標準

【研究 題 目】植物由来の機能性成分生成に利用するストレス負荷型装置のデータベース化の研究開発

【研究代表者】石田 直理雄
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】石田 直理雄、鈴木 馨
(常勤職員2名、他3名)

【研究 内 容】

植物工場で育てられたアイスプラントに高濃度で含まれるイノシトール類などの生物機能性をショウジョウバエを用い評価し、睡眠や寿命の予防医学的機能解析を行うことを目的とする。植物においてミオイノシトールはグルコース6-P よりミオイノシトール1-P 合成酵素により律速的に生合成される。アイスプラント (*Mesembryanthemum crystallinum*) においてもこの事は同様であるが、さらにこの律速酵素ミオイノシトール1-P 合成酵素が日内変動することが先行研究により明らかにされている。そこで今回アイスプラントのミオイノシトール類産生に及ぼす生物時計と光の影響を評価するために、アドバンスドアグリ K.K の植物工場で繁殖している条件下で、明暗条件を変えてミオイノシトールやピニトールの蓄積量の日内変動を検討した。初年度はアイスプラントのミオイノシトール類産生に及ぼす体内時計の影響について評価し、明け方にピニトール、ミオイノシトール共に産生量が増加する事を見出した。

さらに予防医学的評価として植物工場で育てられたアイスプラントパウダーの成分ミオイノシトールがパーキンソンモデル動物の寿命を延長したばかりか、はい上がり行動をも改善することを見出した。今後、アイスプラント抽出物やノシトール類の生物時計、睡眠、求愛行動リズムに対する影響を見る予定である。

【分 野 名】ライフサイエンス

【キーワード】ショウジョウバエ、生物時計、ノシトール類

【研究 題 目】高機能簡易型有害性評価手法の開発における培養細胞を用いた有害性評価法の OECD テストガイドライン化「免疫毒性試験バリデーション」

【研究代表者】中島 芳浩 (健康工学研究部門)

【研究担当者】中島 芳浩、近江谷 克裕
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

本事業は、化学物質のリスク評価・管理の効率的な実施のため、遺伝子導入、幹細胞分化誘導、遺伝子発現等の技術を培養細胞に活用して開発された高機能で簡易な有害性評価手法、特に免疫毒性予試験法を OECD テストガイドラインにするために必要な知見を整備することを目的とする。

本試験においては、毒性マーカー遺伝子である IL-8 のプロモーターと橙色発光ルシフェラーゼを、また内部標準用遺伝子である GAPDH 遺伝子のプロモーターに赤色発光ルシフェラーゼを連結したカセットを THP-1 細胞のゲノムに挿入した免疫毒性評価用多色発光細胞 (THP-G8細胞) を用い、コード化された LC001~LC010の10被試験物質について、指定のプロトコールに従い実験を3反復行い、各被試験物質に対する免疫毒性の評価を行った。被験物質の陽性あるいは陰性の判定は、プロトコールに規定された被験物質処理による IL-8および GAPDH の転写活性化あるいは転写抑制化の比から算出されるクライテリアにより判定した。その結果、コード化合物 LC007および009の2化合物が陽性、その他の8化合物については陰性と判定した。これらの結果は同時期に他の2機関で実施された試験結果とともに国際バリデーション会議において審議され、次のステージである Phase IIa を実施することとなった。

【分 野 名】ライフサイエンス

【キーワード】化学物質毒性評価、発光細胞、免疫毒性、ルシフェラーゼ、THP-1細胞

【研究 題 目】パワーデバイス用複合ウェーハの精密実装技術の開発

【研究代表者】板谷 太郎
(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】板谷 太郎、石井 裕之、
(常勤職員2名)

【研究 内 容】

研究目的は、パワーデバイス用複合ウェーハの開発について、接合・剥離剤の最適化設計と技術検証である。研究計画としては、剥離剤組成物に関しては、ポリイミド溶液とフィラーおよび発泡剤を主成分とし、接合剤組成物はポリイミド溶液とした。これらに対して必要とな

るポリイミド樹脂溶液の高度化、発泡剤とフィラーに関する最適化、接合・剥離温度に対する条件域の拡大を図る研究開発を実施した。年度進捗状況としては、平成22年度において観察された塗布時の大きな斑や塗布不良をなくすことが出来た。更に、塗布不良の原因を検討し、いずれの組成物も湿度による影響があり、組成物が大気中の水分を吸収することにより、溶解性の低下と、ポリイミド樹脂の析出を生じることが明らかとなった。この現象は、大気に試料が暴露される面積が大きいほど、かつ、膜が薄いほど顕著である。この結果、各組成物をウェーハ上にスピン塗布した際に、プロセス環境における湿度の影響を受け、塗布の塗り斑となって強く表れるか、延ばされる前に析出して、塗布不良となる。原因は、ポリイミド樹脂の溶媒への溶解性の低さに因るところが大きい。この不都合点を解消するために、組成物の最適化を行い、組成物の溶媒に対する可溶性の向上を図った。具体的には、ガラス転移温度を210℃ほどに維持して接着性を確保し、溶解性の向上を実現した。

【研究題目】高性能ディスプレイ用有機半導体の超臨界下合成技術の開発

【研究代表者】 物部 浩達

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 物部 浩達、清水 洋 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業に係る再委託研究である。液晶ディスプレイは鮮明な画像を提供するが、バックライトにより大電力を消費し、超大画面化には不向きである。近年注目を浴びているデジタルサイネージにおける大面積ディスプレイには電子ペーパーが省電力の観点から有利である。これらの電子ペーパーの駆動には半導体デバイスが必要であるが、薄膜大面積の点で高性能有機半導体が必要である。これらの問題を解決すべく、革新的技術である超臨界炭酸ガス下での有機機能材料の化学合成の基盤技術を確立することで高純度な有機半導体材料を合成し、高性能な有機半導体デバイスを作成できる高純度有機半導体材料の供給を目指す。また、有機半導体デバイス作成時において超臨界炭酸ガス処理を行うことで絶縁層との界面における有機半導体の構造を制御することによる新しい半導体デバイスの高機能化手法についての技術確立を行う。

平成23年度は、従来法による有機半導体材料の合成を行うとともに、これら有機半導体材料を用いたデバイスを産総研において作成し、電界効果トランジスタ特性の評価を行った。また、超臨界中での有機半導体合成の基礎的データの取得を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機半導体、超臨界流体、有機トランジスタ

【研究題目】将来技術先取り設計

【研究代表者】 手塚 明 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 手塚 明、玄地 裕 (安全科学研究部門)、近藤 伸亮、高本 仁志、綾 信博 (常勤職員5名)

【研究内容】

目標：

グリーンイノベーション価値創造に関わる将来の製品・システム群の設計について、ハード・ソフト等の将来技術を仮定(借り置き)し、LCA視点も含めた上でどのような製品設計が可能かを議論し、実際に開発及び製造する際に欠けている周辺技術は何か、どのような技術開発が可能か、これらを同時に議論する事で、近い将来に向けた有効な技術開発のブレークスルーを見出す事を目的とする。

研究進捗状況：

将来技術先取り設計の議論を行い、可能性のある将来技術及び実現化技術の見出しプロセス及び知見を蓄積すると共に、上流設計(機能設計)の思考プロセス、議論プロセス、必要なツールの機能等の要件整理を行った。具体的には、企業7社及び学術委員5名から構成される会議を計6回実施し、参加者から推薦のあった過去事例について開発当時の将来技術開発の視点でインタビュー調査を行い、それを基に将来技術先取り設計の分解議論を行い、それらの議論を取り纏めた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 将来技術、機能設計、価値創造

【研究題目】最大限の病変摘出と機能温存を両立するパルスジェットメスの開発

【研究代表者】 鷲尾 利克 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 鷲尾 利克 (常勤職員1名)

【研究内容】

外科手術では救命率の向上のみならず、低侵襲に、機能を最大限温存することの両立が求められる時代になった。精密操作を要する高難易度の外科手術で最大限の摘出を実現するためには、ハンドアプリケーションの小型化と病変に応じて多様性をもって、切開・剥離・破砕が可能であることが重要である。温存性に関しては組織選択性を持つことが最も重要である。

本研究では細管を液体で満たし液中にレーザをパルス上に照射し、間欠的に液滴を細管端から射出するパルスジェットメスを用いて、最大限の病変摘出と機能温存を両立することを試みた。具体的には、工学的知識を持たない一般ユーザが安全且つ快適にパルスジェットメスを使用できる状態になるよう最適化し、下垂体およびその近傍腫瘍で全国的に有数の症例数を有する7施設(6大病院)において臨床試験を開始し、効果、安全性、利便性の検証と適応の拡大、価格面を含めて他機器との差別

化を図り、外科手術用の新規の医療機器を創出することを行った。その中で産総研は、破碎効率を高めるために射出される液滴に最も効果を与えられるノズル先端の改良に携わった。

平成23年度の実績は以下のとおりである。まず、臨床で求められる性能を設定し、それを機器の性能に変換してノズルを設計した。具体的には既に行われている臨床研究および機器設計および性能試験の結果から、送液管とノズルの直径比および液滴の管軸方向の飛翔速度を変えずに液滴の飛翔範囲（面積）を倍にすることを臨床的に必要とされるパルスジェットのパルスジェットの性能と規定し、ノズル設計を行った。結果として、送液管内部のらせんの角度の調整と出力を連動させることで飛翔速度を変えずに飛翔面積を変化させることは可能であることが分かったが、今後の他科への応用を考慮しノズル径及び直径比を変更する場合、装置の最高出力との兼ね合いがあり、本事業での試作器が有する性能で十分か検討を要した。

更に、数値計算を用いて実機の評価項目に適合する指標（具体的には飛翔速度及び体積）を算定し、本事業前までに間欠ジェットの指標としてきた熱源であるレーザ強度との関係からノズル設計最適化システムを構築した。先に示したように、先行する送液管内部のらせん状の溝は組織破碎に有効に作用し、作成した設計システムではその効果を飛翔面積で評価することが可能であるが、現行のハンドピースの作成過程に工程を追加することとなり、価格上昇は否めない。工程が増加するノズルの設計・作成が適切に行われるためには増加する価格分を吸収できる適用先（科）に関する検討が必要不可欠であり、本事業で行う多施設共同臨床試験においては従来ノズル径および直径比のハンドピース作成が妥当であった。

ノズルの性能評価に鑑み種々のノズル形状を設計するシステムを構築し、現行品が価格、性能において臨床使用には妥当であることを明らかにした。現行品を用いて *ex vivo*（ゼラチン）、*in vivo* 実験（動物実験）を行った。これまでは飛翔速度が主な性能評価指標だったが、臨床上で評価として運動量を指標にすることが、より装置の基礎性能を示していると考えられたので、従来の評価系を変更した。改変した評価系でゼラチン試料及び豚脳を用いた破碎データを比較し、豚脳に近いゼラチン試料の作成条件を確立した。新しい評価系を用いて他臓器、組織における同試験を実施することで、本機器の適用範囲拡大の基礎データとすることを可能にした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 パルスジェットメス、射出機構、定量評価

【研究題目】 「コールバンクの拡充」における「石炭試料の受入れと微粉碎他」

【研究代表者】 山田 理（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】 山田 理、中里 哲也、安田 肇、

後反 克典、海保 守、中久喜 千重紀、
功刀 芳美（常勤職員3名、他4名）

【研究内容】

NEDO プロジェクト「ゼロエミッション石炭火力技術開発（旧名：戦略的炭ガス化・燃焼技術開発（STEP-CCT）ーゼロエミッション石炭火力基盤技術ー」の課題のもとに「コールバンク」を運営している。コールバンクは、日本で利用あるいは利用可能性のある世界の石炭を不活性ガス下で粉碎保存し、研究用試料として系統的なデータとともに提供する事業であり、石炭利用基盤技術開発（Brain-C）プログラム（平成7～17年度）により（財）石炭エネルギーセンターと産総研が構築した標準石炭試料供給システムを石炭研究の基礎をなす事業として継続的に拡充している。昨年度までに109炭種の標準石炭試料を作成し、研究開発のために研究機関に送り出してきた。

今年度は新規3炭種を受入れ、標準試料作成と分析データの取得を行った。これにより、年度末現在、米国炭10炭種、中国炭20炭種、豪州炭33炭種、インドネシア炭22炭種、ロシア炭7炭種、南アフリカ炭7炭種、ベトナム炭1炭種、カナダ炭3炭種、コロンビア炭2炭種、EU 炭1炭種、インド炭1炭種、日本炭5炭種の合計112種について、元素分析、工業分析、マセラル分析、灰の組成・性状分析等のデータベースを構築、関係試験研究機関のニーズに応じて標準石炭試料を配布した。

また今年度は、コールバンク保有炭のうち15炭種について微量成分分析を行い、取得済の97炭種と合わせ計112炭種の微量成分データをデータベース化した。微量成分分析に当たっては、ISO23380:2008「石炭中微量元素分析の選定方法」Annex B に規定される産総研法（マイクロ波利用石炭前処理法と誘導結合プラズマ（ICP）法を組み合わせた、フッ酸を使用しない低環境負荷型の独自の石炭中微量元素成分の分析方法）を適用した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 石炭、標準試料、微粉碎、不活性ガス保存

【研究題目】 プレバチルス菌を用いた抗体精製用タンパク質製造技術の開発

【研究代表者】 巖倉 正寛

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 巖倉 正寛、広田 潔憲

（常勤職員1名、他5名）

【研究内容】

抗体医薬品精製工程に使用されるプロテイン A などの抗体精製用タンパク質（アフィニティリガンド）は、現在、大腸菌を発現用宿主としており、極めて高価である。そこで、製造コストの大幅な削減を目的に、プレバチルス菌を発現用宿主とした新たな発酵生産技術を開発する。加えて、アフィニティリガンドの高機能化を図

ることで、抗体医薬品精製に必要な抗体精製用アフィニティ担体量の削減ならびに、抗体医薬品精製効率の向上を図り、抗体医薬品の製造コストの低減に貢献する技術の開発を関係企業と共同で行っている。

この共同開発において、抗体精製用リガンドとしてより精製効率を向上させるための配列の設計を行うと同時にリガンドの機能として、抗体の精製においてより温和な条件での精製を可能とする特性を付加することを行っている。平成23年度は、酸変性を生じさせない pH5程度の弱い酸性条件で、アフィニティ担体に吸着させた抗体の溶出を実現する改良プロテイン A の開発に成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 プレバチルス、タンパク質生産、抗体精製、アフィニティリガンド、低コスト製造

【研究題目】 ソフトイオン化質量分析のためのマスペクトルデータ解析ソフトウェアの開発

【研究代表者】 津越 敬寿（計測標準研究部門）

【研究担当者】 津越 敬寿（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、戦略的基盤技術高度化事業支援事業「ソフトイオン化質量分析のためのマスペクトルデータ解析ソフトウェアの開発」の一部を産総研が分担実施し、迅速簡便な測定が可能ソフトイオン化質量分析装置・技術のために、データ解析手段を備えた組み込みソフトウェアの開発・実用化を目的としている。これは、リアルタイム計測も可能なソフトイオン化質量分析装置のデータ解析には、高速データ通信・処理が必要であり、それには分析装置の装置制御を行う組み込みソフトウェアにデータ解析機能までを実装させることが必要となるためである。

平成23年度の研究開発目標は、有機化合物のスクリーニング分析技術として注目を集めているソフトイオン化質量分析装置用の解析機能を備えた組み込みソフトウェアの開発について、解析機能部分の適用範囲の拡大とその妥当性を、種々の試料において検証することである。

プラスチックやオイル、その他の試料についてデータ解析ソフトウェアの機能検証・評価に関するデータ解析技術研究に参画し、平成23年度の開発目標を達成した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 質量分析、熱分析、発生ガス分析、示差熱-熱重量分析、イオン付着イオン化、光イオン化、多変量解析、主成分分析、クラスター分析、回帰分析、残差スペクトル解析

【研究題目】 陽電子消滅を用いたひずみ測定による熱処理後の検査を短時間に非破壊で行う技

術の開発

【研究代表者】 小林 慶規（計測標準研究部門）

【研究担当者】 小林 慶規、山脇 正人
（常勤職員2名）

【研究内容】

熱処理やショットピーニング、溶接、メッキ、化学皮膜処理等の工程は、製品そのものの品質確認が非破壊ではできない特殊工程である。メーカーが良品率で製品を提供するためには、ある程度高い抜き取り頻度で実施される製品検査が必要であり、短時間で可能な非破壊検査が望まれる。しかし、これまで短時間に非破壊で検査を行う技術は無かった。

陽電子消滅法は超微細空孔材料欠陥の高感度検出が可能であり、高分子材料から金属・半導体材料の欠陥分析手法として利用されてきたが、検査装置としての実用化研究は開発段階といえる。そこで、陽電子消滅法により短時間で非破壊検査を行うための

要素技術として、主に次の3つの課題に取り組んだ。

- 高性能規制対象外密封線源の開発
- サンプルの切出し加工不要な陽電子寿命測定手法の開発
- 全自動リアルタイム陽電子寿命測定の為の処理プログラムの開発

検査装置には管理区域外で使用可能な規制対象外密封線源が必要であるため、高性能な Na-22密封線源を開発した。また、従来の陽電子寿命測定法ではサンプルの切出しが必要であった為、サンプルを切出さずに直接陽電子寿命測定出来る手法を開発した。さらに、簡便な寿命測定実現の為、キャリブレーションから寿命計算まで全自動で行うプログラムの開発を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 陽電子消滅法、空孔分析、非破壊検査、熱処理、金属材料

【研究題目】 ヒューマンスキルアシスト型注湯制御技術の開発

【研究代表者】 岡根 利光

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 岡根 利光、山内 真、岩本 和世
（常勤職員3名、他7名）

【研究内容】

目標：

産業技術総合研究所で開発された鑄造の注湯技能継承を支援する注湯テンプレートを応用して熟練者の注湯作業を記録し、安定した注湯を可能にするヒューマンスキルアシスト型注湯制御技術及び自動注湯装置の研究開発を行い、熟練者の手作業に負っていた注湯作業の最適化、作業の安定化への対応を目指した。

研究計画：

産業技術総合研究所がこれまでに開発した計測技術を

基に、現場の取鍋に対応した計測技術の開発を行った。計測装置と対象とする注湯装置を組み合わせたハードウェア、計測のコントロール及び計測結果を記録するソフトウェアを開発し、一体運用できるようにした。開発したハードウェア・ソフトウェアを統合してヒューマンスキルアシスト型自動注湯装置として実現した。

本ヒューマンスキルアシスト型自動注湯装置により、熟練者の作業の計測・自動注湯が可能となり、熟練技能の継承とともに生産の安定化が可能となる。

さらに、実証実験として熟練者の技能の解析、ユーザー企業の試作品の鋳造、鋳造企業及びユーザー企業において鋳造品の評価を行い、技術開発成果の実証を行った。薄肉軽量化した鉛フリー銅合金鋳物などの複雑形状鋳造品の安定生産に貢献が期待される。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 鋳造、注湯作業、計測、自動化、銅合金鋳物

【研究 題目】 平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業（高機能材料を用いたセラミックスー金属ハイブリッド金型の開発）

【研究代表者】 吉澤 友一
（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】 吉澤 友一、周 游、宮崎 広行、日向 秀樹（常勤職員4名、他2名）

【研究 内容】

セラミックスは耐摩耗性、耐食性に優れる。本研究では、金属製金型では機械的摩耗の激しい粗いセラミックスの押し出し金型や溶損の著しいアルミニウム合金ダイキャスト型の損傷の著しい部分にセラミックスを適応し、長寿命で高精度のセラミックスー金属ハイブリッド金型の製造を目的に、愛知県内の中小企業3社と共同研究を行った。

押し出し金型には、硬度の高い常圧焼結炭化ホウ素を放電加工で形状加工する技術を開発し、金属と接合した。試作したハイブリッド押し出し型を使用し、DPF を模擬した粗い炭化ケイ素砥粒を押し出した結果、従来の工具鋼の金型に対して摩耗が極めて少ないことが明らかとなった。アルミニウム合金ダイキャスト型には溶融アルミニウムと濡れ性の悪い窒化ケイ素を適応した。試作型で実際にアルミニウム合金のダイキャスト試験を行った結果、溶損が少ないことが確認された。また、鋳肌がダイス鋼製金型に比べて良好であり、さらに、金属型では不可能な薄肉のリブ形状が成形できることが明らかとなった。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金型、セラミックス、金属、ハイブリッド、押し出し、ダイキャスト、摩耗、溶損

【研究 題目】 制御ソフトウェアの高度化による産業用超安定度電圧標準装置の開発

【研究代表者】 鈴木 英一
（情報通信エレクトロニクス企画室）

【研究担当者】 神代 暁、佐々木 仁、山森 弘毅、金子 晋久、丸山 道隆、大崎 人士（常勤職員6名）

【研究 内容】

絶対温度12K で動作するジョセフソン電圧発生素子と小型機械式冷凍機による小型化・低廉化と、組込みソフトウェアによる操作の簡略化・自動化を図ることにより、国立研究所の専門家だけでなく、一般の校正業者も扱うことのできる直流電圧標準器を開発する。これにより、海外製ツェナーダイオードに席卷されている市場に、高精度・定期校正不要・国産の二次電圧標準器の供給を目指す。本研究における産総研の分担課題は、(1) 組込みソフトウェアの高度化、(2) ジョセフソン素子作製技術の開発、(3) 装置安定性・操作性の評価である。

(1)において、初期化及びリレー駆動時に発生するパルス性ノイズについて、ジョセフソン素子に影響を与えない様に配慮した制御モジュール用組込みソフトウェアを作成し、その基本動作を確認するとともに、磁束トラップ等の障害発生時に自動復旧が可能な、ジョセフソン電圧標準装置本体用組込みソフトウェアを開発し、その評価方法について検討した。また、制御モジュール用組込みソフトウェアに対して、最新の検証手法であるモデル検査を適用して検証を実施した。

(2)において、東日本大震災で故障し動作不能に陥った素子作製装置群の復旧に取り組み、その過程において、従来は相反する条件であった高い臨界温度と低いストレスを併せ持つ接合素子電極の作製条件を見出す等、素子作製パラメータの最適化を行った。これを基に、温度12 ± 0.5K、マイクロ波電力200 ± 30mW の範囲で、約0.5mA 程度の電流マージンを示す2V 発生チップの作製に成功し、耐環境雑音性に優れたジョセフソン素子作製の見通しを得た。

(3)において、装置の特性評価項目を明確化するとともに、専門知識・特殊技能を有さない一般の校正業者で対応可能な、操作性の評価方法について検討した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス、標準・計測

【キーワード】 組込みソフトウェア、超伝導、ジョセフソン素子、電圧標準、機械式冷凍機

【研究 題目】 戦略的基盤技術高度化支援事業／3次元積層 LSI デバイス製造用微細バンパ形成用ナノパーティクルデポジション装置および微細バンパ接続応用技術の開発

【研究代表者】 青柳 昌宏
（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕青柳 昌宏、渡辺 直也、鈴木 基史、
仲川 博、根本 俊介
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

目 標

3次元 LSI デバイス積層実装技術は、LSI デバイスのシリコン基板内表面から裏面に貫通する電極（シリコン貫通電極）を形成したものを複数用意して、それらを微細金属バンプ接続により縦方向に積層して高度な電子システムを実現する技術である。微細金属バンプ接続による実装工程における課題は低温化及び低加圧化であり、これを実現するために最適なバンプの形状・特性等（概ね10 μm 以下のサイズで円錐あるいは角錐形状）を探り出し、その評価を行い、量産化のため高精度・高信頼性・安価に製造することのできるバンプ製造装置の開発とバンプ実装応用技術の開発を行う。

平成23年度は、ナノパーティクル生成装置の試作・検証として、ナノパーティクル堆積 NpD 装置について、ナノ粒子の流れの乱れに起因する安定性・再現性の劣化抑制、不可性ガス使用量および消費電力の低減による低コスト化、るつぼを抵抗加熱方式に変更したナノパーティクル生成装置の試作・評価に取り組んだ。微細バンプ形成用 NpD 装置の開発として、3インチウエハに対応した基板スキャン機構を有する微細バンプ形成用 NpD 装置の設計・試作、パーティクルトラップによる成膜機能の向上、試料交換室の追加によるプロセス時間の短縮化に取り組んだ。微細バンプ形成プロセスおよびバンプ接続プロセスの開発として、厚膜フォトレジストに関するフォトリソグラフィ条件の最適化を図るとともに、形状ばらつき抑制を検討し、形成した微細バンプの機械特性評価・電気特性評価を実施した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕3次元 LSI 積層、微細バンプ、ナノ粒子

〔研究題目〕平成23年度石油製品需給適正化調査等委託費「石油精製物質等の新たな化学物質規制に必要な国際先導的有害性試験法の開発」

〔研究代表者〕中島 芳浩（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕中島 芳浩、安部 博子、丹羽 一樹、
近江谷 克裕、岩城 知子
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究開発では、これまで実施された動物を用いる28日反復投与毒性試験において、化学物質によって毒性が発現する可能性が高い、肝毒性、腎毒性、神経毒性のそれぞれの毒性に関して、簡便で高精度の *in vitro* 試験系を開発する。その開発手段として、肝毒性および腎毒性では、人工染色体や多色発光技術といった我が国で開発された先端技術を導入、毒性の主要バイオマーカーを用

いたレポーター遺伝子アッセイを開発し、簡便かつ精度の高い *in vitro* 試験法を開発することを目的とする。

本年度は、多色・多様発光プローブを導入した臓器特異的毒性発光評価細胞群の開発、およびハイスループット試験システム構築に向け、各種発光プローブを搭載した人工染色体ベクター（Multi-integrase HAC ベクター）導入モデル株化細胞（A9細胞）を樹立した。さらに、樹立した各細胞の発光強度、発光スペクトル、発光プローブの細胞内安定性および遺伝子発現プロファイルを測定した結果、(1) 96ウェルマルチプレートを用いたハイスループットアッセイに必要な発光強度を示すこと、(2) 色分離測定に必要な発光スペクトルを維持していること、(3) 従来のランダムインテグレーション法で樹立した安定細胞株と比較し、細胞内で起こる遺伝子発現の変動を極めて正確にモニターできること、を明らかにした。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕ルシフェラーゼ、発光細胞、レポーターアッセイ、人工染色体ベクター、化学物質毒性評価、

〔研究題目〕車載蓄電池の性能評価手法の技術開発

〔研究代表者〕小林 弘典

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕小林 弘典、鹿野 昌弘、小池 伸二、
奥村 豊旗、栗山 信宏、村野 克弘、
山口 洋一、鈴木 友美
(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

本研究開発では、管理下走行試験および走行を模擬した電池単体での加速劣化試験によって劣化した車載蓄電池について内部分析を行い、電池構成材料を直接調べることで劣化要因を解明することを目的とする。今年度は、「定量化が期待できる分析手法及び電池特性・寿命評価に有効な解析手法の検証」を開発目標として実施した。1) 車載蓄電池の電池試験の実施：市販電気自動車2種の車載用蓄電池の単セル（新品）について、各種試験条件を決定した。2) 18650型円筒電池を用いた電池試験の実施：既知の電極構成材料（電極材料として正極にマンガン系スピネル材料とニッケルマンガンコバルト系層状酸化物材料の混合物及び負極に結晶性炭素）を用いて電池構成部材を単純化した電気自動車型小容量モデルセルを試作し、サイクル試験及び保存試験を開始した。3) 定量分析手法の検討：正極電極活物質のバルク構造や表面構造について、放射光を用いた X 線回折測定及びエックス線吸収微細構造（XAFS）測定を中心に分析及び解析を実施してきた。18650型円筒電池に用いたものと同じ混合正極電極を用いて、データの加成性の成立（単独正極の結果の積算が混合正極の結果と一致するか）について検証を行ったところ、放射光 XRD 測定で複合正極

電極中の活物質の存在比を定量化することが可能であることを見出した。また、各種分光測定データの理論的解釈を進めるため、マンガン系スピネル材料について Wien2k 等を用いた第一原理計算を行い検討することで、既報の文献及び放射光を用いた実測データとの整合性及び定量性について検証した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 車載蓄電池、解体試験、量子ビーム

〔研究題目〕 ガラスエポキシ基板成形の高効率・低コスト化に資する革新的な打抜き加工技術の開発

〔研究代表者〕 芦田 極（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 芦田 極（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

ガラスエポキシ基板などの複合薄板材料に対するプレス打抜き加工において良好な切断面が得られる加工条件を探索するために、パンチ速度を極限まで高めた打ち抜き加工試験機を試作し、打ち抜き加工特性を評価する。目標速度は350mm/s とし、達成できればさらに高速化を目指す。

研究計画：

一般のプレス加工では得られない高速な打抜き加工条件を設定するために、小型軽量ゆえ瞬時の高速運転が可能なマイクロプレス機の利点を活かし、プレス機のストロークで最もスライド速度の高い部分で打抜きを行える特殊なロングストローク型の打抜き金型を設計製作、装着する。ポテンショメータを用いたスライド位置測定を行い、スライド速度の変化を測定し、ガラスエポキシ基板の切断面を電子顕微鏡および光学顕微鏡により観察し、評価する。

年度進捗状況：

目標値の半分となる100～185mm/s におけるプレス打抜き加工実験を行い、実用化レベルでは良好な打ち抜き条件を得ることが出来た。さらなる高速化によって打抜き加工における仕上がり状態が変化することが予想されるため、マイクロプレス機の構成要素および金型ストロークの見直しにより、当初想定した350mm/s を達成するための評価試験装置の改良指針を得た。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 金型、プレス加工、複合材料、切断、せん断、マイクロプレス、ストローク、打抜き速度

〔研究題目〕 常時補正制御型マイクロ NC 旋盤による微細長尺加工技術の開発

〔研究代表者〕 碓井 雄一

（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 碓井 雄一

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

複雑形状をした微細長尺部品を NC 旋盤で一体加工する場合、部品の弾性変形によって精度劣化がおこる。このため、高精度な微細長尺部品は個別に加工された各部位を溶接又は圧入により組み立てるので高コストになる。

この研究では、NC 旋盤での微細長尺切削加工における精度劣化の主要因である弾性変形の発生とその影響を最小限に抑えるために、弾性変形を抑制する切削工具の刃先形状の開発と切削条件の探索、切削点に CCD カメラを取付けて測定座標値と加工目標値の誤差を検知して目標位置を常時補正することが可能なマイクロ NC 旋盤の開発を行っている。今年度は、ステンレス材の高精度加工を目標に、背分力を零にして加工時の変形を無くすための切刃形状を探索した。切り込み方向のすくい角、送り方向のすくい角をそれぞれ 20 度にする事で、主分力と背分力による変形を相殺することができ、5 μ m/10mm の加工精度が実現できた。また加工条件として、粗加工を ϕ 3mm 以上にする必要性を示した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 微細径軸、旋削加工、切削抵抗、補正制御

〔研究題目〕 光を用いた微小構造評価装置の高度化及び多機能化

〔研究代表者〕 島 隆之（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 島 隆之、桑原 正史、藤巻 真、
齊藤 央（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

放送や公文書等の情報アーカイブ用途に、光ディスクは省電力や耐環境性の点で優れるが、記録容量がハードディスクなどに比べ低く、使い勝手が必ずしも良くない課題があった。従来技術では、直径12cm の光ディスクにおいて、容量で300ギガバイト未満の特性評価装置しかなかったが、本研究では多層化（共焦点）と超解像の両技術を新たに導入することで、より高密度で微小な情報ピットを読み出し、評価可能な容量を500ギガバイト以上に向上させることを目標とする。

平成23年度は、記録兼超解像再生が可能な薄膜材料として、とある相変化材料の酸化物に着目した。光透過性を確保するため、波長405nm における消費係数が1以下になるよう設計し、ZnS-SiO₂/相変化材料の酸化物/ZnS-SiO₂からなる単記録層試料を作製した。評価に用いた光学系の解像限界とほぼ同じ115nm マークにおいて、搬送波対雑音比が約40dB の成果を得た。特性は未だ低いものの、1記録層あたり50GB の容量を達成できる可能性がある。また、記録層の間に樹脂層を形成し、各層膜厚を調整しながら、計10の記録層から成る試料を作製した。これまでのところ、各層にフォーカスを掛け

ることはでき、うち6層はトラッキングを掛ける（＝溝走査をする）ことに成功した。今後樹脂層のフラット度を改善し、10層全てにトラッキングが掛かるようにしていく。各層で特性評価ができる評価装置の構築を目指す。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】光ディスク、情報記録、微小構造、光検出、大容量化

【研究題目】平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業／耐熱・難燃性マグネシウム合金鑄造によるパワートレイン耐熱部材の開発

【研究代表者】坂本 満（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】坂本 満（生産計測技術研究センター）、
柘植 明（計測フロンティア研究部門）
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究開発は、難燃化し耐熱性を上げたマグネシウム合金を用いてエンジン部材の鑄造による製造を目指すものである。鑄造工程においては、目的とする部品以外に押湯、湯道などの不要な部分も大量に形成され、それらを工場内で溶湯中に戻すインハウスリサイクルが必須のプロセスとなっている。このリサイクル段階で合金組成の変動と共に酸化物介在物の増加が懸念されることから、合金中の酸素量を把握し得る適正な品質管理技術の開発に取り組んだ。

平成23年度は、製造現場で求められている開発合金、特にリターン材の品質管理における溶湯清浄化プロセス時の酸化物量、水素量、不純物元素量管理の迅速化のための基礎技術の検討を行った。産業技術総合研究所において前年度に実証した酸素分析手法を開発合金の工程管理手法として適用する上で要求される一層の迅速化・自動化（測定時間／検体の短縮）に向けて、各要素技術の改善を行った。これを実際の製造現場へ適応するための検討を進め、生産現場での実測定において大幅な迅速化・自動化（多検体への対応）が可能であることを明らかとした。また、製造プロセスで発生するリターン材比率および清浄化条件の異なるサンプルを用いて、発光分光分析装置による不純物量の評価方法を確立した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】難燃性マグネシウム合金、耐熱合金、酸素分析、不活性ガス融解

【研究題目】IST 産学官事業「次世代自動車用エアバッグシステムの開発」

【研究代表者】和田 有司（安全科学研究部門）

【研究担当者】緒方 雄二、和田 有司、和田 祐典、
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

自動車用エアバッグは、衝突時にガス発生剤と呼ばれる薬剤が燃焼し、燃焼ガスでバッグが膨らむ。硝酸アン

モニウムを主成分とするガス発生剤は、吸湿・振動の影響により運行中に粉状化し、異常燃焼を起こす可能性が指摘されている。また、一般にエアバッグが正常に稼働した場合でも展開したバッグと人の衝突により眼などに重篤な外傷を負うなどの加害性が指摘されている。本研究では、吸湿・振動に耐性を有するガス発生剤および加害性を軽減するバッグ形状を開発することを目的とする。

そのために2ヵ年計画で産総研は、中核機関の福岡大学と共同で新規ガス発生剤の開発を担当し、(1)「自動車部品の振動試験方法」準拠試験で、吸湿の有無に係わらず粉状化しないこと、(2)SAE/USCAR-24準拠の貯蔵試験で、貯蔵前後での燃焼速度の変化および重量変化が5%以上変化しないこと、を目標とした。

硝酸アンモニウム（AN）系ガス発生剤の開発においては、AN と各種ポリマーからなる水溶液に対してスプレードライ処理を施し、固体粒子を造粒した。スプレードライ試料の含水率は、何れも目標値1wt.%以下に抑えることができた。また、スプレードライ試料を湿度40RH%の雰囲気中で貯蔵し、重量変化から吸湿量を算出したところ、ポリマーなしの試料と比較して、吸湿量が最大1/10程度まで低下した。

硝酸セルロース（NC）系ガス発生剤の開発においては、NC に熱安定性を付与するため、MgO を添加したNC を調製し、104℃にて等温貯蔵したところ、少なくとも400時間以上重量の変化は認められず、目標値を達成することができた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】自動車用エアバッグガス発生剤、硝酸アンモニウム、硝酸セルロース、吸湿、熱安定性

【大項目名】耐熱・難燃性マグネシウム合金鑄造によるパワートレイン耐熱部材の開発

【中項目名】④ リサイクル技術の確立

【研究代表者】坂本 満

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】坂本 満

（サステナブルマテリアル研究部門）

柘植 明（計測フロンティア研究部門）

（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究開発は、難燃化し耐熱性をあげたマグネシウム合金を用いてエンジン部材の鑄造による製造を目指すものである。鑄造工程においては、押湯、湯道などの部品以外の部分も鑄造され、それらは工場内で溶湯にリサイクルされなくてはならない。このリサイクル段階で合金組成の変動と共に酸化物介在物の増加が懸念されることから、合金中の酸素量を把握し得る適正な品質管理技術を開発する。

平成23年度には、①産総研装置で達成した迅速分析方

法の現場適用と②製造合金の酸素量の管理基準の策定を行った。分析方法の迅速化については、産総研で用いた「高温型るつぼ」が現場装置ではメーカーの違いから入手できないという問題が生じたが、るつぼ中の試料位置の違いが重要であることを証明し、試料位置に近い「二重るつぼ」を用いる事で、現場でも20分間/測定の迅速化が達成できた。

昨年度の知見に基づき、製造合金の酸化物を沈降により取り除く事を試みたが一度沈降した残りの合金中酸化物はそれ以上沈降しないことがわかった。そこで、ある程度の酸素が含まれた状態で管理基準を策定する方法を検討した。合金から238個という多量の試料を採取分析して、測定値の統計処理を行ったところ酸素量は対数正規分布に近い分布であった。そこで対数正規分布と仮定して、目標強度達成に問題となる介在物寸法の酸化物の存在確率を推定し、それを酸素量の存在確率に還元することで、管理基準を策定した。

【分野名】 ナノテク・材料・製造

【キーワード】 難燃・耐熱合金、マグネシウム合金、酸素分析、不活性ガス融解

【研究題目】 測位用疑似時計技術開発

【研究代表者】 岩田 敏彰 (情報技術研究部門)

【研究担当者】 岩田 敏彰、今江 理人、鈴木 智也、岩崎 晃、松沢 孝、高橋 靖宏、町田 久美子 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

本研究は準天頂衛星で従来標準的に用いられてきた原子時計に代わる手法の確立を目的とする。具体的には、平成22年にわが国独自の測位を目的として打ち上げられた準天頂衛星初号機「みちびき」には原子時計も搭載されているが、低コストで管理が容易な水晶発振器を搭載し、地上局に置いた原子時計を基準としてその時刻・制御情報を地上局管制者が送信することにより衛星の時刻管理を行う手法 (疑似時計技術と呼ぶ) に関する研究を実施している。

9年計画の9年目である平成23年度は疑似時計技術の実現性を示すために「みちびき」を用いた実証実験である実験1の予備実験、実験1、実験2の3種類の実験を行った。それぞれの実験は以下のような内容・結果であった。

実験1の予備実験は準天頂衛星に搭載されている水晶発振器を制御せずに時刻情報を送信して搭載原子時計との誤差を測定するもので、同期の変動幅を50 ns 以内に抑えられる見通しが得られた。

実験1、実験2は5月、7月、9月、11月、1月の5回、それぞれ約1週間水晶発振器を制御して実験を行った。

実験1は時刻情報を送信して同期をとる方法である。送信タイミングの制御に問題があり、その解決法について考察した。その結果、タイミングを1.5秒調節することにより、完全な同期が取れることを確認した。フィー

ドフォワード・フィードバックいずれの場合も50 ns 以内の変動幅に抑えることができた。

実験2については NICT の時刻比較実験の結果を用いて水晶発振器を制御するものであり、同期精度0.3ns、10万秒で 4.43×10^{-15} の安定度が得られた。水晶発振器を制御する実験1および2の場合において、GPS だけで測位するよりも疑似時計技術で同期させた準天頂衛星を加えることによって測位精度が向上することを確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 測位衛星、時刻同期、原子時計、疑似時計技術、準天頂衛星

【研究題目】 平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業／長期安定的な高速度加工が可能なハイブリッド小径ドリルの開発

【研究代表者】 細川 裕之

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 細川 裕之、松本 章宏

(常勤職員2名)

【研究内容】

電気機器、自動車分野における多数のドリル小径加工の納期短縮、加工コスト削減を目指し、超硬合金製ドリルの高速度加工性と高速度鋼製ドリルの工具寿命安定性を併せ持つ超硬合金 (WC-Co) /高速度鋼製ハイブリッド小径ドリルの研究開発を行う。本事業により、従来は超硬合金で作られていたドリルの大きな部分を高速度鋼に置き換えることができるため、レアメタルであるW、Coの使用量削減にも効果的である。

本研究は、ドリル先端への超硬合金のろう材を使用しない高強度接合を実現し、かつドリル形状最適化により、高速度鋼製ドリルの長寿命化と高速度加工を長期安定的に達成することを目標とする。

本年度は接合材料の高強度化に取り組み、曲げ強度3GPaになる条件を見出した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 切削工具、接合技術、超硬合金、高速度鋼

【研究題目】 高出力テラヘルツ波光源を用いた不正薬物・爆発物探知に係る調査研究

【研究代表者】 豊川 弘之

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 豊川 弘之、小池 正記、清 紀弘、黒田 隆之助、田中 真人、志岐 成友、オローク ブライアン、楊 金峰、菅 晃一、片岡 淳、坂上 和之、熊木 雅史 (常勤職員7名、他5名)

【研究内容】

近年、テラヘルツ波の産業利用、特に非破壊検査やセキュリティ分野への利用が期待され、市場にも検査機器

が流通するようになってきた。それに伴い、高輝度で小型のテラヘルツ光源、高感度のテラヘルツ検出器、分光技術などは実用化・実装化の段階に発展しつつあり、これら技術を製品化して市場へ提供することが求められている。

テラヘルツ波は、電波と光の中間に位置する周波数を有する電磁波であり、布、紙、木、プラスチック、陶磁器等の物質を透過する能力を有する。また分子に固有の振動や回転準位がテラヘルツ周波数帯に多く見られることから、物質に固有の吸収スペクトル（指紋スペクトル）が見られ、これを用いて、不正薬物や爆発物などを同定することも可能である。これらの特徴を活用し、非破壊あるいは非開披で不正薬物や爆発物の同定が可能な税関検査への適用が期待されている。本調査研究では、電子加速器などからの高出力テラヘルツ波を用いて1)テラヘルツ波が透過しうる紙、封筒、DVDなどの包装や薬物隠蔽に用いられる材料の種類およびその厚さについての検証、2)テラヘルツ分光手法を用いた不正薬物・爆発物の同定可能性についての検証、3)テラヘルツ波による各種包装材に隠匿された不正薬物・爆発物の可視化・イメージングについての検証を行った。また小型で高出力な光源開発技術とそのため良質な電子ビーム発生技術、高感度検出器技術、ならびに外乱や環境変化に強い新規の検査手法などの開発の現状に関する調査やシミュレーションを行った。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】テラヘルツ、不正薬物、爆発物、郵便物

【研究題目】「CNX 冷陰極 X 線管」特有真空環境の最適化及び X 線発生装置の開発

【研究代表者】鈴木 良一

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】鈴木 良一、豊川 弘之

(常勤職員2名)

【研究内容】

針葉樹型のカーボンナノ構造体 (CNX) の電子源を用いた X 線源は、ヒーターやフィラメント無しに従来の熱電子放出型の電子源を用いた X 線源と同程度あるいはそれ以上の X 線を発生することができ、次世代の X 線源として期待されている。この CNX 冷陰極 X 線管を製造する際に、真空下で高電圧をかけて電子を出しながら熱処理やエージング処理を行う必要があるが、熱処理時にはガス放出、エージング時にはターゲットからのガス放出に加え X 線も放出するため、特有な真空環境下での処理が必要となる。また、X 線を発生するためには、高電圧を安全に印加できる機構が必要である。

そこで本研究では、CNX 冷陰極 X 線管の熱処理やエージング処理に最適な真空環境を実現する処理装置及び処理方法の開発を行ってきた。本年度は、より強度の高い X 線を出すため、CNX 冷陰極の電子の放出する面

積を大きくした電子源や電極のシミュレーションを行うとともに、シミュレーション結果に基づいた形状の冷陰極及び X 線管を試作した。この冷陰極は、従来よりも約3倍の面積の電子放出面積を有しており、従来の熱電子放出型の X 線管と同等かそれ以上の強力な X 線の発生が可能になった。これによって CNX 冷陰極 X 線管の用途が広がると考えられる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】カーボンナノ構造体、電子源、エックス線源、冷陰極、真空

【研究題目】平成23年度カーボンフットプリント制度構築等事業（カーボンフットプリント制度試行事業）カーボンフットプリント関連データの保守およびガイドラインの作成等

【研究代表者】田原 聖隆（安全科学研究部門）

【研究担当者】玄地 裕、本下 晶晴、井原 智彦、河尻 耕太郎、畑山 博樹、村松 良二、松林 芳輝、高田 亜佐子、横田 真輝、城石 登（常勤職員6名、他5名）

【研究内容】

昨年度までに当グループは、「カーボンフットプリント制度試行事業」へ共通原単位データベースを提供してきた。共通原単位に格納されている約1000件の原単位データ（工業会提供データを含む）に対して、その個々のデータの数値の意味やカーボンフットプリント算定に際しての適用の限界等について、初めてカーボンフットプリントの算定を行う読者を想定し、分かりやすく解説したガイドラインを作成した。

データも含めると2500ページのガイドラインを作成した。具体的には、共通原単位の評価範囲や作成方法、温暖化ガス係数についても解説し、CFP 算定事業者が共通原単位を用いて実際に算出するためのデータ使用方法や注意点などをまとめた。また、CFP 算定例を示すことで、初めて算定を行う読者に対応した。さらに Q&A、用語の説明を加えてガイドラインを作成した。

ガイドラインはホームページ上で公開され、今後の CFP 事業に利用されて行く。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】カーボンフットプリント、LCA、環境負荷、温暖化、データベース

【研究題目】レジン・アスファルテンの詳細組成構造解析技術に関する調査、構造解析技術の高度利用

【研究代表者】鷹觜 利公（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】鷹觜 利公、佐藤 信也、森本 正人、近藤 輝夫、丸山 一江（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

ペトロリオミクス技術を確立するためには、対象となる油を詳細に分析し、その構造を明らかにし、情報を統合することが必要である。しかし、レジンとアスファルテンについては、分離技術、分析技術ともに平均構造はある程度の推定が可能であるが、詳細構造を明らかにする手法は確立していない。

従って、ペトロリオミクス技術をこれらの成分に適用するためには、レジンとアスファルテンについて分離前処理、機器分析、データ解析、高度な機器分析、及び統計的手法も組み合わせた分析データの解析手法を確立する必要がある。

本調査研究ではレジンとアスファルテンも含めた重質油全体について分子レベルの詳細組成構造解析の技術に資するため、標記「構造解析技術の高度利用」技術について、文献調査を含めて下記の項目について調査した。

(1) 重質油等の機器分析データの解析手法の調査

NMR による水素タイプ、炭素タイプの細分化、赤外分光分析 (IR) 等による酸素タイプ分析をスペクトルデータベース、シミュレーションを併用して調査し、実試料油で検証した。

(2) 機器分析データの組み合わせによる解析手順の整理 各種データ (元素分析、NMR、IR、分子量) の整合性を調査し、入力データとしての整理方法を検討した。

(3) データ解析のロジックと手順のアルゴリズムの作成 構造解析における換算方法、およびモデル化における構造への反映方法を検討した。

また、溶解度パラメータによるモデル評価の可能性を調査し、これらの情報を総合的にプログラム化するためのアルゴリズムを作成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 レジン、アスファルテン、構造解析

〔研究題目〕 足入れの良い健康革靴プロジェクト

〔研究代表者〕 持丸 正明 (デジタルヒューマン工学研究センター)

〔研究担当者〕 持丸 正明、河内 まき子、森田 孝男、小林 吉之、元田 真吾 (常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

高付加価値の日本製革靴について「Made in Japan 革靴」ブランドを確立し、新興アジア圏で「履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴」としての認知を得るために、科学的根拠に立脚し、パフォーマンスの高い革靴を開発するための基盤設計技術を研究する。美しさや機能性、コスト性を考慮できる自由度を許容しつつも、履き心地がよく、歩きやすく、美しく、靴に起因する足のトラブルがない革靴の設計ガイドラインを、科学的根拠に基づいて策定する

ことを最終目標とする。平成23年度事業では、靴型に焦点を絞り、2つ以上の寸法・形態特徴の設計要件についてガイドラインの策定を行った。このために、(1) ベース靴型の選定、(2) 寸法・形態特徴を変更した実験靴型ならびにその靴型による靴の試作と着靴計測実験、を実施した。また、靴の履き心地に対する認知をより深く考察するための (3) デブスインタビュー調査を実施した。これらのデータに基づいて (4) 靴型の寸法・形態特徴の設計要件についてガイドラインを策定した。対象とするユーザ層は、年齢区分を考慮せず (年齢データは取得する)、男性と女性の2群とし、対象とする靴は婦人用パンプスと紳士用ひも靴の2種類に限定した。特に、足のボール線角度と靴型のボール線角度の一致、ならびに、それにとまう靴型底面部の修正方法について具体的な修正手法と、その心理物理的な効果について検証した。この結果として、足のボール線角度に一致するように靴型のボール線角度を設計する方法の有効性が検証されたことから、これを革靴設計ガイドラインとした。このような修正靴型に基づいて作られた革靴では、静止立位状態での足と革靴の解剖学的な適合性が向上するとともに、歩行時の足部アーチ部分で足と靴の間に十分な接触圧が生じアーチサポートが実現できることが確認できた。ただし、通常歩行時の歩容や床反力には顕著な差はみられなかった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デジタルヒューマン、人間工学、バイオメカニクス

〔研究題目〕 海洋微生物解析による沿岸漁業被害の予測・抑制技術の開発

〔研究代表者〕 今西 規 (バイオメディシナル情報研究センター)

〔研究担当者〕 今西 規、武田 淳一、村上 勝彦、原 雄一郎 (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

本プロジェクトは、対象海域の定点から経時的に採取される海水試料に対してメタゲノム解析を行い、赤潮発生のシグナルとなる DNA 配列を発見することを最終目的とする。解析対象の塩基配列データは膨大であるため、処理能力の高い PC クラスタを利用して、膨大な DNA 配列データを生物情報に変換する技術を開発する。

計画としては、メタゲノム解析に最適な計算機環境を提供するために、メタゲノムデータベースの構築、デジタル DNA チップ解析システム (DDCA) の組込み、および PC クラスタ上での動作確認を行う。また、メタゲノム配列のデータ登録状況に応じて、メタゲノムデータベースに大規模データを効率よく転送可能にするデータ通信環境の整備を行う。

今年度の進捗としては、メタゲノム配列等のデータをインターネット経由で登録・解析するための計算機を設

定し、各共同研究機関のデータ登録・解析窓口となるメタゲノムデータベースを構築した。さらに、各共同研究機関からクライアントソフトウェア用いてメタゲノムデータベースを利用できるようにした。また、大規模解析用 PC クラスタのデータ解析能力を増強するために、NAS 装置とメモリを追加導入した。このほか、PC クラスタを用いて自己組織化マップ (SOM) によるメタゲノム配列の系統分類や頻度解析を行うため、従来の SOM ソフトウェア (Abe *et al.*, 2005) の並列化などの機能拡張を行い、PC クラスタに導入した。さらに、DDCA を PC クラスタに導入した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】メタゲノム、自己組織化マップ、データベース、バイオインフォマティクス

【研究題目】SOI MPW ラン (Fy11-1) 設計管理 一式

【研究代表者】五十嵐 泰史

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】五十嵐 泰史、大野 守史、柳原 昌志、千葉 正、田所 宏文 (他5名)

【研究内容】

FD-SOI は、シリコン酸化膜上に形成した50nm 程度の薄いシリコン膜にデバイス (MOSFET など) を配置した構造を持つ。このため、耐放射線性が高いこと、低電圧動作が可能なこと、リーク電流を低減できることなどの利点があり、次世代半導体デバイスとして研究開発が進められている。しかし、現時点では、FD-SOI に関する知見は一般的ではない。一方、産総研では継続的な研究開発の成果として、FD-SOI のデバイスおよび回路設計に関する技術的知見が蓄積されている。

本業務は、産総研の保有する FD-SOI に関する技術的知見を活用して実験回路の共同試作 (MPW 試作) を効率よく進めることが目的である。具体的には、設計技術サポート、回路設計者の設計データの検証とフィードバック、設計データに基づく合成レイヤーの作成と妥当性検証などを行い回路設計者が所望するマスクデータを実現した。

この MPW 試作は、各国の大学や研究機関が参加する国際的な取り組みとなっている。この取り組みにより、FD-SOI の特性を活かした幅広い技術開発が進められており、ガンマ線ピクセル検出デバイスなど新しい SOI デバイスの実用化につながると期待される。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】SOI、MPW、設計技術サポート

【研究題目】形式的仕様記述を用いた高信頼ソフトウェア開発プロセスの研究とツール開発

【研究代表者】水口 大知 (知能システム研究部門)

【研究担当者】水口 大知 (常勤職員1名)

【研究内容】

平成23年度は、おもに以下の研究項目を実施した。

□項目：形式的仕様記述手法の調査

目標：

B メソッドおよびイベント B について、手法および関連する文献、支援ツール、適用事例などの調査を行う。また、調査結果については、来年度に作成を予定している形式手法教育教材の一部として活用出来るように整理を行う。

□項目：形式手法の導入効果分析

目標：

形式的仕様記述を試験導入して開発した各種ソフトウェアと既存ソフトウェアを比較し、形式的仕様記述導入による改善効果を定量的に測定する。

進捗状況：

形式的仕様記述手法の調査として、今年度は3段階にわたる調査を実施した。つまり、コンソーシアム内部の検討ワーク、国内有識者調査および欧州有識者調査である。その結果、B メソッドを実適用する際の課題の抽出と解決を行うことができた。今年度は、開発成果物をベースに議論を行うことで、具体的な解決策を得ることができ、形式手法を適用した例示ソフトウェア開発を順調に進めることができた。これは、来年度予定している教育コンテンツ開発のベースとなるものである。

形式手法の導入効果分析としては、例示ソフトウェア開発からデータを収集して、導入効果の分析を試みた。評価は、コード品質、実行環境組込み品質、B がサポートしない機能への対応方法、コード実行性能および生産性の観点から実施した。なお結果は、第9回クリティカルソフトウェアワークショップ (2011年11月17日) において対外発表を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】形式手法、フォーマルメソッド、組込みソフトウェア、不具合防止、B メソッド、形式仕様記述

【研究題目】平成23年度可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関する標準化調査事業「空気浄化用可視光応答型光触媒の標準試料の作製および海外の NOx 除去試験方法の評価」

【研究代表者】佐野 泰三 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】筒井 咲子、根岸 信彰、竹内 浩士 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

平成18年度から開始された「可視光応答型光触媒の性能評価試験方法に関する標準化調査事業」では、NOx、アセトアルデヒド、トルエン、メチルメルカプタン等を試験用ガスとする可視光応答型光触媒の分解・除去性能の標準試験方法を開発している。平成23年度には、性能

評価試験で用いる3種類の標準試料を産総研で一括して作製し、ベンチマークテストを行った上で上記事業の各WGに標準試料とその基礎データを提供した。メチルメルカプタン除去試験法については暗反応が顕著な光触媒も評価できる手法をJIS原案に組み入れた。可視光での空気浄化性能試験方法（NO_x、アセトアルデヒド、ホルムアルデヒド、トルエンの4種）のJIS原案をまとめ、規格協会に提出した。さらに、CEN（Comite Europeen de Normalisation）において新たな光触媒性能評価方法を標準化しようとする動きがあり、その評価方法の調査を行った。CENの試験法（NO_x除去試験方法）のドラフトに従って試験装置を製作し、NO_x除去試験を行い、JISR1701-1（NO_x除去試験法）の結果と比較したところ、リアクター及びサンプルの形状に自由度があり、短時間で評価が終わるというメリットが認められた。一方、リアクター内に設置したファンにより内部を完全混合状態にすることが再現性向上のためには重要であるが、完全混合が実際には困難であること、光触媒表面の風速が現実にはあり得ない速度になること、NO_x供給量が不足していることと相まって計測値が容易に頭打ちになるために良い光触媒を判別できないこと、などのデメリットが確認された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】酸化チタン光触媒、標準化、可視光応答形光触媒、トルエン、メチルメルカプタン

【研究題目】平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業／高機能難焼結性粉末を低温・短時間でニアネット成形する動的加圧機構を搭載した次世代パルス通電焼結技術の実用化開発

【研究代表者】中山 博行

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】中山 博行、小林 慶三、西尾 敏幸、溝尻 瑞枝（常勤職員4名）

【研究内容】

粉末冶金技術が利用されている自動車の摺動部や燃焼室周りの部品、情報機器におけるターゲット材等は高機能化・軽量化・低コスト化が求められている。そこで、材料選択の多様性や高精度成形など粉末冶金の特長を生かして川下企業で要求される新構造・新機能部品の製造技術を開発する。具体的にはパルス通電焼結技術の知見をもとに高耐久性と加熱ロスが少ない金型と動的加圧機構を組み合わせ、難焼結材料を低温短時間での高サイクルでニアネット成形する新技術を開発する。

これまでに産総研で開発してきた耐熱性の超硬合金（WC-FeAl）をベースに発熱源となる高電気抵抗粉末を分散した複合材料を試作することができた。得られた複合材料に対して、通電時の発熱特性や機械的特性を評

価し、その結果に基づき、本焼結プロセスに適した金型材料の組成を決定した。また、この金型材料を用いて割型やニアネット成形用の金型を作製し、従来の超硬合金と同様の手法を用いて加工が可能であることを明らかにした。

更に、開発した複合材料表面に低反応性のコーティング膜の形成を試み、材料に直接コーティングを行うとその密着力は弱い、材料と膜との間に適切な中間層を導入することで密着力が向上することを明らかにした。また、曲面を有する金型内面へのコーティングを試み、条件を最適化することで曲面を有していても均一にコーティングが可能であることも明らかにした。

このように作製した金型を試作した焼結機に搭載し、実際の焼結を行ったところ、動的加圧を付加することで通常の通電焼結に比べ低温で焼結できることがわかった。今後、焼結時間短縮のため高速昇温機構と高速冷却機構について、構成を最適化することで、更なる短時間での焼結を試みる。作製した金型内部の焼結中の温度変化を熱電対で実測した。その結果、金型内部の位置に係わらず温度分布に大きな差は見られなかった。しかし、これは定常状態に達した状態以降での温度分布であり、今後昇温過程や冷却過程での温度分布を詳細に検討する。

このように開発プロセスは低温・短時間での焼結が可能であり、難焼結材への適用や焼結体の結晶粒微細化等が期待できる。今後、本焼結プロセスに適した材料を検討するとともに、通常の通電焼結法と比較して、本プロセスの優位性を明らかにしていく予定である。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】通電焼結、高サイクル、ニアネット成形、金型、WC-FeAl、硬質材料、超硬合金、コーティング、セラミックス、伝熱、低温焼結、加圧焼結

【研究題目】「抗体医薬品等のバイオ医薬品の合理的開発のための医薬品開発支援技術の確立を目指した研究」

【研究代表者】松村 健

（ゲノムファクトリー研究部門）

【研究担当者】安野 理恵、福澤 徳穂、松尾 幸毅、松村 健（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

目標：

植物の遺伝子組換え技術を用いてヒト用抗体の効率的な生産技術を開発する。

研究計画：

ヒト抗体遺伝子を単離・構造改変し、抗体を発現する遺伝子組換え植物体の作出を行う。これと並行して、複数種類の植物ウイルス由来のサイレンシングサプレッサー（RSS）を活用することで、効率的な発現系の開発を行う。

年度進捗状況：

植物で高効率にヒト抗体を生産させる系の開発モデルとして、3種類の抗ロタウイルスヒト抗体の遺伝子を L 鎖遺伝子と H 鎖遺伝子を同一ベクター上で、それぞれ標準的なエンハンサー-35S プロモーターと nos ターミナーターを用いた発現カセットに導入し、アグロバクテリウム LBA4404 菌株の形質転換を行った。得られた形質転換菌株を用い、アグロバクテリウム法により形質転換タバコ (*Nicotiana benthamiana*) を作出した結果、得られた組換えタバコでの抗体発現量は低いことが明らかになった。これらの組換えタバコの解析の結果、抗体遺伝子の転写終止点で転写がきちんと終了していないことを明らかにし、低発現量の一因であると推測された。

一方、複数の RSS を抗体遺伝子と同時に導入した結果、いくつかの RSS においては、抗体発現量を数倍増加させることが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 遺伝子組換え植物、抗体、遺伝子発現抑制

【研究題目】 プロサポシンまたはサポシン B によるファブリー病に対する酵素増強薬の開発

【研究代表者】 千葉 靖典 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】 千葉 靖典、渡邊 徹

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

遺伝性難病である幾つかのリソソーム病に対して、疾患責任酵素を遺伝子工学で産生し、その組み換え酵素を血管内に投与する酵素補充療法が導入された。しかし、酵素製剤の血中での不安定性、ターゲット臓器への取り込みの低さ、繰り返し投与によるアレルギー性有害副反応の発生や治療効果の減弱などが大きな問題となっている。

本プロジェクトでは、明治薬科大学の櫻庭均教授を代表研究者とし、分子設計により、従来の治療薬酵素よりも安定で、細胞内取り込みに優れ、アレルギー反応を起こし難い新規リソソーム病治療用酵素を開発する目的で研究を行なっている。

研究担当者らは分担部分である「プロサポシンまたはサポシン B によるファブリー病に対する酵素増強薬の開発」において、リソソーム病の中で最も発生頻度が高いファブリー病に対して、その疾患責任酵素である α -ガラクトシダーゼ (GLA) の活性化因子であるプロサポシンを CHO 細胞または酵母細胞において大量発現し、精製法を確立することを目的としている。ヒトのプロサポシンおよびサポシン B の発現系に関して比較した結果、その産生効率や酵素活性化の特異性を考慮し、サポシン B を今後の生産対象として選択した。ヒト類似でリン酸基を多く含有する糖鎖を合成する様に遺伝子操作したメタノール資化性酵母にサポシン B 遺伝子を導入

し、これを 3mg/L 以上分泌する細胞株を得ることを目的に選別を行い、10mg/L の効率でサポシン B を分泌する株をクローン化した。この細胞の培養液から、サポシン B を精製する方法を確立した。精製されたサポシン B は、*in vitro* の条件で、GLA によるグロトリアオシルセラミド分解を一定の用量比で増強することを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ファブリー病、プロサポシン、酵素補充療法

【研究題目】 剥離型フレキシブル用 CIGS 太陽電池の検討

【研究代表者】 太陽光発電工学研究センター

【研究担当者】 柴田 肇、石塚尚吾、仁木 栄

(常勤職員3名)

【研究内容】

次世代の宇宙用太陽電池として、放射線耐性が高く、また薄膜太陽電池の中で変換効率の高い CIGS 太陽電池が注目されている。特に、CIGS 太陽電池はいくつかのフレキシブルタイプが開発されており、その特長を生かして、太陽電池パネルのさらなる軽量化が可能となる。近年、ソーラセイル衛星などの新たなタイプの宇宙機においては、太陽電池がフレキシブルであることが必須であり、フレキシブル CIGS 太陽電池が強く望まれている。フレキシブル CIGS 太陽電池は、金属箔やポリイミドフィルムなどのフレキシブル基板上に太陽電池膜を形成しているタイプが主流である。これらのタイプの CIGS 太陽電池は、一般的なガラス基板型のものに比べて、金属基板タイプは単一セルであるためガラス基板のようにモジュールに形成できないことや、絶縁基板タイプは CIGS 層の形成時の温度が低いため、結晶性が悪く変換効率がガラス基板ほど高くない、などの難点がある。そこで、主流であるガラス基板 CIGS 太陽電池の加工プロセスに若干のプロセスを加えることでフレキシブル化を達成しうる、リフトオフ型の CIGS 太陽電池モジュールの開発に取り組んだ。

具体的には、剥離技術を用いることを前提とした薄膜構造の試料を用意し、P1、P2、P3のスクライビング実験を行った。まず P1であるが、ガラス基板の上にモリブデン層と剥離層 (フッ化バリウム層) を成膜し、レーザー・スクライブによって実験を行った。実験の結果として、モリブデン層と剥離層の間に、緩衝層として酸化アルミニウムもしくは酸化シリコンの層を挿入することにより、スクライブが可能である事を確認した。また P2および P3であるが、ガラス基板の上にモリブデン層と剥離層 (フッ化バリウム層) を成膜し、その上に CIGS 層を形成して、メカニカル・スクライブによって実験を行った。実験の結果として、スクライブの条件を適切に選択することによって、スクライブが可能である

ことを確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、宇宙開発、宇宙用太陽電池

【研究題目】SOFC 高機能化のためのイオン-電子
流れ解析技術の開発（エネルギー高効率
利用のための相界面化学）

【研究代表者】堀田 照久（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】堀田 照久、西 美奈、岸本 治夫、
山地 克彦、Manuel E. Brito
（常勤職員5名）

【研究内容】

固体酸化物形燃料電池（SOFC）電極では、酸素分子の固体電極表面での吸着・解離→イオン化→拡散→燃料酸化という一連の反応がおこる。この反応の最適化には、多孔質電極/緻密電解質/多孔質燃料極界面での反応機構解明が重要である。酸素（あるいは酸化物イオン）の流れ・動きをマイクロレベルで視覚化することができれば、SOFC 高性能電極の設計、高機能界面の設計に有益な情報を与える。本研究では、安定同位体酸素（ ^{18}O ）を利用し、異種機能材料界面でおこる酸素イオン化と拡散をマイクロレベルで視覚化する技術を開発する。また、この観測結果に基づき、高機能・高性能電極/電解質界面の設計指針を提案する。平成23年度は、緻密電解質上に多孔質電極、緻密電極を製膜した試料を作成し、その電気化学的特性、燃料電池としての特性を評価した。電圧を変化させたときの性能変化などを観測し、均一雰囲気での安定同位体酸素（ ^{18}O ）のイオン化・拡散を燃料電池反応下で導入できる試験装置の製作を開始した。

【分野名】環境エネルギー

【キーワード】固体酸化物形燃料電池、石炭ガス化ガス、不純物、酸化物燃料極、安定性

【研究題目】リグニンとその反応生成物の平均分子構造解析（天然多環芳香族からの構成単環芳香族類の単離回収基盤技術開発）

【研究代表者】鷹觜 利公（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】鷹觜 利公、佐藤 信也、森本 正人、
近藤 輝夫、丸山 一江
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究は芳香環を構造内に多く含む巨大分子であるリグニンから単環で芳香族を単離回収し、高度部材の原料として供給する基盤技術を開発するものである。リグニンは巨大分子であるため、酸化鉄触媒による反応の効率を高める目的で、まずリグニンの可溶化を行い、次いで酸化鉄触媒による接触分解を行う2段階のプロセスを提案し、それを基に研究を進める。

原料となるクラフトリグニン、およびその分解リグニンの構造解析を実施し、それらの平均分子構造に関する

情報を収集する。

クラフトリグニン、分解リグニンについて、熱重量分析を行い、分解リグニンが、沸点 360°C 程度の分解物を25%程度含む混合物であることを明らかにした。分解リグニンのテトラヒドロフラン（THF）可溶分の数平均分子量を参考に、 ^1H -および ^{13}C -NMRの結果より、平均分子構造パラメータを推算し、リグニンの骨格は単環芳香族が主で、他に二環芳香族を含むこと、分解リグニンはクラフトリグニンに比べ酸素含有量が大幅に減少しており、残っている酸素の多くは芳香環に直結した水酸基やエーテルであることを明らかにした。NMRの結果より、クラフトリグニンから消失した酸素は大部分が脂肪族鎖中のエーテルであると予想された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リグニン、可溶化、構造解析

【研究題目】多孔性配位錯体における高速イオン拡散
を利用した高出力型マグネシウムイオン
2次電池の開発

【研究代表者】大久保 将史

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】大久保 将史（常勤職員1名）

【研究内容】

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、マグネシウムイオン2次電池の開発が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能マグネシウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体を正極材料として応用する。

平成23年度においては、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体がマグネシウムイオン挿入脱離反応を示すことを明らかにした。また、充放電メカニズムについても電子状態、構造状態から詳細に検討し、電気化学反応機構を明らかにした。一方で、電子伝導性や充放電サイクル特性等の課題が明らかとなり、今後の改善が期待される結果となった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】2次電池、正極材料、ナノ材料

【研究題目】超高耐圧高効率小型真空パワーデバイス

【研究代表者】竹内 大輔（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】竹内 大輔、山崎 聡、大橋 弘通、
西澤 伸一、大串 秀世、牧野 俊晴、
小倉 政彦、加藤 宙光、中島 昭
（常勤職員7名、他2名）

【研究内容】

本研究では、ダイヤモンドの持つ特異な物性を利用し、二酸化炭素排出抑制のための、石油から再生可能エネルギーへの電力用一次エネルギーのシフトに不可欠な、超

低損失・小型大電力変換器、特に高電圧領域の大電力変換器開発を目指した、超高耐圧ダイヤモンド電力変換器（超高耐圧高効率小型真空パワーデバイス）を実現させる技術的道筋を得ることを目標とする。これにより、直流送電網や分散電源を内蔵する各地域の配電網を連携した新たなグリッド網が可能になり、洋上風力エネルギーなど日本が有する莫大な再生可能エネルギーを日本全体で有効利用できる将来展望を目指す。

提案グループではすでにシーズ技術となる負性電子親和力を持つダイヤモンド pn 接合からの電子放出現象を実証しており、この知見を出発点に、耐圧100kV 級を目指して、本探索ステージでは耐圧10kV における動作実証を試みる。

本年度は、10kV 測定系をほぼ完成し、5kV までのオン・オフ動作を確認した。これまでの実験結果をもとに、新構造真空パワーデバイスのモデル化を行い、指標となる各パラメータの見積を行い、電力変換可能な動作範囲を明確にし、今後の開発の指針とした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パワーデバイス、ダイヤモンド、負性電子親和力、真空スイッチ

【研究題目】超低損失パワーデバイス実現のための基盤構築（二酸化炭素排出抑制に資する革新的技術の創出）

【研究代表者】山崎 聡（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】山崎 聡、西澤 伸一、大橋 弘通、大串 英世、竹内 大輔、牧野 俊晴、小倉 政彦、加藤 宙光、宮崎 剛英、フレデリック マルシエ、小山 和博、松本 翼、工藤 唯義、徳田 規夫、鈴木 真理子、小泉 聡、波多野 睦子、岩崎 孝之、星野 雄斗、都築 康平、齊藤 丈靖、真鍋 美世（常勤職員7名、他15名）

【研究内容】

二酸化炭素排出抑制に大きな効果を持つ大幅な省エネルギーが実現できるパワーデバイスの候補として、ダイヤモンドの得意な物性である高密度ドーピング薄膜が示す低抵抗ホッピング伝導を利用した新概念の超低損失パワーデバイスを取り上げる。この超低損失パワーデバイス実現に必要なダイヤモンド特有の物性の物理的理解、その物性を利用した新しいデバイス物理の構築、材料プロセス・デバイス作製プロセスの問題点の抽出とその解決策を総合的に行い、超低損失パワーデバイスを提案・試作し、ダイヤモンドによる次世代パワーデバイスの基礎を構築する。

プロジェクト2年度の大きな成果として、低抵抗ダイヤモンド薄膜を用い、デバイス作製プロセスを工夫することにより、世界で初めて、電力増幅が可能なバイポー

ラトランジスタの作製に成功した。また、研究遂行のための装置・スペース・人員の整備、外部との共同研究体制の構築を進めた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】パワーデバイス、ダイヤモンド、電子デバイス

【研究題目】超電導変換器（インバータ）のシミュレーション（超電導変換器の実現可能性の検討）

【研究代表者】淵野 修一郎

（エネルギー技術研究部門）

【研究担当者】淵野 修一郎、古瀬 充穂

（常勤職員2名）

【研究内容】

工場内の既存の放射状交流系統間を直流連系し、交流配電系統に生じている電力潮流のアンバランスを解消（均流化）することによって、工場内の大幅な CO₂削減を可能とする。

工場内の直流連系には低圧・大容量でかつ高効率・省スペース・低コストの条件を満たす直流配電機器が不可欠であり、中でも、低コスト変換器の実現が直流システム実用化のボトルネックとなっている。これに対し、当研究グループでは、従来の半導体変換器とは全く異なる超電導変換器を新たに考案しているため、先ず、超電導変換器（インバータ）に関して、シミュレーションにより、データ取得、仮説の可能性確認を行い、超電導変換器の実現可能性を示すことを目的とする。

シミュレーションは LC 共振型超電導インバータの等価回路により行った。その構成としては、交流電流を取り出すため電源と回路の間に変圧器を設け、コンデンサー C とインダクタンス L の間に、超電導スイッチング素子を設置する。高周波コイルに高周波電流を流し、超電導リングを周期的に常電導転位させる。

超電導素子は液体窒素による浸漬冷却だけでは熱伝達が悪いため、液体窒素による強制冷却される場合の熱バランス方程式も含めてシミュレーションを行った。

その結果、冷却効果が十分大きいと、リレーで模擬した 50Hz の ON-OFF スwitching に対応して、ほぼ正弦波の 50Hz の出力電流が発生することが確認でき、超電導インバータは十分実現可能であることがわかった。ただし、今回の検討では、超電導体の交流損失計算による加熱効果が考慮されておらず、超電導体を常電導転位する際に必要以上の高周波電流を流していることになる。この点を考慮すれば、効率は更に向上すると思われる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】変換器、インバータ、超電導、シミュレーション

〔研究題目〕 ナノ空孔材料とマイクロ流路を利用する食品関連機能性化学品製造に向けた酵素固定化マイクロリアクターシステムの開発

〔研究代表者〕 松浦 俊一（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 松浦 俊一、角田 達朗、外門 恵美子（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、従来の微生物発酵による食品関連化学品製造の代替法として、流通式の酵素固定化マイクロリアクターの適用を提案するものである。これまでに、シリカ系ナノ空孔材料をマイクロ流路内部に担持した流通式リアクターを開発し、ナノ空孔に固定化した酵素がその触媒活性を安定に発現できることを見出している。しかし、現状ではマイクロ流路上の酵素固定化量に制限があり反応処理量を増大できないため、実用レベルの性能に至っていない。そこで、本研究課題では、新規に開発するナノ空孔微粒子を流路内部に密に担持する手法を構築し、食品添加物の連続合成における実用レベルでの耐久性と反応収率を達成することを試みた。

具体的には、流通式マイクロリアクター利用による機能性アミノ酸（テアニン）の高効率生産システムの構築を目標とし、まず、酵素の固定場となる多孔質シリカ微粒子の合成と、遺伝子組換え技術及び大腸菌発現系によるテアニン合成酵素（グルタミンナーゼ）の大量発現と高純度酵素の精製を試みた。その結果、24nmの細孔径を有するシリカ微粒子の合成及び95%以上の純度の酵素の精製に成功した。次に、マイクロ流路内部に担持したシリカ微粒子に酵素を固定化し、テアニンの連続合成を実施した結果、当リアクターはSV値が10の通液速度においても48時間以上の連続稼働を実現した。また、ナノ空孔材料への酵素固定化による耐久性の向上と、マイクロリアクター利用によって酵素反応部のみを局所加熱する手法の協奏的な効果により、極めて高い反応収率を達成することができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ナノ空孔材料、酵素、マイクロリアクター、テアニン

〔研究題目〕 バイオエタノール製造プラント残渣のガス化技術の開発

〔研究代表者〕 佐藤 修（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 佐藤 修（常勤職員1名）

〔研究内容〕

バイオエタノール製造プロセス残渣の再資源化・高度利用技術として、高温高圧水中での担持金属触媒による燃料ガス化反応を提案する。本研究では、そのための必要な基礎研究として、（1）バイオマス原料に対応した

耐久性触媒の開発、及び（2）使用劣化した触媒の再生方法の検討を行う。

耐久性触媒の開発では、外表面積の大きなグラファイトにルテニウム（Ru）を高分散担持させたものを新たに調製（Ru/G）し、市販の活性炭担持 Ru 触媒（Ru/C）と反応性を比較した。

金属担持量5wt%触媒0.05gを用い、残渣試料0.1gを400℃、密度0.5g/cm³の超臨界水中でのガス化実験を行ったところ、主にセルロース成分が分解している15分の段階でのガス化率こそ37%で差がなかったものの、水溶成分収率は Ru/C27%に対して、Ru/G22%と最初から低かった。時間の結果とともに、両者ともガス収率増加と水溶成分の減少は進行したが、Ru/Gが240分の段階で完全ガス化できたのに対し、市販の Ru/Cのガス化率は65%にとどまった。このときのガス組成におけるメタン比も Ru/C38%に対し、Ru/G53%と平衡値に近い高い値を示した。さらに、高活性を示した Ru/Gについて、繰り返し実験を行った。触媒0.15gを用いて、温度400℃、水密度0.5g/cm³、処理時間3時間で、残渣0.1gのガス化実験を繰り返して行ったところ、初回と2回目共にガス化率100%と活性低下は見られなかった。

以上のことから、外表面積の大きいグラファイト担体に、活性種の Ru を高分散させることで、バイオマス残渣を効率的にガス化処理できる触媒調整に成功し、さらに、燃料ガスとして有用なメタン及び水素の合計が全体の6割近い収率で得ることができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 廃棄物再資源化、触媒反応、超臨界流体

〔研究題目〕 高耐酸性分離膜を利用した工業的エステル製造に関する研究

〔研究代表者〕 長谷川 泰久（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 長谷川 泰久（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エステルは、カルボン酸とアルコールの脱水縮合反応によって製造される。この反応は、平衡反応であるため、反応によって副生成する水が反応の進行を阻害する。そのため、副生成した水を反応器から選択的に除去することで、高収率にエステルを製造することができる。

本研究では、この水分除去に脱水用分離膜を利用し、エステル収率が向上することを確認した。分離膜には、既存の脱水用分離膜と比べ、耐酸性、透過性及び分離性の高いチャバザイト型ゼオライト膜を使用し、アジピン酸ジイソプロピルエステルをモデル反応として、基質濃度、触媒濃度、分離膜面積等の反応条件がエステル収率に及ぼす影響を定量的に評価した。

次に、反応条件下における分離膜性能の安定性を調査し、分離膜性能の低下を引き起こす物質を特定するとともに、その対応策を検討した。その結果、分離膜性能の

低下を数十分の1に抑制することに成功した。

また、反応基質総量が、エステル収率に及ぼす影響を調査し、実際のプロセス構築に当たっては、副生成する水の蒸発速度の制御が重要であることを示した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エステル、ゼオライト膜、脱水

〔研究題目〕 天然ゼオライトー有機高分子樹脂複合多孔体の成型と構造制御に関する研究

〔研究代表者〕 長瀬 多加子（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 長瀬 多加子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、JST が委託する『A-STEP（研究成果最適展開支援プログラム）』『FS ステージ 探索タイプ』により平成23年度下半期を実施期間として実施した。

ゼオライトは、イオン交換性や吸着性等の特性を示すが、自己焼結性がないことや高い親水性を示すことから、成形体として水中で使用することが困難であり、使用の際も固液分離が課題である。これまでの研究で、天然ゼオライトとして宮城県秋保産のモルデナイト粉末を用い、ポリサルホンとジメチルホルムアミド中にて分散・混合して調整したスラリーを乾湿式紡糸法で紡糸することで、中空糸多孔体を得た。本研究では、この紡糸条件の最適化を図ることで、耐圧性と透水性の改善を試みた。その結果、紡糸用スラリーにポリサルホンを30～50%程度まで混入すると耐圧性が上がり、さらに芯液・凝固浴にジメチルホルムアミドと水の混合溶媒を用いて相分離過程を遅延させると、中空糸表面や断面にポリサルホンによる緻密相が形成されにくくなるため、中空糸の耐圧性と透水性を同時に改善できることが確認された。具体的には、ゼオライトに対するポリサルホン添加量が2:1～1:1の条件下で、曲げ強度4N/mm²以上、透水速度は20～220L/(m²h)で、加圧濾過が可能な透水性、耐水性、耐圧性を併せ持つ中空糸が得られた。イオン交換量はバッチ条件下24時間で原料ゼオライト粉末と比較して70～80%であり、ゼオライトとしての特性はポリサルホンとの複合化後も維持されていると考えられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 天然ゼオライト、モルデナイト、中空糸、ポリサルホン、濾過膜、相分離法

〔研究題目〕 マイクロ波利用流通反応器における高速高精度温度測定法の開発

〔研究代表者〕 佐藤 剛一（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 佐藤 剛一、西岡 将輝、東 英生（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

円筒型照射空間を利用した気相流通式マイクロ波利用

反応装置の速やかな技術移転を促進するためには、温度測定技術の最適化を図る必要がある。マイクロ波利用反応では、接触型の温度計を照射空間内に設置することが材質の関係から困難であり、外部からの非接触温度測定が必須となる。この場合、窓材の材質やガス雰囲気等によって反応物質の温度測定条件が異なることから、正確な温度を測定するためには、流通式マイクロ波反応器に適し、触媒層の温度を高速、高精度で測定する手段の開発が必要である。しかしながら、マイクロ波照射ガス流通式反応における温度の非接触測定については、ほとんど研究が実施されておらず、温度計測に関するデータの蓄積もない。

新規な測定法の開発に向け、平成23年度研究においては、放射温度計、光ファイバー温度計、サーモグラフィ等を用いてマイクロ波照射下の温度解析を実施し、サーモグラフィの測定波長の影響、触媒の反射率の影響等のデータを蓄積し解析した。その結果、ガスの種類による温度測定結果の差違、サーモグラフィの測定波長による反応管越しの触媒温度の差違等を明らかにし、気相流通式マイクロ波利用反応における高精度温度測定手法の開発に繋げる知見を得た。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 マイクロ波加熱、温度測定、触媒、流通反応

〔研究題目〕 低温成形配線用ナノ粒子インク材料を目的とした窒化銅微粒子の合成

〔研究代表者〕 中村 考志（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 中村 考志、蛭名 武雄、林 拓道（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究は、プリントドエレクトロニクス（PE）分野における配線材料として価格や耐イオンマイグレーション性が銀よりも優位な銅による配線を目指した基板材料の研究である。

従来より、金属銅ナノ粒子を材料とする研究は行われているが、金属銅は酸化されやすいため、長期保存ができない、配線化する際にも400℃以上の加熱や水素中での加熱還元が必要といった解決すべき課題が多数存在している。

本研究では、従来のような金属銅ではなく、バルクにおいて耐酸化性があり、分解温度が300℃以下の窒化銅に注目し、これをナノサイズ化することにより、耐酸化性があり低温で配線可能な材料創出に取り組んだ。

平成23年度の研究では、窒化銅微粒子の合成法の確立を目標とし、長鎖アルキル基をもつアミン系化合物やピリジン等を溶媒に、無機銅塩を原料として、アンモニアやヒドラジンを窒素源として反応を検討した。しかし、硫酸銅や塩化銅を原料としてヒドラジンとの反応を試み

たところ、100-200℃の範囲での加熱では、金属銅または酸化銅が生成された。

しかし、種々の検討の結果、新規な原料系を原料とする反応で、有機溶媒中で窒化銅 (Cu₃N, PDF No. 55-0308) が選択的に合成できることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ粒子、金属窒化物

【研究題目】不揮発性溶剤を用いる吸収式 VOC 除去・回収技術の開発

【研究代表者】牧野 貴至 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】牧野 貴至、金久保 光央
(常勤職員2名)

【研究内容】

不揮発性かつ難燃性の溶剤を用いる、省資源・省エネルギーかつ高効率な吸収式 VOC 除去・回収技術の開発に取り組んだ。具体的には、イオン液体が、水やポリエチレングリコール等の従来型の吸収液と比較して、高い VOC 吸収特性を有すること、処理後のガス中の VOC 濃度が排出基準値以下であることを実証した。また、VOC を吸収したイオン液体を減圧処理することで、VOC 成分のみを選択的に回収し、イオン液体を再生できることを明らかにした (吸収液と VOC を、いずれもリサイクル可能である)。以上の結果は、従来にはない湿式の VOC 除去・回収プロセスを構築できることを示す。すなわち、イオン液体と排気ガスの気液接触により、排気ガス中から VOC を除去し、処理ガスを清浄ガスとして排出する。VOC を吸収したイオン液体は、吸収液再生部に送られ、減圧操作により再生される。再生されたイオン液体は、VOC 除去部に送られ、VOC の吸収に再利用される。一方、揮発成分は全て除去された VOC 成分であり、吸収液は含まれておらず、高純度の VOC を回収できる。今後、VOC 除去・回収プロセスの省エネルギー化・高効率化を達成するため、イオン液体の開発を推し進める。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】イオン液体、VOC 除去・回収、環境保全、リサイクル、省エネルギー

【研究題目】飽和炭化水素とアルコールを用いたプロピレン製造技術の開発

【研究代表者】山口 有朋 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】山口 有朋 (常勤職員1名)

【研究内容】

高い耐スチーム性を示す P/ZSM-5 を触媒として利用し、反応物としてヘキサンとエタノールの混合物を使用した接触分解反応を行い、高効率でプロピレンを製造する。エタノールがプロピレンに転換する際 (脱水反応過

程) に生成する水により、コーク生成を抑制する。

本研究は、プロピレンを高効率で製造する新規技術であり、石油化学産業における省エネルギー、二酸化炭素排出削減に寄与できる技術であり、ヘキサンとエタノールの混合物を反応物として実験を行い、反応条件の探索・新規触媒の開発を行った。この技術の確立が達成されれば、将来石油化学産業のみならず、バイオマス (バイオエタノール) の有効利用へ貢献できると考えている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナフサ、エタノール、ゼオライト触媒

【研究題目】高圧二酸化炭素を用いた厚膜塗工プロセスの開発

【研究代表者】川崎 慎一郎 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】川崎 慎一郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、リチウムイオン二次電池の電極膜製造プロセスの環境負荷低減、省エネルギー化を目的として、有機溶媒使用量を低減した超高粘度塗工液の新規塗工プロセスの開発を行っている。電極膜塗工液は、高分子有機バインダーを有機溶媒で溶解させた溶液に電極物質、導電助材を混合してスラリー化処理したものである。この塗工液は、電極物質 (粉体) の濃度が高く、かつ超高粘度であり、高圧プロセスでの連続操作も容易ではない。この塗工液を連続供給し、高圧二酸化炭素を安定的に混合して、粘度低下挙動を把握し、任意の粘度に制御して電極箔上に塗工し焼き付けを行った。電極膜の性状評価 (SEM、EDX)、電極膜を用いてボタン電池を製作し、充放電サイクル特性、出力特性を評価した。従来の塗工液濃度条件で CO₂ 添加効果の評価を完了し、有機溶媒添加量を低減した超高粘度塗工液を用いて、塗工試験、性能評価に着手した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界二酸化炭素、リチウムイオン電磁成膜

【研究題目】高次ナノ構造・酵素を利用した迅速・高感度な農業センサの開発

【研究担当者】花岡 隆昌、伊藤 徹二 (コンパクト化学システム研究センター)
(常勤職員2名)

【研究内容】

迅速・高感度が期待できる電気化学式の酵素センサを用いるためには、現状の電気化学式の酵素センサでは、生体物質である酵素の凝集や失活に起因する不安定性、酵素固定化担体が検出対象物質の拡散を阻害することによる反応効率の低下等により、センサの感度・応答速度・精度等が著しく劣化してしまい、酵素本来の優れた特性を十分に引き出すことができない。

そのため、無数の規則的な微細孔を有し、物質拡散制限がない高次ナノ構造をもつ薄膜状の構造体に、酵素を高密度に固定化することで、酵素の安定性を高め、触媒としての優れた反応性を効率的に利用できるセンサ開発を検討した。

平成23年度は、固定化量の最適化のため高次構造体の表面修飾を行った。具体的には、表面をアミノ基及びメチル基によって修飾し、酵素固定化量について検討した。その結果、メチル基で修飾した高次構造へのタンパク質の吸着は未修飾に比べ減少し、アミノ基で修飾した高次構造への吸着は増加することが分かった。これは、メチル基で修飾の場合、アセチルコリンエステラーゼの表面が親水的であることから、吸着量が減少し、アミノ基修飾の場合は、アセチルコリンエステラーゼの等電点が5であることから、吸着条件の pH7ではアセチルコリンエステラーゼが負に帯電しており、イオン吸着により吸着量が増加したと考えられる。これらの結果、アミノ基修飾が高次構造体への酵素の吸着に有効であることが示唆された。また、酵素センサの実用化に向けて高次ナノ構造体の切り出し方法を確立し、一次試作品を完成させた。さらに、標準農薬を用いて性能の評価・検証を行い、一次試作品の目標仕様（濃度10ppbの農薬が検出可能）が実現可能であることを確認するとともに、最終目標仕様の達成に向けた課題の抽出を行った。これらの結果を踏まえ、使い捨て型電極の作製条件、ディスペンス方式における検出条件の再検討を行い、仕様達成に必要な検出部及び周辺技術の設計・開発を行った。電極を含む検出部の大きさを5cm×5cm×5cm以下まで小型化した試作品を作製し、基本的な動作を確認した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】多孔質材料、酵素、酵素センサ

【研究題目】研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）／フィージビリティスタディステージ探索タイプ／環境配慮型セレンフリー無機系赤色顔料の実用化促進に関する研究

【研究代表者】楠本 慶二

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】楠本 慶二、杉山豊彦

（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

現在、鮮明な赤色を示す無機系顔料としては、金属セレンを着色源とする顔料が主に使用されており、セレンは毒性が高いことからセレン系顔料を代替可能な無機系顔料の開発が望まれている。著者らは、これまでの研究によってクエン酸鉄化合物と水酸化アルミニウムの混合物を熱処理することによってセレン系顔料に近い酸化鉄系赤色顔料が得られることを明らかにしている。本研究では、より一層、セレン系顔料に近い鮮明な赤色の顔料

を実現するべく、合成試料に各種の透明酸化物を混合して塗料化した場合の外観色の変化を調べた。実験には、これまでの研究で最も赤く発色した試料（クエン酸鉄1モル+水酸化アルミニウム1モルの混合物を700℃で1時間熱処理）を用いた。この粉末に酸化アルミニウム、酸化ケイ素、酸化ジルコニウム、酸化チタニウムといった透明酸化物の粉末を一定の割合で混合した後、市販の水性ニスを使用して粉末/ニス溶液が体積比で50/50になるように調整して塗料化し、白タイルに塗布した。その後、測色計を用いて塗膜色の評価を行った。合成試料粉末に酸化アルミニウム粉末を配合すると、配合しない試料と比較して徐々に明るい赤に変化し、「試料：酸化アルミニウム=2：8」試料で最も赤くなることが分かった。また、合成試料粉末に酸化ケイ素粉末を配合していくと、こちらも明るい赤に変化し、「試料：酸化ケイ素=2：8」試料で最も赤くなることが分かった。一方、酸化チタニウムや酸化ジルコニウムを配合した試料では、これらの粉末を10%程度配合した混合物では、若干、赤色度が増加したが、それ以上、配合すると外観色が赤からピンクに変化することが分かった。配合する透明酸化物によって、塗膜の外観色が変わる理由としては、混合する透明酸化物の光透過及び光反射特性の違いが影響していると考えられる。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】塗料、顔料、セレンフリー、クロムフリー

【研究題目】研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）／フィージビリティスタディステージリード型タイプ／木質材料の流動性発現による複雑三次元成形加工への天然添加剤の適用

【研究代表者】杉元 宏行

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】杉元 宏行、金山 公三、三木 恒久

（サステナブルマテリアル研究部門）、西田 雅一（計測フロンティア研究部門）（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

産総研では、木質材料の超塑性的変形挙動を利用し、バルク状の木質材料から任意形状の製品を得る技術を世界で初めて見出した。この技術は従来の木材成形技術と比較して、粉末化のエネルギー削減、迅速な任意形状付与、高力学特性付与、高木質感の付与、および、原料形状を限定しない点等の多数の優位点を持つ。この変形挙動は、添加剤を木質材料成分の非結晶領域へ拡散後、非結晶領域中の水素結合性官能基とナノ複合化する事により発現する。現状では、添加剤に石油由来物質を用いているため、木質材料の優位性である持続性が損なわれる。そこで本課題では、天然系添加剤による木質材料高機能化技術の開発を行った。

本年度は、サブテーマを5つに分け、検討を行った。

一つ目のテーマは、① 添加剤の拡散技術の開発 である。目標としては、成形時の圧力が80MPa 以下で所定形状の成形体を得ることである。そのためには、易流動性の付与、木質材料の超塑性的変形条件の探索が必要である。研究課題として次の二点、天然添加剤が、細胞壁内に拡散しうるか1)、および、添加剤の溶媒の乾燥過程においてその膨潤が維持されるか2)とした。この課題の具体的な目標値と現状を示す。

1) 含浸条件の検討については、含浸後の膨潤率5%以上⇒達成した。

2) 乾燥条件の検討については、乾燥後の未処理材に対する寸法変化率1%以上および乾燥後の累積空隙量が水と同等以上⇒とすることを目標とし、達成した。24年度の材料学会にて発表予定。特許出願準備中。

二つ目のテーマは、② 天然添加剤の調製 である。目標は、水浸漬24時間における寸法変化率5%以下である。これまでの研究結果で、低分子フェノール樹脂を用いた製品の疎水化に成功している。今回、木材中の親水基を架橋あるいは疎水基に改質しうる天然系添加剤の探索を行う事を課題としている。目標値と現状は以下のとおりである。

1) 添加剤の反応性・溶媒種・濃度・分子量の検討については、水浸漬24時間後の寸法変化率5%以下とすることを目標とし、達成した。23年度の日本木材学会にて発表。特許出願準備中。

三つ目のテーマは、③ 成形条件の検討 である。目標は、成形圧力80MPa 以下で成形した試料の機械的特性を、引張降伏強さ：20MPa 以上、引張弾性率：1050MPa 以上とすることである。現在、上記の①、②で得られた試料に関して、力学的な評価を行い、成形体を作製する金型の作成が終了した段階である。これから力学試験に取り掛かる予定である。

四つ目のテーマは、④ 各種加工条件の最適化 である。目標は、キセノンウェザーメーターによる促進劣化試験1000時間の後に初期力学特性の6割維持である。現在、試料を固定するホルダー形状について検討を行っている。促進条件については、JIS のプラスチックの屋内使用を想定した条件を考えている。また、上記の③の実験結果を待っている段階である。

五つ目のテーマは、⑤ 市場調査である。本格研究に向けた複雑三次元成形体の市場進出先設定を行う。自動車内装材、家具、家電外装、食器について市場調査、市場ニーズとの調整を行う。

成形体の試作を行い、各目標市場のニーズについて調査中。一定のニーズがあることは確認したが、さらに範囲を広げて調査を継続し、目標値を決定する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 木質材料、流動成形、微細構造、天然系添加剤

【研究題目】 戦略的創造研究推進事業（CREST）

「実時間並列ディペンダブル OS とその分散ネットワークの研究」

【研究代表者】 加賀美 聡（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】 加賀美 聡、松井 俊浩、西脇 光一、Simon Thompson、石綿 陽一、梶田 秀司、金広 文男、安藤 慶昭、尹 祐根（常勤職員8名、他1名）

【研究内容】

ロボットなど多様な環境で運用される組み込みシステムにとって、想定外の使われ方をした場合や、さまざま機能を組み合わせたサービスを行った場合などに発生する仕様外のエラーは避けられない。また使っているうちに仕様が変わってきたり、ハードウェアやソフトウェアのバージョンが改変されることによりエラーが発生する可能性がある。そこでこのようなエラー時にもクリティカルな事故を起こさず、システムのダウンを最小限にし、発生した事故の原因を後から明らかにすると共に、効率的に PDCA のサイクルをまわすという、ディペンダビリティ向上の仕組みが重要となってくる。

本研究ではロボットを主たるターゲットとして、ディペンダビリティ向上の仕組みを持つ OS を開発することを目的とする。組み込みシステムのソフトウェアの特徴として、システムを利用する環境が多様であったり変化することにより、システムへの入力、要求される出力、組み込まれているソフトウェアの構成などが変わることや、ソフトウェアもハードウェアもアップデートが行われること、などが挙げられる。

本研究では、a) ～ c) の3つのディペンダブル機能を提供する OS を実現することを目的とする。a) カーネルおよびアプリケーションの異常をリアルタイムで検出し、分散ネットワークによりその異常をリアルタイムに伝達する機能、b) システムを安全に停止させる非常機能を保護する機能、c) カーネル、アプリケーション、デバイスドライバの何が悪かったかがロギングにより事後に解析可能な機能。

この目的を実現するために Linux に、1) 実時間、2) AMP 機能を実現し、3) カーネルとユーザー空間アプリケーションの監視、非常機能の保護、およびロギング、に関わるコードを AMP 機能を利用して独立に実時間で実行する機能を開発した。

開発した ART-Linux はユーザー空間から実時間タスクを実行するシステムコールを提供する OS であり、複数のコアを非実時間 SMP-Linux と実時間 ART-Linux の組み合わせにより用いることで、ディペンダブルなシステムが構成可能な設計となっている。H23年度は、これまで3年間かけて開発してきた上記の OS が、βテスト可能な段階まで開発が終了した。具体的には、物理メモリ割り当て、タイマ割り込み管理、コア間通信（共有

メモリ、仮想シリアル、仮想ネットワーク)、AP カーネルの設定したメモリへのリロケーション、AP のルートファイルシステムとブート、デバイスのコア間での振り替えについて設計と開発を終了した。今後なるべく早い時期に一般への公開を目指している。

開発した実時間機能を提供する OS を Sourceforge より一般公開し、これまでに約六千件のダウンロードがあった。開発した OS をヒューマノイドロボット HRP2, HRP3, HRP4や移動ロボット Pen2, Segway RMP など利用し、実証実験を行った。また開発した OS を搭載した組み込み用ボードが GRX から販売されている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット、ディペンダビリティ、実時間 OS、ヒューマノイド、サービスロボット

【研究題目】戦略的創造研究推進事業（社会技術研究開発）「虐待などの意図的傷害予防のための情報収集技術及び活用技術」

【研究代表者】山中 龍宏（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】山中 龍宏、西田 佳史、本村 陽一、北村 光司、井上 美喜子、高野 太刀雄（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本課題の目的は、「犯罪」を子どもの健康被害と位置づけ、個人の個別的問題ではなく、科学技術および社会システムの問題としてとらえ、子どもが受ける意図的な傷害行為（intentional injury）を予防するための科学的なアプローチを実施することにある。具体的には、従来、子どもと接する各種の専門家に、客観的に判断し介入可能にするための、現場で利用できるデータや技術を提供し、現場での負担の軽減に寄与する。そのために、医療機関を中心に情報を収集・解析し、現場で使用できる形に加工し、また、社会実装のツールを開発し、その検証を行う。

事故による傷害と虐待による傷害のデータベース構築に関して、病院における意図的傷害事例の調査として、国立成育医療研究センターの虐待対応チームが携わった虐待疑いケースの頭部外傷を主訴に来院した144件の分析を行った。傷害データ収集システムを応用して、長崎大学はこれまでに274件の口腔外傷事例を収集した。千葉大学においては、昨年度に引き続き、精細な3D 画像を作成し、小児の事例を含めた事故や犯罪の解析に提供することが可能なデータの蓄積を行っている。産総研により頭蓋骨の力学特性値を検査するシステムの開発と検証を行った。現在までに生後2カ月、1歳、2歳の子どもの頭蓋骨片の計測を行い、従来の大人から子供の予測データよりも本測定の幼児のデータはより柔らかい（低弾性係数）ことが明らかになった。

警察・検察の立件支援・鑑定支援のための物理的診断ソフトウェアに関しては、過去警察から提供されたデータと、大阪医療センターから成傷機転が明らかなものの画像をもとに乳児ダミーを用いて虐待により発生する頭部外傷と転倒事故において発生する頭部外傷を判別できるようになった。また、疑虐待の頭部外傷例5例に対して、本研究で開発した技術を適用し、力学的鑑定を実施した。これらの実症例分析を通じて、本研究で開発中の傷害再現技術は疑虐待例に対する客観的かつ科学的な判定をサポートするものであることを確認した。また、乳幼児揺さぶられ症候群で特徴的に観察される眼底出血解明のため0.5%寒天の硝子体を用いた眼球モデルを作成し、行った実験結果から対応するコンピュータシミュレーションを行ったところ、おおむね一致した。また、窒息に関しては、こんにやくゼリーの嚥下に関する窒息モデルを作成した。

因果構造分析にもとづく虐待診断支援技術については、大阪市子ども相談センター、埼玉県の保育園、千葉県（協議中）、長崎県（平成23年度新規・18園の保育園で導入済み）、群馬の保育園において、傷害・虐待診断のための記入用紙、または、統計的虐待診断支援ソフトウェアを配布し、通常時には、事故による傷害のデータを記入し、疑いがある場合、判断に迷う場合に、虐待診断用のシート（統計的虐待診断支援ソフトウェア）に記入するしデータベース化する仕組みを構築した。この仕組みで、平成23年度だけで保育園環境から123件の傷害データを蓄積した。これに加え、これまでの傷害データベースに、眼底のデータを入力できる機能を実装し、入手した眼底出血データを入力した。

社会実装のための現場での実践・普及については、PRECEED-PROCEED モデルに基づいて、児童相談所や医療機関や学校関係の利用者が導入を促進するために、1）なぜ通報をする必要があるのか（準備因子への働きかけ）、2）どのようにソフトウェアが入手・利用可能になるのか（促進因子への働きかけ）、3）どんな成功事例があるのか（強化因子への働きかけ）を助けるための教育用パンフレットの作成やセミナーを行った。実際にセミナーを実施し、社会実装拡大の活動を行った。また、大阪市（都市型）と群馬県（地方型）の2つの地域を取り上げて研究成果を活かした虐待の早期発見・再発防止のための社会システムを構築した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマン、傷害データベース、統計数理、データマイニング、虐待対策、傷害予防、傷害サーベイランス技術、インパクトバイオメカニクス（生体衝突工学）

【研究題目】機能性酸化物を用いた界面相転移スイッチングデバイスの開発

【研究代表者】秋永 広幸

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】秋永 広幸、島 久、赤穂 博司、
澤 彰仁、井上 公、佐藤 弘、
石橋 章司、寺倉 清之
(常勤職員8名、他6名)

【研究内容】

目標：

半導体エレクトロニクスが持続的に発展していくためには、遷移金属酸化物など新材料の導入と、それらによって構成される界面を制御する技術の開発が必要不可欠となっている。本事業では、金属/絶縁性酸化膜の界面電子状態および強相関相転移の物性制御研究を通して、それらを利用した不揮発性スイッチングデバイス技術の開発を行う。より具体的には、下記の2課題を設定した。

- 1、金属/遷移金属酸化物界面の電子状態制御
- 2、界面における強相関相転移を利用したスイッチ機能の開発

年度進捗状況：

課題1に関して、平成23年度は、ノンコリニア磁性・スピン軌道相互作用の取り扱うための2成分相対論形式の電子状態計算プログラムを、実用レベルまで高速化することに成功した。このプログラム改良により、実験グループが扱っている Ce ドープ CaMnO_3 などの相図上に現われるノンコリニアスピン構造を適切に計算することが可能となった。また、 TiO_2 ベーストランジスタ特性向上のメカニズム解明に向けて、チャンネル層である TiO_{2-x} 膜とゲート絶縁膜として用いた SiO_2 膜との界面に関する分光学的評価を実施し、界面近傍における酸化状態の制御がトランジスタ特性向上に深く関与していることを示した。

課題2に関して、まず、 CaMnO_3 において、圧縮歪を受けた薄膜は、歪を受けていない薄膜に比べて半分以下の電子をドーピングすることで金属-絶縁体転移を示すことが分かった。そこで、圧縮歪を持った CaMnO_3 薄膜をチャンネルに用いて作製した電気二重層トランジスタのチャンネル抵抗の温度変化のゲート電圧依存性を調べた。その結果、ゲート電圧が0V では絶縁体であるのに対し、2V を印加すると金属的な振る舞いを示し、低温で約 10^3 、室温でも10以上の抵抗変化比が得られた。

【分野名】情報通信エレクトロニクス

【キーワード】機能性酸化物、界面相転移、第一原理計算、スイッチ素子、極微細加工

【研究題目】Flex Power FPGA チップのアーキテクチャ設計、回路設計、試作チップ設計、周辺ソフトウェアの開発

【研究代表者】小池 帆平

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】日置 雅和、中川 格、関川 敏弘、

堤 利幸 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

半導体の微細化に伴うマスクコストの上昇と半導体産業の成熟に伴う少量多品種生産への要求の高まりとともに、FPGA の重要性が増している。ところが、FPGA では、消費電力、特に漏れ電流による静的消費電力が大きな問題となっている。そこで、XMOS トランジスタを用いて回路各部のきめ細かなトランジスタのしきい値電圧調整を可能とすることで FPGA の電力消費問題を解決し、携帯機器などへと FPGA の応用分野を広げて、XMOS トランジスタのキラーアプリケーションを目指すのが Flex Power FPGA である。チップ全体を多数のしきい値制御領域に分割し、回路各部の消費電力をきめ細かに制御可能とした、既存半導体技術を用いた Flex Power FPGA 試作チップと、この試作 FPGA チップのための回路データを生成することのできる実用レベルの専用 CAD ソフトウェア群を開発してきており、開発された実チップの測定から、複数のベンチマーク回路での正常動作と、最大で1/22.6に及ぶ消費電力削減効果を確認している。また、更なる消費電力削減効果を得るために、しきい値制御能力がより高い SOTB トランジスタを用いた Flex Power FPGA 試作チップの開発も目指しており、そのための回路設計環境の構築も進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】FPGA、静的消費電力削減、動的しきい値最適化

【研究題目】Thin-Film SOI MOSFET の高精度回路設計技術の開発

【研究代表者】五十嵐 泰史

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】五十嵐 泰史、大野 守史、柳原 昌志、千葉 正、田所 宏文、福田 浩一、昌原 明植、遠藤 和彦、柳 永助、松川 貴、大内 真一、坂本 邦博
(常勤職員7名、他5名)

【研究内容】

大規模集積回路 (LSI) を構成するトランジスタ (MOSFET) は微細化とともに性能を向上させてきた。

最近、従来のシリコンウエハ上の平面に形成してきた MOSFET (2次元構造) から、新たな構造として Fin 形状チャンネルを有する3次元構造の MOSFET (FinFET) が実用化されるようになってきている。産総研では長年にわたり XMOS と呼ばれる FinFET について研究を続けている。

本研究では、これまでの知見を活かして FinFET を含むダブルゲート構造の MOSFET の特徴を活かしたロジック LSI への応用について検討を行った。具体的には、ロジック用基本回路の開発と、それを支える高精度の回路設計環境を構築することを目的とした。

試作した MOSFET の実測データと TCAD による素子特性の予測データを用いて、回路シミュレーション用のモデルパラメータを抽出し、それを用いてロジック LSI を構成するための基本回路を創出した。これらの回路では、従来構造型の MOSFET (2次元構造) で構成する場合に比べ、面積と消費電力を半減させることが可能であることを示した。具体的には、ノイズ誤動作に耐性のある回路、低消費電力回路、占有面積の小さな回路などのロジック基本回路を開発できた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ダブルゲートトランジスタ、FinFET、ロジック LSI、ライブラリ、集積回路

【研究題目】ナノ Si 熱電材料の実現のための材料設計指針の探索

【研究代表者】多田 哲也

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】多田 哲也、内田 紀行、森田 行則、前田 辰郎、Vladimir POBORCHII、PARK Sungjin、原 未来夫

(常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

現在、一次エネルギーの約七割が廃熱として捨てられている中、ゼーベック効果を利用した熱電発電技術が注目を集めている。熱と電気の直接エネルギー変換を実現する熱電材料の高性能化のためには、電気伝導率が高いが熱伝導率は低いという相反する状況を材料中に創り出す必要がある。この状況を創り出す手法の一つが、材料のナノ組織化である。加えて、既存熱電材料は、ピスマスやテルル等から構成されていることから、熱電発電技術の民生分野での実用化のためには、有害元素を含まない材料を開発していかなければならない。本研究では、代表的な環境調和型元素であるシリコン (Si) に着目し、多様なナノ組織構築技術と高度な Si ナノデバイス技術を元に、ナノスケールで構造を制御した Si を創製し、熱電特性の高機能化を図る。

本年度は、モリブデン系の金属シリサイドナノ結晶コンポジット膜の、熱伝導率計測を行った。その結果、熱伝導率は、 $\sim 4\text{W/mK}$ で、通常のシリサイドの1/10以下と極めて小さく、有望な熱電材料になる可能性があることが判明した。熱伝導度が小さいのは、Si がナノサイズ化することによる Si 自体の熱伝導率の減少、シリサイドナノ結晶による熱伝導の阻害が、コンポジット膜の熱伝導抑制要因であると考えられる。

また、我々は、熱電特性の計測するための Si ナノワイヤ構造の作製に着手した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】熱電材料、ナノ構造、シリサイドナノ結晶コンポジット、Si ナノワイヤ

【研究題目】ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

【研究代表者】富永 淳二

(ナノ電子デバイス研究センター)

【研究担当者】富永 淳二 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

光ディスクで用いられている高度な光学検出系をそのまま応用して、蛍光分子等のラベルを用いず、安価でかつ利用価値の高いバイオセンシングシステムを開発することを目標としている。平成23年度では、トラッキングエラー信号振幅及び分子吸着信号強度の最適化を図った基板を用いて、サブテラマリーダー等とともにセンサシステムの設計およびシステムの構築を継続して行った。平成22年度までは、スポッティングのためのアドレス情報を相変化記録膜に書き込むバッジ作業を要したが、システムの設計指針に基づいて Bio-DVD 基板上に予めアドレス信号をピットとして刻み込んだディスク原板とポリカーボネート基板に転写したブランクディスク作製することで、バイオ分子を固定する作業時間が大幅に短縮できた。その結果、RNA、アプタマー、タンパク質等のバイオ検体を固定化において、従来の記録型に比べてトラッキング信号がやや小さくなる問題が生じ、再生信号が不安定になる状況がしばしば発生した。この原因はアドレスピット幅と深さに起因することがわかり、改善できた。また、バイオ分子を固定化したときに生じる非特異的吸着分子の低減のため、SAM と呼ばれる単相分子膜を BioDVD 上に形成することが必要となり、この SAM 膜厚のため信号感度の低下が発生した。この点については次年度の課題である。

【分野名】情報通信、バイオ

【キーワード】分子センサー、バイオセンサー

【研究題目】高性能薄膜トランジスタおよびそれを用いた不揮発メモリ

【研究代表者】金山 敏彦

(情報・エレクトロニクス分野研究統括)

【研究担当者】内田 紀行、岡田 直也

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、日本側期間で開発された新材料、遷移金属内包 Si クラスタ (M@Si_n) を凝集した薄膜が、優れたキャリア輸送特性を持っていることを利用し、高性能の薄膜トランジスタ (TFT) および不揮発メモリを作製することを目的とする。

平成23年度は、TFT 試作用の遷移金属内包シリコンクラスタ膜 (Mo@Si_n (n=10-12) 膜) を提供し、台湾チームが TFT の試作・評価を行った。その結果、TFT の動作向上のために、Mo@Si_n 膜に良好なコンタクトを取る技術を開発する必要があることが判明した。そ

ここで、(1)台湾チームが有する技術を用いた仕事関数の小さい金属を用いたコンタクト形成、(2)産総研チームが $M@Si_n$ の M の価数変更によるドーピング、を用いてコンタクト抵抗を下げる技術の研究に注力することになった。他方、産総研チームでは、 $Mo@Si_n$ 膜のキャリア輸送特性を詳細に調べる目的で、直流及び交流の電気伝導特性評価を行った。

その結果 $MoSi_n$ 膜は、室温-240K では熱活性化型、240K 以下ではホッピング型の電気伝導を示した。ホッピング伝導に寄与する状態密度を算出すると、 $7.3 \times 10^{19}/\text{cm}^3\text{eV}$ であり、ギャップ内準位がキャリア輸送に影響を及ぼしていることが判明した。また、 $M@Si_n$ 膜は、モノシラン (SiH_4) ガス中で遷移金属や遷移金属シリサイドターゲットをレーザーアブレーションすることで気相合成した遷移金属内包シリコンクラスター $M@Si_n$ を、ターゲットの対向位置にある固体基板に堆積することで作製してきた。 SiH_4 ガス圧は、50Pa 程度が最適値としてきたが、X線反射スペクトルの測定から、膜密度がアモルファス Si と比べ非常に低いことが判明した。ガス圧を20-30Pa にすることで、膜密度が上昇し膜質の向上が期待できることが分かった。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 薄膜トランジスタ、 Si クラスタ凝集薄膜

【研究題目】 DDS ナノ粒子の分子シミュレーションの研究開発

【研究代表者】 三上 益弘 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 三上 益弘、内丸 忠文、都築 誠二、篠田 渉、古明地 勇人、Dmitri FEDOROV、三浦 俊明、森下 徹也、石田 豊和、西尾 憲吾、中村 壮伸、高岩 大輔
(常勤職員10名、他2名)

【研究内容】

リポソームを用いた DDS 設計に利用できる DDS シミュレータを開発するために、(a)DDS ナノ粒子設計シミュレーション技術の研究開発、(b)糖鎖とレクチンの分子間相互作用解析の研究開発、(c)DDS シミュレータのシステム開発の3つの研究項目を実施した。

(a) DDS ナノ粒子設計シミュレーション技術の研究開発では、リポソーム・脂質二重層膜の安定性や低分子の膜透過性などを高精度で計算するために、脂質分子-水系の高精度分子間相互作用ポテンシャル、高速高精度自由エネルギー計算法、粗視化モデル、局所圧力解析法の開発をした。さらに、これらの分子シミュレーション技術を用いて、DDS ナノ粒子設計に必要な、脂質二重膜の水分子の膜透過自由エネルギー計算、脂質二重層膜へのコレステロール添加効果、リポソームの付着と融合の研究、リポソームの形成過程の研究を

行い、DDS ナノ粒子設計に必要なシミュレーション技術を開発した。これにより、原子モデル・分子モデルに基づいて DDS ナノ粒子を設計することが可能になった。

(b) 糖鎖とレクチンの分子間相互作用解析の研究開発では、古典分子動力学計算と量子化学計算を組合せたハイブリッド法に基づいたモデリング法を新規に提案し、Eセレクトイン-シアリルルイス X 糖鎖複合体に応用し、NMR の化学シフトの実験結果を良く再現する結果を得た。これによりこれまで複雑さのため計算が困難だった DDS ナノ粒子が病巣を見つけ出すターゲットングを解析する計算技術を確立することができた。

(c) DDS シミュレータのシステム開発では、ユーザーインターフェースの改良を行い、DDS 関連のシミュレータを簡便に使えるようにした。

【分野名】 バイオサイエンス

【キーワード】 レクチンと糖鎖の分子間相互作用解析、DDS ナノ粒子の血管内における流動解析、DDS ナノ粒子設計、マルチスケールシミュレーション技術

【研究題目】 GW 法に基づいた強相関電子系シミュレーション手法の開発と応用

【研究代表者】 三宅 隆 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 三宅 隆、品岡 寛、Ferdinand Aryasetiawan
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

本研究プロジェクトでは、実際にはクーロン相互作用の効果の大きな現実物質 (強相関電子物質) の物性を予測し、現象のメカニズムを解明する上で、汎用性が高く実用に耐える高精度計算手法を開発応用することをめざしている。密度汎関数法の局所密度近似など、従来の第一原理計算手法は、強相関電子系に対して多くの困難を抱えている。この困難を克服するために、私たちは3段階手法によるアルゴリズムを提唱し、東大、産総研、エコー・ポリテクニクの共同でこのプロジェクトを推進してきた。5年プロジェクトの前半では3段階手法の各要素、すなわち大域的電子状態計算と GW 計算、ダウンフォールディング法、低エネルギーソルバーについてそれぞれ個別の改良と、各要素の接続による統合的応用を試行し、研究期間の後半で要素を統合して広範な現実物質へ大規模に応用するという大局的な戦略を設定して進めてきた。平成23年度は、3段階手法を融合した方法をさらに高度化し、興味深いいくつかの物質群に対して、3段階手法を実際に適用する研究を展開した。特に、第一原理電子構造計算と動的平均場理論 (DMFT) の融合手法を発展させ、周波数に依存したハバード U をもつ系を取り扱えるようにした。昨年度より開始した鉄系超伝導体 $BaFe_2As_2$ に対する計算を進め、遮蔽の動的効

果により電子励起スペクトルの低エネルギー部分への繰り込み効果が強められること、 BaFe_2As_2 は非フェルミ液体領域に位置することを見つけた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 計算科学、電子相関

〔研究題目〕 イオン液体の構造イオン運動の解析及びイオンの分子構造とバルク物性の相関を解明

〔研究代表者〕 都築 誠二（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 都築 誠二、篠田 渉（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本プロジェクトでは、イオン液体を電解質に用いた蓄電デバイスのゲームチェンジング・テクノロジーの創出を図る。イオン液体は、不揮発性、高温安定性、さらにそのデザインの多様性などの特徴を持つ。さらに本プロジェクトでは、これまで見逃されてきたイオン液体の異常溶解性・ドミノ式電荷輸送といった側面に焦点を当て、これを併せ利用することにより、放電生成物の電解質への溶出などの問題のため実現出来なかった硫黄（S）を正極とするリチウム系二次電池を開発する。すなわち、リチウムイオン液体を電解質に用いた高エネルギー密度（ $> 500 \text{ Wh/kg}$ ）・低環境負荷・低価格・資源制約のないLi系負極 | Ionic Liquid | S型電池（LILS電池）の創出を目指す。上記の目標の達成をするために、産業技術総合研究所では分子軌道法、分子動力学法などの計算化学手法を用い、イオン液体の構造、イオン液体中のイオンの運動の解析を行なうことで、イオン液体を構成するイオンの分子構造とイオン液体のバルク物性の相関の解明を行なう。本年度は主にLi-グライム錯体からなるイオン液体の相互作用の解析およびスルフィドアニオンの構造、電子状態の解析を行った。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 イオン液体、リチウム電池電解質、分子間相互作用

〔研究題目〕 エコマテリアルの開発と商品化

〔研究代表者〕 清水 博（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 清水 博、高橋 顕、蓬田 美樹、塚田 英幸（以上ナノシステム研究部門）、富士岡 芳樹、北川 良一（以上ベンチャー開発部）
（常勤職員2名、他4名）

〔研究内容〕

目標：

二酸化炭素由来ならびにバイオマス由来の両エコマテリアルについて加工条件と力学性能との相関を解明し、これら材料の商品化を図るとともに起業の可能性を検討する。

研究計画：

以下の両エコマテリアルについて加工条件と力学性能との相関を解明する。

1) 二酸化炭素由来エコマテリアル

2) バイオマス由来エコマテリアル

また、材料の商品化を図るために、外部機関に委託して新規エコマテリアルに関する市場調査を実施する。

3) 新規エコマテリアルの市場調査

年度進捗状況：

1) 二酸化炭素由来エコマテリアル

従来の最適組成であったポリ酢酸ビニル（PVAc）の少量添加では駄目でPVAcは20~30重量%必要なのが判明した。原料である脂肪族ポリプロピレンカーボネート（PPC）の力学性能が大幅に改善されたため、従来の最適組成では目標を達成できず、PVAcの量を増やすことにより目標を達成（弾性率2.1 GPa、破断伸び529%）した。

2) バイオマス由来エコマテリアル

バイオマス由来のポリエチレン（bio-PE）とポリ乳酸（PLLA）とを高せん断成形加工によりナノアロイ化する際、微細構造を形成するのは低粘度タイプの高密度PE（bio-HDPE）のみであったため、弾性率についての目標（400MPa以上）は容易にクリアできた。

3) 新規エコマテリアルの市場調査

環境に配慮した材料、とりわけ二酸化炭素由来という新素材の有用性が市場でも受容されることが判明し、かつ事業化を具体的に検討する企業が見つかった。化粧品メーカー等の大半がコスト優先で環境に優しい材料でも受容されにくい面がある一方、積極的にバイオマス由来の材料を容器等に使用したいという企業が見つかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造分野

〔キーワード〕 エコマテリアル、二酸化炭素由来エコマテリアル、バイオマス由来エコマテリアル、バイオPE、ポリ乳酸（PLLA）高せん断成形加工、ナノアロイ

〔研究題目〕 グラファイト複合構造体の基礎物性解明

〔研究代表者〕 大谷 実（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 大谷 実、中西 毅、
Nguyen Thanh Cuong
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

量子力学に立脚した計算機科学の手法を用いて、次世代半導体材料における新探究材料として注目を集めている、グラフェンを中心とするナノスケール炭素物質の基礎物性解明を行い、そこで得られた知見を基に現状におけるグラフェン、ナノスケール炭素材料のデバイス応用における問題点の指摘と、デバイス設計指針の提示を行う。同時に、次元性、形状、階層構造制御による新たな

機能性ナノ炭素構造体の理論物質設計を行い、次世代半導体材料において、新に目指すべき炭素ナノ材料設計、応用の指針を示す。本年度は昨年度に引き続きグラフェンと絶縁膜（ SiO_2 ）の界面の電子状態の研究を行った。ある種の絶縁膜表面を用意すると、グラフェンと非常に強く相互作用することが分かった。これは剥離法によるグラフェン薄膜の単離のメカニズムを明らかにするものである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 グラファイト薄膜、グラフェン、密度汎関数法

【研究題目】 シリコン系量子ナノメモリの開発

【研究代表者】 永宗 靖（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 永宗 靖、林 豊、上村 崇史、阿部 益宏（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

従来のフラッシュメモリの問題点は、その書き込み電圧が20～25V と高い事に有り、書き込み電圧の高い電圧が突出している。書き込み電圧は、ゲート酸化膜下の2次元電子ガスから、窒化シリコンメモリノードへ電子を注入する際、高電圧により高い電界を誘起して、電子がFowler-Nordheim トンネルによりメモリノードに到達する為に必要である。2～3nm の酸化シリコン膜を電子Fowler-Nordheim トンネルする為には、印加電圧は20～25V が必要になる。

本研究では、シリコンナノワイヤを用いる事により、電界集中効果を生じさせ、 $\sim 1/10$ の電圧で電子注入を可能にする事を目指す。シリコンナノワイヤでは、電界はほぼナノワイヤの逆数に比例して大きくなり、ナノワイヤが10nm の直径で、印加電圧を70%まで下げられる事が理論的に予測出来た。本年度、エッチングにより形成したシリコンナノワイヤに原子層堆積装置を用いて2種類の酸化膜を形成し、電荷保持特性を計測した。その結果、原子層堆積装置による絶縁層はリーク電流が多く、改善の必要がある事が判明した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 シリコンナノワイヤ、トランジスタ、メモリ、単一電荷

【研究題目】 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディ ステージ探索タイプ「光と熱による書換えが可能な新しいデジタルペーパーの開発」

【研究代表者】 木原 秀元（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 木原 秀元、吉田 勝（常勤職員2名）

【研究内容】

我々が開発した光二量化により固体アモルファス相を

示すアントラセン化合物とポリマー樹脂からなる複合薄膜サンプルを作製し、その薄膜に加熱・光照射を施すことにより、パターンを書込み・消去ができるような新しいデジタルペーパーの開発を目標とした。ある種の耐熱性ポリマーとアントラセン化合物をある割合の範囲で溶解した溶液をガラス基板に塗布し、乾燥せることにより白濁したサンプルが得られた。これは溶媒誘起相分離、つまり溶媒が蒸発していく過程で、アントラセン化合物が系より相分離し、数 μm スケールの微結晶としてポリマーマトリクス中に均一に分散した構造が形成したためである。この白濁サンプルをアントラセン化合物の融点以上に加熱しながらフォトマスクを通して UV 光を照射し、続いて室温に冷却すると、照射部分のみが透明となることで白濁-透明のコントラストを有する光パターンを作製することができた。また、上記と同様の手法を用いることにより、軽量のプラスチック基板上へのパターンニングも可能であった。ここで得られたパターンはプラスチック基板を屈曲させても、剥がれたり亀裂が入ることなく強固なものであった。一方、パターンを消去する目的でサンプルを約200℃に加熱しアントラセン二量体の熱逆反応を進行させようとしたところ、酸化反応の方が優先的に起こり、サンプルが劣化した。パターンの消去・書換えは今のところ達成しておらず、今後の研究課題である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 アントラセン、光二量化、相分離、光パターンニング、複合ポリマー材料

【研究題目】 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィージビリティスタディ ステージ探索タイプ（第二回）樹脂封止を必要としない次世代の超高出力 GaN 系 LED の開発

【研究代表者】 王 学論（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 王 学論（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、我々が独自に開発した微細リッジ構造におけるエバネッセント光の結合効果に基づく自然放出光の高効率取り出し技術を利用した超高出力 GaN 系発光ダイオードを実現するための第一歩として、誘導結合プラズマ（ICP）ドライエッチング法による GaN 試料表面上への微細リッジ構造の作製プロセスを開発し、エバネッセント光の結合による取り出し効率向上効果を実証することである。平成23年度では、シリコン酸化膜（ SiO_2 ）をマスクとして用いた ICP エッチングプロセスの開発を行った。具体的に、まず GaN 試料表面上にプラズマ CVD 法により SiO_2 膜を150～200nm 成膜させる。次に、フォトリソグラフィにより形成したストライプ状のフォトレジストパターン（開口幅：0.4 μm 、周期：0.9 μm ）をマスクに用いて、バッファードフッ

酸により SiO₂膜をエッチングする。この時、サイドエッチングにより SiO₂パターンの両側にテーパー形状が形成される。最後に、上記のように形成されたテーパー形状の SiO₂パターンをマスクに用いて、ICP エッチングにより GaN 表面をエッチングする。これにより、SiO₂パターンのテーパー形状が GaN 層に転写され、微細なリッジ構造が GaN 表面上に形成される。この方法により、平坦面と傾斜面との交差角度が110~120°、上部平坦面の横幅が200~300nm、深さが500nm 程度のリッジ構造が得られることが分かった。平成24年度では、フォトルミネセンス発光の空間分布測定によりエバネッセント光の結合効果の発現状況を調べる予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、GaN、取り出し効率、リッジ構造、エバネッセント光、結合

【研究題目】 遷移金属表面ナノクラスター構造を利用する小分子常温変換触媒の開発

【研究代表者】 村上 純一（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 村上 純一、阪東 恭子
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、自然界の金属酵素のようにマイルドな条件下で小分子を有用な物質に変換する、新しい概念に基づいた触媒を開発する。ここで利用するのは、小分子を常温で非解離で活性化し、酸化還元反応を誘起する能力を持つ遷移金属表面ナノクラスター構造である。この触媒の開発により、これまで行われてきた高温・高圧エネルギー消費型の小分子変換化学工業プロセスを、自然界において常温・常圧で行われているのと類似のゲームチェンジングテクノロジーといえるプロセスで置き換える道を開拓する。これが可能であることを示すために、本研究では、一酸化二窒素（N₂O）、アンモニア、メタノールを取り上げる。これらの化学物質は現在、高温・高圧のプロセスで合成されているが、それを窒素分子、メタン等から常温で合成できる鉄等の表面ナノクラスター構造触媒を開発する。この中で、特にアンモニア、メタノールは低炭素社会の柱となる燃料電池に必要な水素の有効かつ安全な貯蔵・運搬物質として注目されている。これらの化学物質を常温下で合成できる触媒を開発することによって、CO₂の排出を大幅に削減しつつ低炭素社会に不可欠な基幹物質製造を可能にする道を拓く。さらにこれによって、ナノクラスター触媒の導入による小分子変換の化学工業プロセス全般における「化石燃料消費＝地球温暖化ガス CO₂排出」大幅削減の端緒を開き、低炭素社会の実現に大きな貢献をすることを目指す。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 小分子、金属ナノクラスター、窒素固定、CO₂削減

【研究題目】 第二世代カーボンナノチューブ創製とデバイス開発

【研究代表者】 片浦 弘道（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 片浦 弘道、榊原 陽一、藤井 俊治郎、平野 篤、劉 華平、伊藤 靖浩、清水 麻希、卜部 泰子
（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

カーボンナノチューブ（CNT）の持つ優れた電気特性により、CNT の電子デバイス応用が期待されている。近年の合成技術の革新により高純度 CNT が実現したが、金属型 CNT および半導体型 CNT の選択合成はまだ実現しておらず、2種類が混在していることが電子デバイス応用への大きな障害となっている。本研究では、独自技術により CNT の金属・半導体分離を高度に実現し、さらに CNT の内側の空間に異種分子を挿入することにより、精密なキャリア制御の実現を目指す。これら電子状態を高度に制御された CNT を、我々は第二世代 CNT と名付けた。第二世代 CNT を用いて、CNT でしか実現できない優れた特性を持つデバイスを開発する事が、本研究のメインテーマである。

本年度は、これまでに開発した多段ゲルクロマトグラフィをさらに改良することにより、1回の分離作業で単一構造分離半導体型 CNT を取り出す新手法の開発に成功した。分離手順が大幅に簡略化されたため、将来の大量生産につながる技術である。分離技術に一定の目処が立ったことから、デバイス応用に向けた取り組みを強化した。まず、CNT 薄膜作製に及ぼす分散剤の効果を詳細に調べ、最適条件を導いた。その結果、市販の安価な原料から分離した半導体型 CNT で、on/off 比10⁸と移動度40cm²/Vs を同時に満たす高性能薄膜型トランジスタの試作に成功した。さらに、CNT 内部に有機分子を内包させることにより、キャリア制御を実現する事に成功し、通常作製困難な、n 型半導体として機能する CNT 材料の作製に成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、分離精製、トランジスタ、センサー、分子内包

【研究題目】 3次元磁気記録新ストレージアーキテクチャのための技術開発

【研究代表者】 久保田 均

（ナノスピントロニクス研究センター）

【研究担当者】 福島 章雄、薬師寺 啓、山口 明啓
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究では、共鳴アシスト磁化反転書き込みと共鳴読み出しを組み合わせた超高密度ストレージの開発に取り組んでいる。共鳴アシスト書き込みでは、局所的なパルス磁界に加えてスピントルク発振器から発生するマイク

口波磁界を用いる。共鳴読み出しは、スピントルク発振器の発振状態の変化により媒体の磁気情報を読み出す。共鳴周波数の異なる磁性層を多層化することで記録密度の向上を目指す。22年度は企業と協力して本プロジェクトを立ち上げ、研究計画、目標を定めた。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントルク発振素子

【研究 題目】 ナノ構造スピン系の電界制御

【研究代表者】 野崎 隆行

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 野崎 隆行 (常勤職員1名)

【研究 内容】

スピントロニクスデバイスでは、情報の操作に相当するスピン制御の低消費電力化が重要な課題である。これまでは電流による制御が主流であり、ジュール熱によるエネルギー損失が弊害となっていた。本研究テーマでは、従来技術と根本的に異なる、電界による新しいスピン制御技術を開発し、超低消費電力スピンドバイスの創製を目指している。これまでに、数原子層からなる超薄膜磁性層に絶縁体を介して電界を印加することで、スピンの向きやすい方向（磁気異方性）を制御することに成功した。平成23年度は、上記技術を応用上重要なデバイスであるトンネル磁気抵抗素子に適用し、高周波電界印加によって共鳴スピンドダイナミクスの励起が可能であることを示した。この技術により、電流駆動型と比較して1/200の低消費電力化に成功した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 電界スピン制御、強磁性超薄膜

【研究 題目】 金属/機能性酸化物複合デバイスの開発

【研究代表者】 湯浅 新治

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 久保田 均、福島 章雄、薬師寺 啓、野崎 隆行、甲野藤 真

(常勤職員5名)

【研究 内容】

本プロジェクトでは、産学官の連携により高品質の酸化物薄膜を低い基板温度で大面積基板上に高効率に作製できる革新的成膜プロセスを開発し、それを用いて酸化物層と強磁性金属層を複合化した新機能デバイスの創生を目指している。具体的には、(1) スパッタ成膜プロセスの開発、(2) 電圧印加磁化反転技術の開発、(3) 不揮発性スイッチング素子の開発、の3項目について研究開発を行う。産総研グループは主として不揮発性スイッチング素子の開発に取り組んでいる。平成23年度は、原子状酸素雰囲気下での分子線エピタクシー成膜技術を確立した。これにより、ナノメートルオーダーで組成・構造を高精度に制御した強磁性酸化物の作製、および強磁性金属層との積層構造化による磁気特性の改善に成功した。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 金属酸化物、スイッチング素子

【研究 題目】 単原子層デザインによる希少金属フリー
超高磁気異方性薄膜の開発

【研究代表者】 薬師寺 啓

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 薬師寺 啓 (常勤職員1名、他2名)

【研究 内容】

既存の実用垂直磁化薄膜は、通常、Pt, Pd, Tb, Ru, Gd といった希少金属を含むが、本研究では、これら高性能垂直磁化薄膜を、レアアースフリー・貴金属フリーで実現することを目指す。なおかつ、同時に、現行の実用薄膜 (6-8Merg/cc 程度) の10倍以上、既存の最高値と比べても2倍以上の、垂直磁気異方性エネルギー密度 (Ku) ~100M (=1×10⁸) erg/cc を目指す。これは薄膜としては未踏の大きさである。現行の10倍以上の Ku となれば、同じ磁化保持のために要する体積は10分の1となり、その省スペースと省エネルギーによるグリーンイノベーションが大きく推進される。

今年度は、目標に対する要素技術の開発として、高配向・高規則性な人工格子合金を形成するための高い非平衡度実現を目的とした研究を行った。10月スタートであったため、時間的な制約が大きかったものの、キセノンおよびネオンのプロセスガスラインを既設スパッタ装置に導入することができ、そのプロセスへの効果について調べた。キセノンガス導入の効果として、プロセスガス圧をこれまでの半分以下 (1E-2Pa) に低減いうることを確認した。これにより実際に、従来より高い非平衡度がもたらされ、成膜した CoPd 人工格子合金では、従来のトップデータよりも2倍程度高い Ku を得ることに成功した。この成果は、レアアースフリー・貴金属フリーを実現するための、薄膜形成の核となる技術の大きな進展を意味する。

【分 野 名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 スピントロニクス、磁性材料、材料戦略、レアアースフリー、垂直磁気異方性

【研究 題目】 自己組織プロセスにより創製された機能性・複合 CNT 素子による柔らかいナノ MEMS デバイス

【研究代表者】 島 賢治

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】 島 賢治、湯村 守雄、山田 健郎、Futaba Don、小橋 和文、関口 貴子、田中 文昭、山本 由貴、山田 幸子、LASZCZYK Karolina Urszula、浜名 志帆 (常勤職員5名、他6名)

【研究 内容】

CNT はその優れた物理・化学的特性のため、次世代

デバイスのコア素材として期待されている。しかしながら、CNT デバイスを実用化するためには、所定の位置に所望の量の CNT を敷設し、かつ配向方向・形状を任意に制御して、多様かつ設計された機能を有する CNT デバイスを安定に再現性良く製造する技術が必須である。このような高度な構造制御が必要なため、CNT デバイスは、CNT を大量にバルク材料として使用する用途より、実用化が遥かに困難となっている。

本研究では、カーボンナノチューブ (CNT) MEMS デバイス産業を実現するための、デバイス基盤製造技術と、異材料とのインテグレーション技術を開発している。ボトムアップの技法と微細加工技術を組み合わせて、CNT の位置・形状を自由自在に制御しながら集積化、異材料とインテグレーションさせ、デザインされた機能を有する CNT 素子・ナノ (MEMS) デバイスの創製を目標としている。

これまで我々のグループでは、CNT の超高効率成長法である、スーパーグロース法を用い、基板からシート状に垂直配向した、CNT のマクロ構造体「CNT シート」を作製した。それを成長基板から剥がして、デバイスを製造する基板上に液滴を導入し、その乾燥時に、シートの CNT 同士を液体の表面張力で引きつけ高密度化し、同時に基板にも密着させ貼り付ける技術を開発した。これにより、CNT が平面的一方向に配向し、高密度に集合し板状になった「CNT-wafer」を、任意の基板の任意の位置に、任意の配向方向をもって形成可能とする「CNT シートを基板に貼って作るデバイスの製造技術開発」を行ってきた。本年度は、デバイス製造工程で重要な、CNT-wafer と基板との密着性評価と CNT-wafer の表面構造解析を行い、さらにフレキシブル基板上で微細加工した CNT 構造体の特性評価を行った。

CNT の新規な機能発現を目指し、異材料との複合化技術を開発するため、CNT の密度制御技術、形態制御技術の開発を行った。特にフレキシブルキャパシタ、ナノメカトロニクスやバイオ発電デバイスに特化した複合化技術の開発に取り組んでいる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、スーパーグロース、CNT-wafer、デバイス

【研究題目】 サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究

【研究代表者】 坂西 欣也 (バイオマス研究センター)

【研究担当者】 遠藤 貴士、矢野 伸一、美濃輪 智朗、井上 誠一、李 承桓、井上 宏之、藤本 真司 (常勤職員7名、他7名)

【研究内容】

世界最大のサトウキビ生産国であるブラジルにおいてサトウキビ廃棄物からエタノールを生産する技術を開発するために、ブラジルの大学と国際共同研究を実施して

いる。

昨年度までに、ディスクミルによる前処理法はサトウキビ廃棄物に対しては効果が低いことが明らかになっているので、その解決策としてオゾン処理との複合処理方法の検討を行った。その結果、オゾン処理物のディスクミル処理では、より少ない処理回数で酵素糖化性を向上できることが分かった。またイオン性液体による前処理の研究では、反応温度及び時間の最適化を行うことで、グルカンベースではほぼ100%の酵素糖化率を得ることができた。

糖化酵素については、セルラーゼ以外の補助酵素について、糸状菌 *Aspergillus awamori* を用いてキシロースに富んだヘミセルロース画分を炭素源とする生産技術を開発した。

発酵に関しては、ブラジルで使用されている複数の工業用酵母についてキシロース発酵能を評価し、優れた株に遺伝子組換えでキシロース発酵性を付与することに成功した。またこの遺伝子組換えをグルコーストランスポーター欠損株に対して行うことで、キシロースの取込み機構の解析を行い、グルコーストランスポーターのキシロース利用性に対する重要性を明らかにした。

また原料の成分組成、前処理・糖化・発酵などの反応条件・変換効率などを反映でき、濃縮・脱水まで含めたプロセス全体のマテリアル・エネルギー収支を算出できるプロセスシミュレータの構築を行った。経済性の観点からは、バガスを発電で利用した場合とエタノール生産で利用した場合の優劣分岐の検討を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 サトウキビ、バガス、エタノール、酵素糖化、エタノール発酵、プロセスシミュレーション

【研究題目】 先端的低炭素科学技術開発：セルラーゼとリジン脱炭酸酵素の高機能化・低コスト化技術開発 (I) - 酵素の解析と改良

【研究代表者】 石川 一彦 (バイオマス研究センター)

【研究担当者】 石川 一彦
(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究開発では、ナイロン等のポリマー原料となる“ペンタンジアミン”をバイオマスからの最終産物として開発を実施する。ペンタンジアミンは、ナイロン原料である“ヘキサメチレンジアミン”の代替原料としての利用が可能である。ナイロンは、繊維・樹脂等の素材として活用範囲が極めて広く、代表的な耐久素材であるため、その使用から廃棄までの期間は、CO₂を素材 (最終製品) として固定しておくことができる。すなわち、ポリマー原料の生産量が増大するほど大気中の CO₂が繊維・樹脂として固定され、温室効果ガスを削減することができる。セルロース原料からのペンタンジアミン製造

において、セルラーゼ、リジン生産微生物、リジン脱炭酸酵素、の3種の生体触媒を利用する。本研究開発では、こうした生体触媒の使用量を削減するための研究開発を実施する。セルロース系原料を加水分解し、糖を製造する工程でセルラーゼが使用されている。セルラーゼは、現状、糸状菌由来セルラーゼが主に使用されているが、その機能面（耐熱性、比活性）の向上と、製造コストの低下が技術課題として残されている。本研究開発では、深海火山噴出口などから単離および同定されている微生物から、耐熱性セルラーゼ遺伝子の探索および改良酵素の取得を行い、目的プロセスで働く酵素2種類の構造機能解析および大量調製技術の開発に成功した。

【分 野 名】 環境・エネルギー

【キーワード】 バイオマス、セルラーゼ、耐熱性酵素、バイオベースポリマー、結晶構造解析

【研究 題 目】 シニョリン分子骨格を有する創薬リード探索用ライブラリの開発

【研究代表者】 本田 真也

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 本田 真也 (常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

最小のタンパク質・シニョリンを合成した際に開発した分子設計技術を発展させ、有機化学合成が可能な小さい分子サイズでかつ固有で安定な立体構造を形成する分子群から構成される化合物ライブラリを構築する。化合物ライブラリから標的分子に対して結合活性を持った化合物が獲得されることを実証し、分子量の小さいバイオ医薬を開発するための創薬探索プラットフォーム技術を構築することを目指す。平成23年度は、前年度に作製した遺伝子ライブラリをクローン化して DNA 塩基配列解析を行い、意図した共通部位配列を有することおよび可変部位が設計通りのアミノ酸組成を有することを確認した。無細胞合成反応を行うことで、遺伝子ライブラリに導入した cDNA ディスプレイ法用の発現ベクターが正常に機能し、DNA タグ付きのペプチドライブラリが構築できることを確認した。実験的に確認したペプチドライブラリの分子多様性は 10^{11} 程度であった。このライブラリを用いて、標的モデルタンパク質に対して結合活性を有するペプチドのスクリーニングを行い、異なるアミノ酸配列を有する数種類のペプチドを候補分子として特定した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ペプチド医薬、化合物ライブラリ、シニョリン、進化分子工学

【研究 題 目】 ラベル不要の高機能性バイオセンサシステムの開発

【研究代表者】 Penmetcha Kumar

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 Penmetcha Kumar、末永 恵美、

水野 洋、富永 淳二、

Subash C.B. Gopinath

(常勤職員2名、他11名)

【研究 内 容】

目標：

バイオセンサとは、生体関連物質を用いたセンサのことであり、その用途は広く、重要性は高い。しかし、計測には、蛍光色素や放射性同位体等でラベルして利用するのが現状であり、煩雑な作業やコストがかかる等問題点が多い。これらの問題点を解消すべく、我々は DVD を導入し、化合物のディスク基板上への結合を光ディスクにおける信号の変化として捕らえることが可能となったので、ラベル不要バイオセンサとしての BioDVD 開発を行う。

計画：

今までに作製したアプタマーを用いて DVD 用プローブ分子の最適化を行うと共に DVD 基板上への非特異的吸着によるバックグラウンドを軽減し、アプタマーと標的リガンドとの相互作用による反射率の向上を目指す。RNA アプタマーと標的分子との複合体に関する構造解析を NMR 法によって行い、Bio-DVD に適した RNA アプタマーの設計に資する。トラッキングエラー信号振幅及び分子吸着信号強度の最適化を図った基板を用いて、センサシステムの設計およびシステムの構築を行う。インクジェットヘッドを実装しプロトタイプ評価機の開発を試みる。

年度進捗状況：

DVD 用プローブ分子の最適化のための RNA 短鎖化、2' 位置の修飾を行うことができた。DVD 基板上への非特異的吸着によるバックグラウンド軽減に関しては SAM 試薬を用いた実験が進行中である。RNA アプタマーと標的分子との複合体が構造決定され、この構造情報を用いた RNA アプタマーの分子設計が進行中である。Bio-DVD 基板上に予めアドレス信号をピットとして刻み込んだディスクの原板作製に関しては、ほぼ目標の仕様で作製することができた。Bio-DVD の任意アドレスにインクジェットヘッドから吐出した試料を着滴させるための、ハードウェア、ソフトウェアを開発し、プロトタイプ評価機に実装することができた。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 BioDVD、アプタマー、バイオセンサ

【研究 題 目】 スパッタナノカーボン電極を用いたバイオマーカーの安定・高感度検出法の開発

【研究代表者】 加藤 大 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 加藤 大、薛 強

(常勤職員1名、他1名)

【研究 内 容】

研究提案者らが開発しているスパッタナノカーボン薄

膜電極を用いた生体分子の高感度計測の達成を目指した。具体的には、実尿中の極微量バイオマーカーである8-OHdGを対象にして、検出感度1nM以下、再現性C.V.値1%以下を実現することを目標とする。上述の目標を達成するために、①カーボン薄膜表面の最適化と、②ナノカーボン電極用極微量フローセルの開発を検討した。前者に関して電極応答性と応答再現性の結果から、本課題研究においてスパッタナノカーボン表面への酸素導入は上述の条件（表面酸素濃度、O/C=0.12）を採用した。また、後者に関しては、ナノカーボン薄膜片をセル中に任意に配置できるテフロン樹脂ベースのフローセルを開発した。さらに、電極の面積規定を従来は80 μ mのダイシングテープで行っていたが、これを窒化シリコンのスパッタ（25nm程度）によって代替し電極反応表面のデッドボリュームをより大幅に低減させた（体積換算で1/3200）。以上の二点を検討し、得られたナノカーボン電極と微小体積フローセルを組み合わせることで電気化学HPLC計測を行った。従来までと比べて、検量線の傾き（応答感度）がおよそ5.4倍に向上した。得られた検量線より、検出限界は目標を凌駕する500pM（S/N=3）であった。また、これらのシステムにおいて、1nMの80HdGの応答再現性を確認したところ、C.V.値=2.8%（n=3）であった。以上の優れた再現性と検出限界値から、本電極が実試料中のバイオマーカーを定量するためのHPLC分析用カーボン電極として技術移転の可能性があることを見出した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】スパッタナノカーボン、ストレスマーカー、DNA、バイオマーカー

【研究題目】膜タンパク質認識ペプチド創製技術の最適化および自動化に関する技術開発

【研究代表者】木村 忠史

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】木村 忠史、亀山 仁彦、久保 泰

（常勤職員3名）

【研究内容】

目標：

申請者等は大腸菌を用いた膜タンパク質を認識するペプチドを創製する技術（intra Periplasm Secretion and Selection法（PERISS法））の開発に成功した。固相で行っているPERISS法で扱えるライブラリーサイズを約1000-10000倍に拡大するために液相で行う技術を開発し、更に自動化するための素過程の最適化を行う。以上の技術開発により(1)より大きな母集団（ライブラリー）からの探索が可能となる、(2)複数の標的膜タンパク質を同時に扱えるようになる、(3)培養条件や洗浄条件などの条件検討も同時に行えるようになり、PERISS法の企業への技術移転の可能性を高めることになると期待される。

研究計画：

10⁵-10⁶程度のランダムペプチドライブラリーを用いて液相での培養条件の検討を行う。この程度のライブラリーサイズであれば、固相および液相ともにほぼ全てのクローンを扱うことができる。

年度進捗状況：

ノバジェン社 OvernightExpress LB および TB を用いると最終的な菌体量が増加することがわかった。通常のLB培地にIPTGを添加して遺伝子発現を誘導した場合の菌体量と比較すると OvernightExpress LB は3倍程度、TB は10倍程度となり、遺伝子発現の条件として大腸菌にとっては良い条件であることが考えられた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】PERISS法、スクリーニング、液相培養、自動化

【研究題目】抗体発現細胞開発及び培養モニタリングのための迅速な抗体濃度測定装置の開発

【研究代表者】巖倉 正寛

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】巖倉 正寛、広田 潔憲、吉岡 恭子

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

これまで独自に開発してきた「モノクローナル抗体の高速精製技術を活用した培養液中の抗体濃度の迅速測定法」を活用し、抗体産生用CHO株の培養液中の抗体濃度測定をハイスループットに行う装置の開発とそれを用いたCHO細胞育種支援技術および培養モニタリング技術への適用可能性について検証を行うことを目的に研究開発を行っている。

高性能アフィニティリガンドを導入したシリカモノリスピンカラムを活用して、細胞培養液中の抗体を定量的に分離精製するための最適条件としての分離精製のために用いる溶媒である①結合用緩衝液、②洗浄用緩衝液、③溶出用緩衝液、④カラム再生用緩衝液について、その組成を実験計画法に基づき検討し、安定測定ができる条件を確立した。確立した条件をもとに、分注ロボットとモノリスカラムを埋め込んだ96穴カラムプレートを用い、ロボット作動のアルゴリズムを作製し、バラックタイプのシステム組み立てることに成功した。バラックタイプのシステムを用いて、調製したモノクローナル抗体を発現するCHO細胞の培養液を用いて、培養液中の抗体濃度の測定を行い、96種類の培養液中の抗体濃度を30分以内に測定できることを検証した。これは、免疫測定法による培養液中のモノクローナル抗体濃度測定法による測定時間を約1/10に短縮する結果であり、発現細胞構築におけるハイスループット化に貢献できるものと考えられる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】抗体濃度測定、モノクローナル抗体、ハ

イスルーブット、CHO 細胞、ロボット化

[研究題目] 高温超伝導材料を利用した次世代 NMR 技術の開発

[研究代表者] 山崎 和彦
(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 山崎 和彦、山崎 智子
(常勤職員1名、他1名)

[研究内容]

NMR 分光法の生体系への適用拡大を目指し、タンパク質、核酸など生体高分子の関与する反応や立体構造の動的変化について定量的に解析するための測定法やシステムの開発を行う。本年度は、1)タンパク質の変性-巻き戻り反応に関する詳細なパラメータ解析を行うことと、2)タンパク質・核酸相互作用についても同様の速度解析を行うための手法を開発することを目標とした。先ず、温度変化によるタンパク質の変性-巻き戻り反応について NMR 解析するための試料循環システム（本年度において特許出願）を用い、反応の速度定数の温度依存性を解析することにより、活性化エネルギーに関するパラメータを導いた。活性化エネルギーをエンタルピーとエントロピーに分けた場合、両者は逆の寄与であり、活性化エンタルピーが負の値となった。これは、遷移状態におけるエネルギー障壁がエントロピーの寄与により形成され、逆にエンタルピーの寄与としては安定であることが判明した。遷移状態において、おそらく疎水的な分子表面に水分子が構造形成を伴って吸着する状態（iceberg）を示すと考えられる。

これと並行し、タンパク質と核酸を混合した際の結合反応を NMR 解析するための研究を進めた。必要に応じて安定同位体標識を行った DNA 結合タンパク質の調製を行い、DNA との結合性を等温滴定熱量計などにより精査した後、複合体の NMR 計測を行った。さらに、NMR チューブ内でタンパク質と核酸を効率的に混合するためのガラスデバイスの開発を、熱インプリント法を用いて行った。これは、上記複合体形成に関する反応を NMR 測定するために用いることができる。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] NMR 分光法、タンパク質、核酸、動的構造変化

[研究題目] 藻類由来レクチンを用いた血中ウイルス等除去技術の開発

[研究代表者] 巖倉 正寛
(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 巖倉 正寛、広田 潔憲
(常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

関係する企業および大学との共同により、ウイルス吸

着除去のリガンドとして使用する藻類由来レクチン自体の血液適合性評価法を確立し、血液適合性の面からのレクチンのスクリーニングが行えるようにする。また、藻類由来レクチンをシリカモノリス担体に結合させた吸着担体（デバイス）の血液適合性を評価しうる評価法を確立する。これにより、吸着担体（デバイス）の血液適合性を改善し、血液体外循環吸着療法に使用できるようにする。ことを目的に研究開発を行っている。この中で、我々は、吸着担体に導入するウイルスを結合除去するための固定化用リガンドの開発及びその大量製造方法についての開発を分担している。

平成23年度は、ウイルス粒子結合性藻類由来のレクチンのアミノ酸配列をもとに、吸着担体デバイスに配向制御固定化できるように配列デザインを行い、デザインに基づきリガンドタンパク質の大腸菌での生産を行った。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] レクチン、藻類、ウイルス、除去デバイス、固定化タンパク質、配列デザイン

[研究題目] 藻類由来原料を利用した多糖類系バイオプラスチックの研究

[研究代表者] 芝上 基成
(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 芝上 基成（常勤職員1名）

[研究内容]

地球上にほぼ無尽蔵であり、トウモロコシのように食糧としての供給と競合せず、かつ安定に供給される非食用植物資源由来の多糖類を主原料とした、バイオプラスチック創製のための基盤技術の確立を目的とする。本課題で開発するバイオプラスチックは、自然が創り上げた精緻かつ強固な構造をもつ多糖類（グルコースポリマー）を主骨格としてもつことを構造上の特徴とする。さらに植物等天然由来の低分子有機化合物を副成分として利用することで、高い植物成分率と耐久性などの優れた実用特性が付与されたバイオプラスチックが合成されることが期待される。本課題初年度である平成23年度はある種の藻類がその細胞内に産生する多糖類に着目し、その利用可能性について検討を行った。平成23年度の主たる目的は、誘導体にする事でこの多糖類に熱可塑性を付与することであった。この多糖類は多くの溶媒に不溶または難溶であるが、無機塩を含む有機溶媒に可溶であることを見出し、続いて各種長鎖アルキル基を導入するための反応条件を確立した。得られた一連の多糖類誘導体の熱融解性を検証したところ、長鎖アルキル基を導入することによりこの多糖類は熱可塑性を示すことが明らかとなった。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] バイオプラスチック、多糖類、藻類

〔研究題目〕超好熱性 Thermococcales 属古細菌のウイルス様脂質膜小胞体の分子機能とその形成機構の解明

〔研究代表者〕松井 郁夫
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕松井 郁夫 (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

目標：

膜タンパク質ストマチンはイオンチャネルやトランスポーターの制御や、生体膜のラフトに局在し、高次多量体を形成することにより scaffolding (足場) タンパク質として生体膜小胞体形成への関与が報告された。そこで、コアドメインやパートナータンパク質の X 線構造と NMR 構造を明らかにした。しかし、カルボキシル末端の Coiled-coil 領域を介する多量体形成の分子機構の大部分は依然不明のままである。よって、ストマチン複合体を生体膜より単離し、それを構成する膜タンパク質メンバーを明らかにし、その scaffolding タンパク質として生体膜小胞体形成への分子機能を明らかにする。

研究計画：

膜小胞体からストマチン分子を単離精製する手法を確立する。また、ストマチン自身を分子プローブとして、タンパク質相互作用を利用し、Thermococcales 属菌の膜小胞体から必須な相互作用相手を単離する新規手法の開発に着手する。また、ストマチンドメイン単位での脂質成分や会合分子との相互作用能を調べる。さらに、*Thermococcus kodakaraensis* で遺伝子ノックアウト変異株の造成を試みる。

年度進捗状況：

Thermococcales 属超好熱性古細菌の培養液から超遠心分離法、フィルター濾過法、シヨ糖密度勾配超遠心分離法を組み合わせ、膜小胞体の精製法を確立した。さらに、ストマチンおよび Stomatin partner protein (STOPP) の特定部位の合成ペプチドを用い、それを抗原とするウサギ抗体を調整した。精製抗体を用いて、*Pyrococcus horikoshii* の膜小胞体からの Western blotting 法でストマチンと STOPP 分子確認に成功し、ストマチンと STOPP が膜小胞体のバイオマーカーであることを明らかにした。また、*Thermococcus kodakaraensis* のストマチン遺伝子のノックアウト変異株 (KO 変異株) を造成し、野生株と KO 変異株の生育曲線、無機硫黄粒子への吸着能、電子顕微鏡での膜小胞体サイズと形態、生産量の比較等の形質の比較検討を行った。一方、我々はストマチン (PH1511) とオペロンを構成するパートナータンパク質 (Stomatin partner protein, STOPP) の N-末端ドメイン (PH1510N) がストマチン特異的膜プロテアーゼであることを報告した。PH1510N の単量体は不活性で、2量体のみが活性であるが、その活性化機構は不明であった。そこで、このストマチン特異的プロテアーゼの基質ペプチド共結晶を作

成し、その分子構造を X 線結晶構造解析法で明らかにした。この共結晶構造から、プロテアーゼドメインが2量体を形成し、二つの活性クレフトが連なり、単一結合モードで一本のストマチンの C-末端疎水性ポリペプチドを偽回文構造として認識する機構が明らかになった。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕膜タンパク質、ストマチン、scaffolding タンパク質、膜小胞体

〔研究題目〕電顕を用いた単粒子画像解析技術の開発による膜たんぱく質構造決定の促進

〔研究代表者〕佐藤 主税
(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃
(常勤職員3名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

タンパク質構造を決定することは、創薬を加速する上での鍵の一つである。単粒子解析法は、情報学を駆使することで結晶を必要とせずかつ疎水的な膜タンパク質に適用できる構造決定法である。この方法では電子顕微鏡写真に微かに写った様々な向きの分子像から、情報学を頼りに3次元構造を求めてゆく。結晶を必要としない汎用性から、海外では急激な勢いで研究者が増えている。この方法は、本来は巨大で対称性の高いタンパク質の解析を得意とする。それを通常サイズのタンパク質に拡張するため、我々はスイスパーゼル大の研究者達と共同で、Neural Network などの柔らかな情報処理法を駆使して単粒子解析法を開発する。

研究計画：

日本側はスイス側と以下の研究を共同で行う。単粒子解析のための画像処理プログラム開発、イオンチャンネルタンパク質の精製法の開発、スイス側を中心とした STEM 技術開発。これらの開発は、それぞれが相互に連携して行われ、プロジェクト全体としての効率よい進展を目指す。本プロジェクトにより、この単粒子解析法をより広く膜たんぱく質の構造研究に適用可能にし、さらには創薬に用いられるようにするための密接な共同研究開発を行う。

年度進捗状況：

単粒子解析で高解像度の構造を得るには、初期の低分解能構造からスタートして、その投影像を参照画像として自動で画像を電子顕微鏡写真中から多数切り出して、そこから分解能を改善してゆく必要がある。そのため、日本側では非線形関数を用いた参照画像依存の自動拾い上げプログラムを開発した。また実際に温度等の様々のセンサーとして働く TRP イオンチャンネルタンパク質や巨大ヘモグロビンタンパク質を精製して、STEM で撮影し、その構造と質量の分布を詳細に解明した。また、機能が未知な面が多いイオンチャネルと思われる膜タン

パク質の構造決定に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質構造、ナノテクノロジー、電子顕微鏡、画像解析

【研究題目】膜系1分子計測

【研究代表者】久保 泰（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】久保 泰、福田 枝里子
（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

近年、イオンチャネルや受容体などの膜タンパク質の結晶構造解析が急速に進み、標的分子の分子構造に基づく低分子化合物のドラッグデザインに有用な情報を提供している。これにより、「static（静的）」な情報は得られるが、リアルタイムで「動的（dynamic）」な情報については得られていない。本研究では、膜系受容体に Diffracted X-ray Tracking (DXT) 法を適用してその分子動態を探り、動態制御による創薬という新しい創薬プラットフォーム確立に資することを目標とする。

分子レベルでの構造-活性相関について多くの研究蓄積があるニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR) を、受容体とリガンドの相互作用時における分子動態計測のモデルシステムとする。次の2種類のタンパク質を調製し比較解析する。(1) nAChR の細胞外領域と相同性の高いアセチルコリン結合タンパク質 (AChBP) について、基板への結合・配向条件や金ナノ結晶の結合場所の最適条件を決めるため、遺伝子工学的に種々の変異やタグを導入した AChBP を調製。(2) シビレエイの発電器官から完全な受容体チャネル構造を有する nAChR を含むリボソームを調製。それぞれを基板に固定し、また金ナノ結晶を付加し、リガンドとの相互作用を高輝度 X 線照射下でのラウエ斑点の動きを通して解析する。

両者はともにリガンド非存在下においても一定の揺らぎがあることが認められた。その動きはアセチルコリン投与により垂直対称軸 (θ) 方向および軸回転 (χ) 方向において促進される。さらにそれらの動きを詳細に調べると、 $\theta \rightarrow \chi \rightarrow \theta$ の少なくとも3段階の動きを伴っていることが判明した。また、 \square -bungarotoxin 存在下では、 θ 方向に比べて χ 方向の動きが顕著に阻止されることが明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】1分子動態解析、ニコチン性アセチルコリン受容体、リガンド受容体チャネル、高輝度 X 線

【研究題目】核初期化機構に関わる新規ヒト遺伝子を用いた新規 iPS 細胞樹立方法の研究

【研究代表者】五島 直樹（バイオメディカル情報研究センター）

【研究担当者】五島 直樹、河村 義史、志賀 葉月
（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本プロジェクトでは産総研が保有する世界最大のヒトタンパク質発現リソースを利用し、京都大学 CiRA・山中教授グループと共同して「核初期化機構に関わる新規ヒト遺伝子を用いた新規 iPS 細胞樹立方法の研究」を行ない、(1) 先に発見した Glis1 因子の作用メカニズム、因子間相互作用、遺伝子改変による機能向上、(2) Glis1 以外の複数因子について、京都大学と共同で作用メカニズム、因子間相互作用を明らかにし、新規 iPS 細胞作製法の確立を目指した。

研究は、産総研のヒトタンパク質発現リソースをレトロウィルス発現ベクターに搭載し、ヒト線維芽細胞に山中因子と共に導入し、因子探索を行った。作用メカニズム、タンパク質相互作用解析は HEK293細胞をモデル系として使用して解析を行った。

卵細胞1細胞期で高発現する母性因子 Glis1は、OSK および OSKM と協調的に iPS 細胞の効率的作製を可能にすることを発見した。作製された iPS 細胞のがん化について、約1年間の追跡調査によって解析を行ったが、顕著ながん化は認められなかった。機能解析では、Glis1と OSK とがタンパク質的に直接、相互作用していることを明らかにした (Maekawa et al., Nature 2011)。Glis1を利用した新規 iPS 細胞作製法について PCT 出願を行い、知財確保も行った。

また、Glis1と Klf4は機能的に協調的に機能するが、タンパク質の細胞内安定性に関しても非常に重要であることが分かった。Glis1以外にも複数の iPS 細胞誘導因子が発見され、現在、これらの因子のがん化等に対する安全性、機能解析を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】iPS、Glis1、初期化因子、山中ファクター、がん化

【研究題目】BMI を介した観察者間の知覚共有技術の開発

【研究代表者】林 隆介（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】林 隆介（常勤職員1名）

【研究内容】

脳と脳の間で視覚情報の伝達を行うブレイン・トゥ・ブレイン・インターフェース技術の基礎研究として、本研究は、動物モデルを用いた実証実験を主眼としたシステムの開発を目指す。まず、一方の動物モデルから、マルチ微小電極を用いて神経活動を記録し、その神経活動から視覚体験を解読する。次に、解読した視覚情報を他方の動物モデルの神経にマルチ微小電極を介して電気刺激として入力する。この両者の視覚体験が一致することを心理物理学的手法で検証し、この結果をもって、シス

テム開発の達成を評価する。本年度は96本の電極からなるアレイを二つ、32本の電極からなるアレイを1つ、合計224本の微小電極をサルの下側頭葉に埋め込み、覚醒行動下の多数の神経活動を同時記録することに成功した。さまざまな物体画像を提示したところ、100チャンネル以上の電極から下側頭葉ニューロンの活動電位を記録することができた。また、記録した神経活動から、モデル動物がどの画像を見ているか高い精度で判別する解析手法を開発した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経科学、ブレイン・マシン・インタフェース、視覚情報処理

【研究題目】 T&T オルファクトメーターによる嗅覚検査の自動化に関わる流体制御技術の開発

【研究代表者】 小早川 達 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 小早川 達、後藤 なおみ (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

現状、嗅覚機能検査のデファクトスタンダードになっている T&T オルファクトメーターの自動化した医療機器の開発を目的として、その実現可能性を探るために、5臭素8濃度段階の嗅覚刺激を互いに混じることなく、提示可能な流体制御技術の開発を行った。従来開発された10種類の臭気を切り替えが可能な装置をベースにし、8濃度段階の気体切り替え部を1ユニットとし、5ユニットを組み合わせることで、T&T の自動化が可能であることを示すことができた。また当初目的になっていたそれぞれの臭素の気体濃度計測は、計測結果に矛盾点があり、さらなる精度の高い計測が必要であった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 嗅覚、嗅覚機能判断、医療機器

【研究題目】 大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

【研究代表者】 肥後 範行 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 肥後 範行、山本 竜也、杉山 容子、野崎 展史 (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本課題は、大脳皮質運動野損傷前後の神経活動を記録し把握運動の回復過程での脳の可塑的变化を機能・構造の両面から明らかにすることを目標としている。本年度は以下の2つの側面から研究を行った。(1) 運動野損傷後にリハビリ訓練を行うと体部位局在が変化するという報告があるが、この変化に対応して上肢運動時の神経活動も変化する可能性がある。そこで物体をスリットから把握し取り出し、口に持っていくという複数の体部位が

関わる運動遂行中のサルにおいてユニット活動記録と皮質内微小電気刺激を並行して行った。多くのニューロンで、皮質内微小刺激で応答した体部位の動きに 관련된神経活動が見られたが、体部位局在と神経活動が一致しないニューロンもあった。その多くは、体部位局在を同定するときの刺激閾値が高いことが分かった。10 μ アンペア以下の刺激閾値を持つ領域であれば体部位局在と神経活動の高い一致が見られることが明らかになった。

(2) 第一次運動野損傷後に拡散テンソル画像撮影を行い、把握動作の回復に伴って値の増加した部位を調べたところ、第一次運動野の損傷周囲と運動前野腹側部およびその下にある白質において、優位な値の上昇がみられた。すなわちこれらの領域から発する神経線維の変化が運動野損傷後の機能代償の背景にある可能性が考えられるが、拡散テンソル画像で見られた変化が、どのような構造の変化に対応しているのかについては分かっていないため、拡散テンソル画像撮影に用いたサルの脳組織を用いて、構造的実体を調べた。ミエリン鞘の主要な構成分子である Myelin basic protein (MBP) の免疫組織化学を行ったところ、運動前野腹側部において、正常個体では皮質表層にシグナルがみられるのみであるのに対して、損傷個体では白質に突き抜けるファイバー様の構造が見られ、この分子が構造的実体の候補であることが分かった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

【研究題目】 プリンテッドエレクトロニクスのための強誘電/導電技術の開発

【研究代表者】 村田 和広 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】 村田 和広、鎌田 俊英、白川 直樹、徳久 英雄、吉田 学、植村 聖、末森 浩司 (常勤職員7名)

【研究内容】

本研究は印刷可能な強誘電/導電体材料の材料・デバイス・プロセス開発のための研究交流を目的とする。具体的には産総研の材料、印刷技術と、フィンランド、VTT のデバイス、大量生産プロセス技術を組み合わせ、メモリ素子、センサ素子開発などにおいて革新的な印刷エレクトロニクス技術を創出する。

平成23年度は、スーパーインクジェットを用いた高密度メモリデバイスの作製を中心に、強誘電デバイスや、フレキシブルデバイスの高機能化を日本とフィンランドで進める。また、研究交流として、お互いの研究者の相手方での滞在研究などを通じて、お互いの技術の高度化を行う。VTT および産総研での研究進捗ミーティングと、関連研究分野のシンポジウムを行う。

6月に TV 会議を行い、10月にフィンランドでキック

オフミーティングを行い、12月に研究リーダーによる中間打ち合わせ、2月に日本で研究進捗ミーティングと、関連研究者を招聘し一般公開のシンポジウムを開催した。

研究に関しては、日本フィンランドともにそれぞれ独自に成果があがっている。特に、共同で進めている案件としては、スーパーインクジェットを用いて形成する高密度高速書き込みの WORM メモリーの研究開発と、各種ナノ材料に関するリスク管理の研究レポートの作成を日本フィンランド協力して進めている。

本研究で日本とフィンランドが交流を通じて相互的に取り組むことで、印刷可能な強誘電材料や導電材料の開発を行い、各種センサやメモリ、電気回路、素子電極、アンテナなどへの応用が期待される。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】プリンタブルエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス、メモリ、配線

【研究題目】新しい高性能ポリマー半導体材料と印刷プロセスによる AM-TFT を基盤とするフレキシブルディスプレイの開発

【研究代表者】長谷川 達生 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】長谷川 達生、山田 寿一、堀内 佐智雄、松井 弘之、堤 潤也、井川 光弘、千葉 亮輔、松岡 賢 (常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

本研究では、印刷により製造されたフレキシブルなアクティブマトリックス・トランジスタアレイ (AM-TFT) の開発を最終目標とし、広島大学・住友化学・大阪大学と共同で、高性能ポリマー半導体の開発とデバイス高性能化の研究開発を行う。特に産総研では、有機トランジスタの性能を最適化し安定化させるために不可欠となるポリマー半導体の電子輸送の研究とプロセス最適化の研究を実施する。ポリマー半導体の電子輸送については、前年度に開発した電界誘起電子スピン共鳴 (FI-ESR) 測定によるグレイン間障壁ポテンシャルの評価法を用いて、広島大学グループによって開発された新規ポリマー材料 PNDTBT について、キャリア輸送のボトルネックとなる微視的原因について調べた。その結果 PNDTBT では、グレイン内のトラップ、グレイン間の障壁ポテンシャルとともに、これ以外の要因、おそらく電極 - 半導体間のキャリア注入障壁がキャリア輸送のボトルネックとなっていることが分かった。この他、低温 FI-ESR 測定によるグレイン内のトラップ状態密度分布測定法について、スペクトルの数値解析に用いる確率的最適化 (SOM) 法について、その基礎づけのためノイズに対する SOM 解析の妥当性の検討し、スペクトルのノイズレベルが低い場合には、信頼性の高い解析結果が得られることが確かめられた。またプロセス最適化につ

いては、前年度開発した、PDMS 版によりポリマー半導体溶液を挟みこんで基板上に薄膜を形成するプッシュコート法について、成膜条件下の最適化と薄膜特性の評価を行った。さらにプッシュコート法を介したベタ膜からのパターン形成技術の開発に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体、ポリマー半導体、印刷エレクトロニクス、有機エレクトロニクス、電子スピン共鳴

【研究題目】有機強誘電体の新材料開発、薄膜プロセス技術の開発及び結晶構造の解明

【研究代表者】堀内 佐智雄 (フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】堀内 佐智雄、熊井 玲児、長谷川 達生、山田 寿一、所 和彦、野田 祐樹 (常勤職員5名、他1名)

【研究内容】

「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」領域で採択された「有機材料を用いた次世代強誘電物質科学の創成」(JST CREST, テーマ代表:産業技術総合研究所)において、代表研究者として標記のテーマを担当している。本研究では、(1)優れた分極性能と十分な耐久性をもつ新規有機強誘電体の材料開発、(2)多結晶性薄膜/単結晶性薄膜の作製によるデバイス化に適した薄膜・印刷プロセス技術の確立、(3)分子構造・配列・電子密度分布や温度・圧力、電場下での構造変調の解明による機能最適化に必要な分子設計・結晶エンジニアリング要素の抽出、の3点に取り組んでいる。平成23年度は、有機電荷移動錯体 TTF-クロラルニル結晶において、電子移動過程が巨大な自発分極 ($6\text{--}7\mu\text{C}/\text{cm}^2$)を生む「電子型強誘電体」とも呼ぶべき極めて特異な強誘電体を発見した。低分子系有機強誘電体材料にダブルショット・インクジェット法を適用するための第一段階として、有機薄膜の成長機構の解明に取り組んだ。また水素結合系強誘電体フェナジニール酸について、温度-圧力相図を完成させ、放射光X線回折による構造変調の観測から、誘電率の温度特性や相転移挙動の微視的な解明を行った。今後は電子状態に関する理論計算により、物性を予測・評価することにも取り組む予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機強誘電体、インクジェット印刷、水素結合、相転移現象、放射光 X 線回折

【研究題目】s-ブロック金属負極の dendrite 析出制御と表面観察

【研究代表者】栄部 比夏里

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】栄部 比夏里、松本 一、竹内 友成、小池 伸二、佐野 光、中村 典子、

山下 奈美子、中村 礼子
(常勤職員5名、他3名)

【研究内容】

研究計画・目標：

本研究の最終目的は、s-ブロック金属表面の改質を行うことにより、可逆性の高い溶解析出挙動を示す負極を得ることにある。4年目となる本年度には、前年度までに Li について確立した実体顕微鏡によるその場観察手法を活用し、走査型電子顕微鏡観察と X 線光電子分光等の表面分析の結果を総合し、他のグループで見出した知見もあわせて Li、Mg 等について電解質組成、基板の組成や形態による電析後の形態と充放電の可逆性についての相関性を整理する。また見出した負極の制御法が全電池の中で機能することを確認するために、正極材料と組み合わせて基本的特性を評価することを目標とした。前年度までに環状4級アンモニウム-アミド系イオン液体にカーボネート系添加剤を使用した場合の析出形態改善効果を確認したが、さらに表面分析等を行いこの場合のデンドライト抑制メカニズムの考察を行った。またイオン液体電解質を変更し、還元安定性と物性との相関を調べたところ、これまで効果の見られた PP13[TFSA]以外にもビニレンカーボネート (VC) の添加により球状の析出が可能な4級アンモニウム-アミド系の電解質材料系を見出した。これよりデンドライトの抑制には還元安定性が高いことが必須と考えられ、さらに Li 表面皮膜の界面抵抗も重要な要素であることが判明した。Li 金属極系で得たこれらの知見がマグネシウム金属極に適用可能かを確認するため、マグネシウム金属負極のその場観察に用いる目的で、従来のセルの改良を行い Mg 析出過程の観察が可能であることを確認し、実験を開始した。またマグネシウム金属電池向けの有望な正極材料として、キノン系の有機正極に着目し、Li 電池系で2電子反応により理論容量 319mAh g^{-1} と大きい特徴のある2,5-ジメトキシ-1,4-ベンゾキノン (DMBQ) が、Mg 電池系でも Mg イオンの挿入・脱離により充放電反応が進行し、理論容量の8割の実効容量を示すことがわかり、負極・正極ともにサイクル可能な電解質の開発により Mg 電池の構築の可能性が示唆された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リチウム、マグネシウム、リチウム電池、デンドライト抑制、表面状態、イオン液体、有機正極材料

【研究題目】 シングレットフィッションの太陽電池への活用

【研究代表者】 鎌田 賢司

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 鎌田 賢司 (ユビキタスエネルギー研究部門)、吉田 郵司 (太陽光発電工学リサーチセンター)、古部 昭広 (計測フ

ロンティア研究部門) (常勤職員3名)

【研究内容】

目標：

一光子で二つの励起子を生み出すシングレットフィッション過程を用いることで有機太陽電池の光電変換効率向上の可能性を探索する。

研究計画：

ジラジカルと呼ばれる特殊な電子状態を持つ有機化合物 (ジラジカロイド) を利用して、高効率のシングレットフィッションの発生を検討する。このため、新規なジラジカロイド化合物の設計と合成、光学的性質の理論的解析、ジラジカロイドの光学的性質の測定、シングレットフィッション特性の評価が必要であり、大阪大学と産業技術総合研究所で共同して研究を遂行する。産総研においてはジラジカロイドの光学的性質とシングレットフィッション特性について実験的な評価を行う。

2011年度進捗状況：

ジラジカロイドの光学的性質については、その化合物の最低励起状態のスピン多重度と呼ばれる性質がシングレットフィッション特性を支配すると考えられるため、そのスピン多重度を二光子吸収スペクトル測定で調べた。理論計算によりジラジカル性が予測された候補化合物の二光子吸収は 2000nm を越える長波長域と予測されたため、 $1700\sim 2500\text{nm}$ の波長域での測定が行えるように評価系の改造を行い、それを用いて数種の候補化合物についての二光子吸収スペクトルを得た。また、このうち一種の化合物についてシングレットフィッション過程の有無の検討を、蛍光寿命測定と過渡吸収測定により行うとともに、その化合物を用いてモデルデバイスを作製し、光電変換特性の評価を進めた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 光電変換、有機材料、シングレットフィッション、ジラジカロイド

【研究題目】 バイオマス由来工業原料ピロリドン生産法の開発

【研究代表者】 山野 尚子

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 山野 尚子、中山 敦好、大島 真紀
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

石油から生産されている2-ピロリドンは、溶剤、洗浄剤として利用される N-メチル-2-ピロリドン、ポリビニルピロリドンのモノマーである N-ビニル-2-ピロリドンの原料であるとともに、2-ピロリドン自身もポリアミド4 (ナイロン4) の原料となる重要な化学品である。一方、近年地球温暖化対策として、材料のバイオマス化が期待されている。このような背景を基に、バイオマスを原料とし、バイオプロセスを導入することにより、低エネルギー、安価かつ簡便な2-ピロリドンの合成方法を

開発した。既に実験室レベルで補酵素など他の成分を必要としない基質と微生物だけでの効率的な生産系を構築しているが、実用化のためにはスケールアップする際に生じる諸問題を解決する必要がある。そこで、1L スケールの反応系で、時間空間収率 (STY) 10g/Lh 以上、連続的に10日以上生産する系を確立し、kg 単位での生産を可能にすることを目標とした。菌体固定化方法、GABA 生産反応中の発泡対策を検討した後、1L の反応系、10日間、STY10g/Lh 以上で、GABA 2kg を収率80%で得た。さらに2-ピロリドンへの変換過程での加熱方法を検討することにより、GABA から収率96%で2-ピロリドンを得ることが出来た。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、バイオリファイナリー、ポリリアミド

〔研究題目〕 ハミルトニアンからの材料強度設計

〔研究代表者〕 香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 香山 正憲、田中 真悟、

Somesh Bhattacharya

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

「大規模第一原理計算による界面・欠陥の力学応答の解析」を担当した。本課題では、Fe 金属および Fe-Si 系合金の機械的性質を解明するため、粒界・界面・欠陥の安定構造、力学応答を、第一原理計算を用いて原子・電子の挙動から解明する。本年度は、①密度汎関数理論に基づく第一原理計算の bcc Fe バルク結晶への適用性の検討、②bcc Fe の基本的な対応粒界のエネルギー、電子構造、磁気特性の第一原理計算を行った。前者では、密度汎関数理論に基づく第一原理計算 (交換相関エネルギー汎関数に PBE 型の GGA、電子状態計算に平面波基底 PAW 法、スピン分極計算) で bcc Fe 結晶の原子・電子構造、全エネルギーが高精度に計算できることを確認した。後者では、 $\langle 110 \rangle$ 傾角の対応粒界として典型的な $\{111\} \Sigma=3$ 粒界と $\{332\} \Sigma=11$ 粒界を扱った。粒界エネルギーは、従来の第一原理計算と合致する結果であった。粒界の乱れた原子配列を反映して、磁気モーメントに大きな振動が生まれることが見いだされた。今後、Si などの添加、引張変形への応答などの粒界計算を進める。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 結晶粒界、第一原理計算、材料強度

〔研究題目〕 レドックスメディエーターレドックスフロー電池システム

〔研究代表者〕 城間 純

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 城間 純、山崎 眞一

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

従来のレドックスフロー電池の問題点のひとつとして、負極側電解液 (アノライト) と正極側電解液 (カソライト) に含まれるそれぞれの活物質 (酸化還元反応する成分) が相互に拡散し、徐々に効率や容量が低下する現象が知られている。このため、鉄・クロム系レドックスフロー電池では一定期間毎にアノライト・カソライトの再生プロセスを要する。一方、バナジウム系レドックスフロー電池ではアノライトとカソライトの活物質の元素が同一であるため、再生プロセスを要しない点で有利である。本研究ではこのような考え方を発展させ、隔膜内のイオン選択性 (輸率) を高めることを目的に新規な反応スキームを導入するため、2種のレドックスメディエータ (目的の酸化還元反応を仲介する反応速度の高い酸化還元対) を用い、活物質の混合による効率低下を抑制することが期待できる新規なセル構造と運転技術を開発・提案することを目標としている。

本年度は、新規セルで想定している反応スキームの導入に欠かせない触媒を探索し、候補を見いだした。この触媒は、レドックスメディエータの還元反応を促進するものであり、新規セルが実用的な効率を持つために必要な開発要素である。また、想定しているレドックスフロー電池システムの最終的な形態のほぼ半分に相当する部分 (ハーフセル) を作製した。これを用いて複数のレドックスメディエータの適用可能性を検討した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 レドックスフロー電池

〔研究題目〕 液晶科学に基づく革新的塗布型有機太陽電池の開発

〔研究代表者〕 清水 洋

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕 清水 洋、米谷 慎、高橋己之一、

松田 幸真、ネケルソン ファビアン、

藤井 彰彦、尾崎 雅則

(常勤職員2名、他5名)

〔研究内容〕

本研究では、低製造コスト、低設置コストによる発電単価の劇的な低下を目的として、特別な前後処理を一切必要としないワンステッププロセスにより、非真空ロールトゥロールで大面積が高速生産可能な変換効率20%超の低発電コスト有機太陽電池の実現を目指す。大阪大学と共同で研究を進める。そのために、(a) 溶媒に可溶で塗布するだけで安定して素子作製が可能であること、(b) 高効率化に適した素子構造が特殊な微細加工等を必要とせず実現可能であること、(c) 単一材料・単一層で広範囲な波長領域に感度を持つこと、(d) 光化学的、熱的に安定な材料であることを満たす材料の研究開発を、新たな概念として自己組織化性の強い液晶をベ

ースとした有機半導体を利用することを基軸とした研究を行う。現在の面積・高精細液晶ディスプレイを実現させた液晶の卓越した性質を活用する。平成23年度（初年度）は、本研究に至る成果である低分子系材料による塗布型としては高性能の3%以上の光電変換効率を示した有機薄膜太陽電池に用いたフタロシアニン液晶半導体を含むバルクヘテロ型活性層について、その構造と熱安定性に関する研究を行い、本系による太陽電池の高性能化への指針として、最安定かつ最高速のキャリア移動度を示す組成の解明ができた。更に、バルクヘテロ層中の最適構造を液晶性を利用して自発的に形成させる分子設計を行い、その材料の合成を開始した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】太陽電池、有機エレクトロニクス、液晶

【研究題目】構造の解析と設計及び触媒探索

【研究代表者】秋田 知樹

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】秋田 知樹、香山 正憲、前田 泰、

徐 強、桜井 宏昭、木内 正人、

竹内 孝江、飯塚 泰雄

（常勤職員6名、他2名）

【研究内容】

金微粒子触媒における触媒機能発現メカニズムを明らかにすることを目指して、金一酸化物担体の相互作用について調べた。電子顕微鏡観察を行った Au/NiO の系では、金微粒子と NiO 担体結晶の間に強い優先方位関係が見られた。

界面において構造の乱れが観察され、一部合金化した界面が存在することが示唆された。

また、金微粒子と担体との接合界面における電荷移動を明らかにするために、走査型トンネル顕微鏡と走査型ケルビンプローブ顕微鏡とを用いて、個々の粒子に対する電位測定を行った。実験は単結晶 TiO₂ (110) 基板を用いた Au/TiO₂モデル触媒を対象として実施した。その結果、界面での電荷移動は粒子の量子サイズ効果と密接な相関があることを見出し、その時の界面電荷密度はバルクの接触電位差から予測される値とよく一致していた。理論計算においては Ti-rich 界面、O-rich 界面の Au 原子は特異な電子状態であり、特に O 原子と接する Au 原子は、s 電子が酸素側に移動し、酸素の p 軌道と強い p-d 混成を形成することがわかった。新規触媒開発では、前駆体 Au(en)₂Cl₃ と Ni(NH₃)₆Cl₂を用いて、逆ミセル法によってシリカナノ球に閉じ込められた Au-Ni クラスタ（Au-Ni@SiO₂）を調製した。Au-Ni@SiO₂は、Au-Ni 間協同効果によって、アンモニアボラン（AB）の加水分解・水素発生反応に高い触媒活性を示し、さらに、SiO₂シェル保護作用により、Au-Ni クラスタは高い耐久性を有することを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】微粒子、触媒、顕微鏡、表面・界面

【研究題目】高性能室温熱電酸化物材料の探索

【研究代表者】舟橋 良次

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】舟橋 良次、エマニュエル・コンベ

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

Te のような希少且つ毒性金属を含む Bi₂Te₃モジュールを置換する、低コスト、高安全性の新規「室温」熱電酸化物材料を開発する。特にペロブスカイトやスピネル構造を有する Ti 系酸化物に注目し探索を進める。熱電性能を決める因子の一つであるゼーベック係数は導電層と絶縁層が交互積層した量子井戸薄膜で増大することが分かっている。Ti 系酸化物は導電性発現には酸素欠損を導入する必要があるが、この性質を用いれば結晶粒の極薄い表面に導電層を形成し、内部を絶縁体にすることができる。このような結晶粒を焼結させることで、粒界のナノネットワークが形成され、それが量子井戸としてゼーベック係数を増大することが考えられる。また、このような異相導入により界面が増加することでフォノンが散乱され、*ZT* を決定するもう一つの因子である熱伝導度を低減させ、その結果 *ZT* を増加させることができる。本研究では以下の方法によるゼーベック係数の増大と熱伝導度の低減により、2以上の *ZT* を実現する。平成23年度は Ti、Co 及び In 系複合酸化物の100~1000Kの熱電特性を評価し、新たな指針を見いだした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】熱電発電、廃熱利用

【研究題目】自然ナノ構造材料の開発とモジュール製造技術の構築

【研究代表者】舟橋 良次

（ユビキタスエネルギー研究部門）

【研究担当者】舟橋 良次、松村 葉子

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

大規模太陽熱発電への応用に向け、高温~低温まで広い温度域で発電が可能な熱電システムの構築を試みた。赤道付近に分布するサンベルト地帯での大規模な太陽熱発電に注目が集まっている。このシステムは集熱により過熱蒸気を生成し、タービンにより発電するが、その過程で広い温度域に渡る廃熱が生じる。そこへメンテナンスが殆ど必要ない熱電発電システムが使用されれば、総合効率も向上できる。そのためには幅広い温度域で熱電発電が可能なシステムを構築しておく必要がある。そこで今年度は200~500℃の中温域で良い熱電特性と耐酸化性を有する材料の開発とモジュール化を試みた。その結果、Mn-Si-Al で構成される合金で600℃でも空気中で使用可能な n 型材料を発見した。p 型に Mn-Si 合金を用

いたモジュールも作製し、高温側温度が600℃の時約10W（受熱面積当たり2.3kW/m²）の出力を得ることができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電変換、太陽熱利用

〔研究題目〕 水素による蓄電を実現する燃料電池／水電解可逆セル基盤技術の開発（高活性可逆セル酸素極触媒の開発）

〔研究代表者〕 五百蔵 勉

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 五百蔵 勉、朝日 将史、丹上 貴子、渡邊 久美子（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

再生可能エネルギーの大規模な普及のためには、蓄電池などによる出力の平準化が重要と考えられている。燃料電池と水電解を組み合わせた再生型燃料電池も水素をエネルギー媒体とした一種の蓄電装置であり、自己放電がなく長期的な蓄電が可能などの利点を有している。本研究では、固体高分子形燃料電池・水電解可逆セルの高性能化を目的として、酸素極の触媒活性を面積比活性および質量比活性の両面から向上させることを目指した。

従来の可逆セルでは、白金黒とイリジウム黒（もしくは酸化イリジウム）の混合触媒が用いられているが、白金・イリジウムはそれぞれ酸素発生・酸素還元反応への活性が低く、触媒の有効利用の観点から問題があった。そこで、まず白金とイリジウムを合金化して均一な触媒とし、触媒面積当たりの活性向上を試みた。その結果、イリジウム合金化することにより、酸素還元反応の活性が向上することがわかった。

触媒の質量活性を向上させるためには、担体上に活性金属等を高分散に担持する手法が有効である。電極触媒には導電性・安定性の観点からカーボン担体が用いられることが多いが、可逆セルでは酸素発生時の電極電位が1.5V以上と高く、カーボンの腐食が加速的に進行するため適用できない。そこで、可逆セルにおいて触媒の質量比活性を向上させるため、高い耐酸化性を有する導電性チタン酸化物（TiO_x）の触媒担体としての適用可能性について検討した。紫外パルスレーザを用いて作製したTiO_x粒子（直径：数十～数百nm）を触媒担体として用いることにより、白金触媒の活性表面積は従来の白金黒触媒に比べ約3倍に向上するとともに、燃料電池特性、水電解特性ともに改善されることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 燃料電池、水電解、水素

〔研究題目〕 二酸化炭素と水素からの炭化水素製造技術の実用化に向けた基盤研究

〔研究代表者〕 藤原 正浩

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕 藤原 正浩、櫻井 宏昭、田中 秀明
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

地球温暖化を抑制し低炭素社会を構築するために、現在すでに大量に利用されている化石燃料由来のLPG、ガソリン等のメタン以外の炭化水素（C₂+炭化水素）を、固定発生源等から回収した二酸化炭素と再生可能エネルギーで得た水素とから高収率で製造することを目指す。C₂+炭化水素を選択的に合成するために、メタノール合成触媒とゼオライトとから成る複合触媒を用い、メタノール経路による炭化水素合成を試みる。この複合触媒では、二酸化炭素からのメタノール合成とゼオライトによるメタノールの炭化水素への変換反応を同時逐次的に行うことで平衡を移動させ、高転化率が望めないメタノール合成の熱力学的制約を受けずに反応を行うことができる。また、メタノール経路で炭化水素を合成するため、反応機構上メタンの生成を抑えながら、分枝状のC₂+炭化水素を高選択的に合成することも可能である。

平成23年度においては、現状で遂行可能な反応圧力1MPaの条件下で触媒反応を行った。メタノール合成触媒としては、特殊な銅-亜鉛-クロム系触媒を用い、これをH-ZSM-5、Y型ゼオライト、ゼオライト・ベータ等と混合することにより、二酸化炭素からのC₂+炭化水素合成を試みた。その結果、得られる炭化水素の収率は、ゼオライトのプロトンへのイオン交換率や、複合触媒におけるゼオライト混合比率に大きく依存することが明らかとなった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 地球温暖化、低炭素社会、二酸化炭素固定、炭化水素燃料、触媒

〔研究題目〕 複雑化する世界におけるNatech（自然災害と技術の相互作用）リスクの低減に関する学際的研究：日本の経験から学び、iNTeg-Riskプロジェクト・NaTech分野の手法を応用

〔研究代表者〕 岸本 充生（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 和田 有司、本田 智則、若松 弘子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

“Natech”（自然災害起因の産業事故）という切り口で東日本大震災による被害を捉え直し、フランスチームの工学的アプローチと日本チームの政策的アプローチを組み合わせ、複雑化した社会におけるNatechリスク軽減策のあり方をまとめ、今後のNatechリスクの低減に資する。

研究計画：

Natechという新しい概念を日本に導入することで、自然災害研究と産業事故研究の間のギャップから生じる

ガバナンス上の問題点を抽出するとともに、これまでの Natech 研究は自然災害から産業事故までを対象としていたが、産業事故による波及効果も含めた経済被害額の推定モデルを開発する。

研究進捗状況：

これまでの欧米における Natech 研究のレビューを行い、既存研究に欠けている点を明らかにした。また、東日本大震災における被災企業への聞き取り調査を実施した。応用一般均衡モデルという経済シミュレーションモデルを利用して、東日本大震災の経済波及効果のシミュレーションを行い、地域別、産業別の影響を見積もった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】自然災害、産業事故、Natech、経済被害、サプライチェーン、産業連関、ガバナンス

【研究題目】震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性の研究

【研究代表者】佐藤 隆司
(活断層・地震研究センター)

【研究担当者】佐藤 隆司、雷 興林(地圏資源環境研究部門)(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力事業「鉱山での地震被害低減のための観測研究」の一部を分担する。本事業は、南アフリカ金鉱山で発生する地震を地震計、歪計等を用いて震源極近傍で観測することにより、地震発生過程解明および鉱山での地震被害低減に寄与することを目的とする。本分担課題では、震源域で採取した岩石試料の物性および破壊特性を室内実験で計測し、震源極近傍での観測結果を解釈する際の基礎データとする。

2007年12月に南ア金鉱山の深度約3km で発生した地震(Mw1.9)は、余震活動の詳しい解析から、厚さ約30m のダイク内で発生し、破壊は周囲の母岩には進展していないことが分かっている。今年度は、この地震の震源付近から採取した試料を用いて、ダイク(橄欖岩)および母岩(珪岩)の弾性波速度測定を行うとともに、橄欖岩の破壊実験を行った。

【分野名】地質

【キーワード】南アフリカ金鉱山、地震被害低減、岩石物性・破壊特性

【研究題目】ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化

【研究代表者】遠藤 明(環境化学技術研究部門)

【研究担当者】遠藤 明、片岡 祥(常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

ナノ細孔に閉じ込められた物質の相状態や吸着・移動特性の基礎メカニズムを検討・解明し、得られた知見を

応用技術へ展開することを目的とする。ナノ細孔を有する多孔質材料の機能化、およびナノ細孔における物質の吸着・移動現象の解析と制御に取り組む。主に高機能湿度制御材料・システムの創成を目指す。

研究計画：

ナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料粒子、薄膜を合成するとともに、次年度以降に対象とする材料に関する調査・構造設計を行う。

研究進捗状況：

ナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料粒子、薄膜の合成を開始した。また、次年度以降に対象とする材料として、ポリマーの相分離を利用した新しいメソポーラスシリカの合成法、細孔構造の制御方法の検討を開始した。また、階層構造を有するゼオライトの合成方法、評価方法についての調査を開始した。

合成されたナノメートルオーダーで構造規則性を有するナノ多孔質材料粒子(メソポーラスシリカ粒子)を対象として、細孔内部の水の吸着、および細孔内部の水の移動について実験を開始した。また、理論解析用のプログラムコードを作成した。吸着特性、移動特性の評価方法、および実験計測と理論解析の比較項目について検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ多孔質材料、吸着、相変化

【研究題目】バッチ式内部熱交換型蒸留システムの実用化開発

【研究代表者】遠藤 明(環境化学技術研究部門)

【研究担当者】遠藤 明、片岡 祥(常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

リチウム電池合成用溶媒として用いられている N-メチル-2-ピロリドン(NMP)や製薬原体合成用溶媒として用いられているピリジンを高効率にリファイン可能なバッチ式内部熱交換型蒸留システムを実用化するための操作ならびに設計条件を確立する。

研究計画：

バッチ式 HIDiC の塔底液からの脱水を吸着プロセスにより行うことを目的として、対象とする混合物系(NMP あるいはピリジン)において使用可能かつ吸水性にすぐれた吸着剤を探索するとともに、モデル系(アルコール-水系等)における水吸着除去に関する検討を行う。これらの結果およびシミュレーション結果を融合させることにより、吸着による脱水プロセスとバッチ式 HIDiC とのハイブリッド化による省エネルギー性向上の可能性を山形大学とともに検証する。

研究進捗状況：

平成23年度はモデル系(エタノール-水系)において利用可能な脱水用吸着剤として、親水性ゼオライトを選定し、その液相における脱水挙動の検討を開始した。ま

た、NMP またはピリジン中で安定的に使用可能な脱水用吸着剤の探索を開始した。また、プロジェクト内で開催した委員会や企業ヒアリングを通じ、バッチ式内部熱交換型蒸留システムの市場調査を行うとともに課題抽出を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ多孔質材料、吸着、脱水、バッチ式内部熱交換型蒸留

【研究題目】モデル触媒の in-situ 表面解析

【研究代表者】藤谷 忠博（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】藤谷 忠博、伊達 正和、中村 功
（常勤職員3名）

【研究内容】

酸化チタン単結晶上に金ナノ粒子を蒸着した Au/TiO₂(110)モデル触媒、および Au 単結晶上に種々の酸化状態のチタンを蒸着した TiO_x/Au 単結晶逆担持モデル触媒を用いて、水素分子の解離サイトについて検討した。異なる大きさの Au 粒子（1~10nm）を蒸着した Au/TiO₂(110)モデル触媒上で H₂-D₂交換反応を行った結果、HD 生成速度が金粒子の界面の長さ依存していることが示された。そこで、金粒子と酸化チタンの接合界面に存在する金原子あたりの速度を求めた結果、粒子径とは無関係にほぼ一定であった。これは、水素解離の活性点は金と酸化チタンの接合界面であることを示している。また、水素解離の活性化エネルギーを調べたところ、金の粒子径に関係なく同じ値となり、金と酸化チタンの接合界面の特性は金粒子径が異なっても同質であることが示された。接合界面のチタン酸化状態を明らかにするために、TiO_x/Au(111)逆担持モデル触媒を用いて交換反応を行った。その結果、化学量論の TiO₂で覆われた Au 表面上でのみ HD 生成が認められ、その活性化エネルギーおよび TiO₂アイランドと金基板の接合界面に存在する金原子あたりの速度は Au/TiO₂(110)モデル触媒で得られた値と一致した。したがって、Au/TiO₂触媒における水素解離の活性点は、化学量論の TiO₂と Au との間で形成する接合界面であることを明らかにした。以上の結果は、金クラスターと TiO₂との接合界面が反応サイトとなることを定量的なデータで支持するものであり、金触媒における触媒作用発現メカニズムの解明につながる知見を与えるものである。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】金触媒、表面化学、水素解離、界面、触媒活性点

【研究題目】化学的アプローチによるセルロースからの乳酸合成および誘導体化

【研究代表者】富永 健一（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】富永 健一、藤谷 忠博、高橋 厚、平田 恵一、島田 茂、佐藤 一彦

（常勤職員5名、他1名）

【研究内容】

本研究は、セルロース系バイオマス原料から化学的変換法により乳酸を合成し、さらにその化学変換によりアクリル酸を合成するための、一連の要素技術を開発することを目的としている。本年度は、①六炭糖からの乳酸合成反応用触媒の整理、②セルロースからの乳酸合成の予備的検討、③乳酸脱水反応触媒の予備的検討を行なった。

六炭糖から乳酸を合成するには、逆アルドール反応により六炭糖を三炭糖に解裂させた後、その三炭糖を異性化させる必要がある。我々はこれまでの知見を元にして、逆アルドール反応に対して活性の高い触媒系と三炭糖の異性化に活性の高い触媒系とを整理した。その後、双方の反応を両立させるための反応系の構築に着手したが、その結果として、ある種の塩の存在下で双方の反応を同時に進行させる、新たな触媒系を開発することに成功し、これまでにない高収率で糖から乳酸を合成することができた。

さらにこの触媒系とセルロース分解能を持つ触媒系との組み合わせにより、セルロースから一段で乳酸を合成するための予備的検討を行なった。その結果、ある程度の収率でセルロースから乳酸を合成することが可能であることを確認した。

また、乳酸からのアクリル酸合成用触媒については、ゼオライトおよび金属酸化物を中心にスクリーニング試験を行なった。その結果、ナトリウムを含む触媒では、脱カルボニル反応が抑制され、目的とするアクリル酸の選択性を向上できることを見いだした。これは、アルカリがカルボキシル基を安定化した後、酸点上で脱水反応が進行するためであると考えている。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、バイオマスリファイナリー、セルロース、乳酸、アクリル酸、触媒

【研究題目】活性点の配置を精密制御した高性能固定化金属錯体触媒の開発

【研究代表者】深谷 訓久（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】深谷 訓久（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

嵩高いリンカーを利用し、SH 基を配位子として有する固定化パラジウム錯体触媒を新規に開発し、臭化アリールとフェニルボロン酸を用いた鈴木カップリングにおいて、収率90%以上を維持しつつ、技術移転への目安の一つである10回以上のリサイクル使用が可能な触媒を開発する事を目標とする。

研究進捗状況：

担体上での触媒サイトの分布を高分散な状態にするた

め、嵩高いリンカーを介してシリカ担体上に SH 基を配位子とするパラジウム錯体を固定化した触媒(A)を新規に調製した。また性能比較の為、パラジウム錯体周りを同様の構造とし、リンカー部位のみを従来型構造とした固定化触媒(B)を調製した。

上記の2種の触媒を用いて、p-ブロモ安息香酸エチルとフェニルボロン酸との鈴木カップリング反応により、触媒活性および繰り返し利用性能の評価を行った。従来型リンカーをもつ触媒(B)では、繰り返しの度に生成物の収率が低下し、顕著な触媒性能の低下がみられるのに対し、新規に開発した嵩高いリンカーを持つ触媒(A)では、5回まで収率90%以上を維持しており、リンカー構造を変える事によって触媒寿命を向上させることができた。

今後は、配位子/金属比率の最適化やシリカ担体の残留 OH 基のキャッピング等、表面性状の改質を行う事によって、さらなる触媒の長寿命化を図り、研究開発終了予定の平成24年7月末までに、最終目標である10回以上のリサイクル使用可能な触媒の開発を目指す。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固定化触媒、金属錯体、鈴木カップリング反応

【研究題目】磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒の実用性の検証

【研究代表者】藤田 賢一（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】藤田 賢一、梅木 哲史
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

これまでに、磁石を近づけることにより触媒が吸い寄せられ、生成物から簡便かつ迅速に分離でき回収される、磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒を開発しており、本研究では、ジヒドロキシル化反応におけるオスミウムの溶出が一層抑制された新規磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウム触媒を創製した。

新規磁性ナノ粒子固定型酸化オスミウムは、オクタデシル基を有するマグネタイトに固定化した四置換オレフィンと四酸化オスミウムを $t\text{-BuOH} \cdot \text{CH}_2\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液中で反応させることにより調製した。そこで本磁性酸化オスミウム触媒を2mol%用い、 $\text{trans-}\beta\text{-メチルスチレン}$ のジヒドロキシル化反応を行ったところ反応は円滑に進行した。反応終了後、磁性酸化オスミウム触媒は磁石を近づけることにより引き寄せられ、反応溶液のデカンテーションにより容易に回収することができた。また、反応基質と溶媒を新たに加えることにより、触媒の再利用も可能であった。さらに、脂肪族オレフィンを用いジヒドロキシル化反応を行ったところ、スチレン類縁体に比べ反応時間は大きくなったものの、スチレン類縁体同様に良好な収率で目的物が得られた。また、マグネタイト上のオクタデシル基は、ジヒドロキシル化反応におけ

るオスミウムの溶出抑制に有効であることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】触媒、酸化オスミウム、リサイクル

【研究題目】活性酸素種の殺菌プロセスへの応用と評価モニタリング技術の開発

【研究代表者】野田 和俊（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】古川 聡子（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、プラズマ装置、エキシマ装置、オゾン発生装置など、活性酸素種を利用したあらゆる殺菌装置に対応可能で、かつリアルタイムで活性酸素種をモニタリングできる水晶微小天秤（QCM）方式のモニタリングシステムと、それを搭載した殺菌装置の実用化である。本モニタリングシステムにより、従来の大型で複雑なモニタリングシステムでは困難であった、個々の殺菌プロセス装置毎への搭載を可能にするとともに、殺菌処理時の活性酸素種を精密に制御することを可能とし、殺菌処理の品質を大幅に向上させた小型で低コストの殺菌装置を実現する。

センサ開発では、現行の共振周波数6MHzQCM センサから9MHz センサへの変更によって、測定感度が共振周波数の2乗に比例するため、実質2.25倍の感度向上が得られるが、この結果をもとに、今回は現行の6MHz センサをそのまま使用可能な3重倍回路方式についても検討し、基本動作特性からその有効性を確認した。モニター装置については、発振回路部の試作を行い、従来他社製品と比して1/30程度にまでサイズダウンしたものが、従来製品の70%以下のコストで製作できることを確認した。

試作ソフトウェアでは、9チャンネル同時データ取得を可能にしたが、この測定データからプロセス装置へのフィードバック制御の確立を検討し、試作開発を進めた。あわせて、USB 接続可能な制御ソフトウェアの試作を行い、市販の PC にインストールすることで QCM センサの発振を監視、取得データを管理できるようになり、従来製品の電源表示部が不要とする改良を加えた。

UV ランプ方式活性酸素殺菌装置（AOS 装置）に有機薄膜付き活性酸素モニター（QCM センサ）を搭載し、圧力変動など外乱の影響を排除してモニター可能であることを確認したが、センサ検出値への水分などの作用因子、活性酸素作用量値付けのためのモニター時に生成する有機揮発成分の同定について検討を行い、大気圧からサンプリング可能な質量分析器（MASS）の選定、導入検討を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】センサ、活性酸素、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

〔研究題目〕研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィジビリティスタディ
ステージ探索タイプ
バイオマス由来溶媒を用いたボンド磁石からのネオジム回収技術の開発

〔研究代表者〕加茂 徹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕加茂 徹、中尾 和久、伊藤 大祿
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

ネオジムボンド磁石は、ネオジム・鉄・ホウ素の合金を急冷して製造した粉末に重量割合で数%のエポキシ樹脂を混合して製造したものである。本研究では、(1)ネオジム粉末を各種の可溶化条件下に置き、磁性特性に対する可溶化処理の影響 (2)ネオジムボンド磁石に重量比で数%程度しか含まれていないエポキシ樹脂の可溶化率を正確に測定するため手法の開発を検討した。

ネオジムボンド磁石の磁性特性は、200℃程度であれば可溶化条件下で加熱処理してもほとんど劣化しないことが分かった。また可溶化試料を塩酸処理すると金属部を完全除去でき、可溶化率を実測できる手法を確立できた。メチルベンジルアルコール中に水酸化ナトリウムを3%添加して微粉砕したネオジムボンド磁石を処理した場合、可溶化率は94%以上となりほぼ完全に可溶化させることに成功し、実用化へのための成果が得られた。空気中あるいは溶媒中200℃でネオジム粉末を加熱しても磁性特性は劣化しないが、本実験で回収したネオジム粉末の磁性特性が未処理のものに比べて低下した理由は、ネオジムボンド磁石を微粉砕した際に新たな界面が生成して表面積が飛躍的に増加し、可溶化あるいは乾燥の際に空気によって表面が酸化されたためと考えられる。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕ネオジム、レアメタル、ボンド磁石、可溶化、リサイクル

〔研究題目〕ストレス診断用簡易発光キットの試作

〔研究代表者〕金 誠培（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕金 誠培（常勤職員1名）

〔研究内容〕

生物発光を用いたホルモン診断技術が汎用技術として定着するには、使用者側に極めて簡便な診断手段に仕上げる研究が必須である。この実用化課題として、プロトコルの簡略化、試薬量や試料量の低減および低コスト化、バッファー条件の最適化が求められる。この課題解決のために、簡易ホルモン診断キットを設計・試作し、試作過程を通じて課題を解決し、新たな問題点を見つける研究を推進した。

最初の研究計画書で目標としたとおりに、最適バッファー条件の探索、より高性能の発光酵素の樹立、唾液ホルモン診断用の発光デバイスの製作を行った。その成果として、1件の論文が出版されており、2件の特許出願案

件が産総研内部プロセスを踏んでいる。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕発光デバイス、分子イメージング、バイオアッセイ

〔研究題目〕研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィジビリティスタディ
ステージ探索タイプ「熱画像装置を用いた放射率補正型デバイス発熱モニタの開発」

〔研究代表者〕石井 順太郎（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕石井 順太郎、山田 善郎
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は次世代の高集積化半導体デバイスやパワーエレクトロニクスデバイスの研究開発において鍵を握る各種デバイス内の発熱モニタリング技術の可能性を検討することを目的とし、熱画像装置の放射温度測定適用で課題となる未知の放射率に関する新しい補正方式の適用検討を行った。

研究開発目標に挙げた空間分解能、時間応答、温度測定精度を達成するには、放射温度測定により室温近辺で1℃の温度測定精度を得るためには一般に対象放射率が1%オーダーで正確に分かっていることが求められるが、目標とするデバイス表面には微細パターンがあり、各微小領域ごとの放射率を正確に知ることは不可能に近い。また、目標とする10 μm級の空間分解能を有する汎用熱画像装置は市販されているものの、開発目的のデバイス発熱モニタに適用するには視野特性のにじみから来る面積効果によるさらなる温度測定精度低下が避けられない。さらに、汎用熱画像装置の応答時間は10 kHzに遥かに及ばず、60 Hz程度である。

これらの課題解決に向けて、本研究では、研究担当者らの発案による赤外熱画像装置を用いた放射率補正方式を適用した。応答時間は熱画像装置のフレームレートを超える高速測定が必要なため、高速のスポット測定型放射温度計と組合せたシステムを構築することを検討した。温度測定精度に関しては薄膜熱電対を測定対象とした評価試験を実施し、目標不確かさの1℃が達成されることを検証した。時間応答に関しては目標とする10 kHz以上を達成する方法を検討、高速応答性を有する他の温度測定手法との組合せとして反射測温と組み合わせることで十分な応答速度が得られる見通しを得た。空間分解能に関しては評価用の専用デバイスを今後製作し評価する計画である。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕熱画像、温度分布、放射率補正、電子デバイス

〔研究題目〕 国家標準にトレーサブルなコヒーレント周波数リンクの創生とそれに基づいたテラヘルツ周波数標準技術の系統的構築

〔研究代表者〕 稲場 肇（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 稲場 肇、美濃島 薫
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

光波と電波の周波数境界に位置するテラヘルツ（THz）帯（100 000 000 000 Hz（100 GHz）～10 000 000 000 000 Hz（10 THz））は、これまで良質なレーザ光源や高感度検出器が無かったため、唯一残された未開拓電磁波領域とされてきた。近年のレーザ励起THz波やTHz量子カスケードレーザを始めとした各種THz要素技術の進展により研究開発が加速しているが、超高速・大容量無線通信や非破壊検査といった産業分野での利用が具体化し始め、THz帯電磁波の計量標準（周波数、パワーほか）の整備が世界的に急がれている。特に周波数については、電磁波の最も基本的な物理量の一つであると同時に最も高精度に発生・計測可能な物理量であり、THz技術の根幹をなす標準として強く望まれている。本研究では、電波領域（DC～10 GHz）や光波領域（200～600 THz）と同等な周波数の不確かさをTHz周波数でも実現するため、電波・光波・THz波という3つの異なる周波数帯を、光周波数コム（光コム）を利用して精密にリンクする。この周波数リンクによって、電波や光波領域における充実した周波数標準群の不確かさをTHz領域に分配し、SI基本単位の1つである時間（秒）の国家標準にトレーサブルな三種のTHz周波数標準技術（THzコム走査型分光計、THzシンセサイザ、THzスペクトラム・アナライザ）を確立する。

本研究の中核研究機関である徳島大学のグループがTHz帯の電磁波を発生し、高精度に検出するにあたり、産総研では本年度、それに必要な2台の光コムについて、どこまで同期度を高められるかについて調べた。具体的には2台の光コムに共通の基準周波数を用いてそれぞれの光コムについて繰り返し周波数の安定化を行った。その上で共通のレーザ周波数を測定することにより、光コムの相対周波数安定度、すなわち光コムの同期度を測定した。その結果、1秒平均において 5×10^{-14} 、100秒平均では 1×10^{-15} 程度の相対周波数安定度が得られた。また、2台のコムから求めた共通の光周波数の差はその周波数安定度の範囲内であることから、コムの不確かさも同等であり、 10^{-11} 程度の不確かさを持つマイクロ波帯周波数に十二分に対応できることがわかった。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 光周波数コム、モード同期レーザ、モード同期ファイバーレーザー、テラヘルツ

〔研究題目〕 BDNF機能障害仮説に基づいた難治性うつ病の診断・治療法の創出

〔研究代表者〕 小島 正己（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 小島 正己、上垣 浩一、田和 圭子、北島 真子、広川 貴次、水井 利幸、熊ノ郷 晴子、原 とも子、加藤 耕一、延原 理幹（常勤職員5名、他5名）

〔研究内容〕

背景：

うつ病における神経可塑性仮説が提唱されているが、その分子メカニズムは十分には解明されていない。産総研はproBDNFが培養海馬神経細胞のスパイン密度を低下させることを近年報告し、その細胞現象とうつ病の相関およびproBDNFによるスパイン退縮のメカニズムの解明を目指している。

目標：

本年度は、proBDNFによるスパイン退縮についてモデル動物を用いて解析した。

進捗状況：

proBDNF高発現マウスのスパインのゴルジ染色を行い、その形態、密度等について定量解析を行った。その結果、proBDNF高発現マウス海馬においてスパインヘッド幅が減少していることを明らかにした。このような個体レベルの結果について、海馬培養神経細胞を用いた検証も行った。その結果、proBDNFの投与後速やかにスパインヘッドの形態変化が同様に起きることをタイムラプスイメージングすることに成功した。以上の結果から、うつ病における神経可塑性仮説の検証において、proBDNFが重要な標的分子になりうることが示唆された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経栄養因子、うつ病、行動

〔研究題目〕 レーザー細胞操作による神経回路再生機能の解析技術の開発

〔研究代表者〕 細川 千絵（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 細川 千絵（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、再生医療が注目を集めており、脳神経系の機構の解明とともに再生医療の神経系への応用が期待されている。この神経再生医療の研究を行うためには、成熟した中枢神経回路網の再生過程やその薬理効果を調べることが必要となる。本課題では、レーザー細胞操作技術により神経回路網の再生過程や薬理効果を評価する、高効率な細胞アッセイシステムを作製することを目標としている。これまでに開発を進めてきた集光フェムト秒レーザーを用いた細胞操作による神経再生機能の評価技術を発展させ、神経再生を促進する新規化合物のスクリーニングシステムへの応用を図る。今年度は、現有の正立顕微鏡に、複数の微小電極を有する細胞外電位計測プロー

ブ上で培養した神経回路網の一部をフェムト秒レーザー光により切断し、切断した神経回路網の再生過程を評価するために必要な薬液灌流システムを導入した。また、フェムト秒レーザーを集光して神経細胞の局所領域を切断するため、ラット海馬由来の培養神経細胞を対象とし、レーザー光強度や照射位置、照射時間を変化させ、ターゲット細胞の切断を可能とし、かつ周辺細胞へのダメージを低減する条件の検討を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経細胞、フェムト秒レーザー

【研究題目】 外来遺伝子を導入したニワトリ培養始原生殖細胞の生殖系列分化能の検証

【研究代表者】 大石 勲（健康工学研究部門）

【研究担当者】 大石 勲、吉井 京子、小島 正己
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

目標：

生殖細胞に抗体医薬高発現系が遺伝子導入された生殖系列キメラニワトリ1系統以上の樹立を本研究の最終目標とする。目標達成により、ニワトリ卵白中にヒト抗体医薬をはじめ、様々な蛋白質を安価に生産する方法の技術移転の可能性が見出されると考える。

研究計画：

以下の3研究を実施する；(1) 抗体医薬高発現系（3種類）を導入した始原生殖細胞株の樹立、(2) 始原生殖細胞株を移植した生殖系キメラヒヨコ3種類3系統以上の樹立、(3) 1系統以上の遺伝子組換え細胞の生殖系列分化の達成。

研究進捗状況：

新たに作製した抗体医薬発現誘導系を3種類構築し、エレクトロポレーション法により培養始原生殖細胞に安定導入し細胞株を樹立した。これら細胞株をニワトリ初期胚に移植し、移植細胞の初期胚生殖巣領域への集積を評価後、孵化させ生殖系キメラヒヨコ3種類、5系統を樹立した。得られた生殖系キメラヒヨコ（雄）を性成熟させ、各個体より精液を採取解析し、導入遺伝子がゲノムに含まれることを5系統で確認することが出来た。また、生殖巣において移植細胞が強いアルカリフォスファターゼを発現し VASA 蛋白質等生殖系列特異的なマーカーを発現し、精細管において生殖系列と同様の形態を示すことを明らかにしている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

【研究題目】 光分解性バイモダナルナノパーティクルの開発と、がんの可視化と治療への応用

【研究代表者】 Biju Vasudevan Pillai
（健康工学研究部門）

【研究担当者】 Biju Vasudevan Pillai,

Edakkattuparambil Sidharthan Shibu,
Yuko Mitsu（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究では、光分解能を有する蛍光・磁気バイモダナルナノプローブの開発を行った。これまでに、蛍光性コア（内殻）又はシェル（外殻）と磁気コア又はシェルから成る4種の蛍光・磁気ナノパーティクルの開発を行ってきた。蛍光部位には CdSe/ZnS 量子ドット又は Au 量子クラスターを、一方、磁気部位には酸化鉄ナノパーティクルやガドリニウム（Gd）複合体を用いている。コアとシェルは、新規の光応答性クマリン系リガンドを介して結合しており、これらリガンドはクマリン色素の様々な有機官能基転移によって合成されたものである。コア・シェル蛍光磁気バイモダナルナノパーティクルは蛍光スペクトルや核磁気共鳴画像法（MRI）による解析を行い、その特性を評価した。さらに、複数の培養細胞（A341ヒト類表皮癌細胞、3T3マウス線維芽細胞、H1650ヒト肺癌細胞）に処理し、細胞の発光状態及び MRI 解析によってナノパーティクルのバイオイメーシングに対する評価も行った。ナノパーティクルの細胞内輸送効率率は計測していないが、予備検討からバイモダナルナノパーティクルとその前駆体は、MTT 細胞毒性評価法による細胞生存率にはほとんど影響しないことが示されている。これにより、今回開発した蛍光・磁気バイモダナルナノパーティクルはバイオイメーシングに有用なプローブであることが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノテクノロジー・バイオイメーシング・ナノパーティクル・バイモダリティ

【研究題目】 新規高感度蛍光イメージングのための細胞培養プラズモニクチップの創製

【研究代表者】 田和 圭子（健康工学研究部門）

【研究担当者】 田和 圭子（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、チップ上で細胞培養ができ、かつ高感度蛍光イメージングを実行するプラズモニクチップの開発を目標とし、①チップの構造安定性（耐久性）と②100倍の観察倍率における蛍光像の S/N 向上を目指した。

具体的な数値目標としては、①細胞培養下において、7日以上培養に耐えうるチップであること、②100倍の観察倍率において、ガラス基板や細胞ディッシュ上で観察した培養細胞の蛍光像と比較し、プラズモニクチップ上で空間分解能が2倍以上、かつ、蛍光強度が10倍以上であることとし、オンチップ神経細胞培養ができる高感度蛍光顕微鏡観察用チップの実用化を目指した。

成膜プロセスの検討として、シリカ膜の調製プロセス、接着層の選択、成膜温度の最適化を検討し、耐久性という課題に取り組んだ。また、神経細胞を培養して、10倍以上の蛍光増強度を達成するため、表面プラズモン共鳴

条件下の照射光を効率よく利用できるドーナツ型ピンホールを挿入した。また、高倍率の対物レンズでの観測を可能にするため、カバーガラス上へのプラズモニックチップの調製を行った。

その結果、チップ作製において高純度シリカ膜を室温で調製することで、10日間の培養が可能なチップの作製ができた。このチップ上で培養した神経細胞をドーナツ型ピンホールを挿入した照射下で観察すると、細胞培養ディッシュ上で培養した細胞の蛍光像と比べて10倍明るい蛍光像を取得することができた。さらに、カバーガラス上へのプラズモニックチップの作製により100倍の対物レンズでの蛍光像観察も可能となった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 表面プラズモン共鳴、蛍光顕微鏡、プラズモニックチップ、神経細胞、成膜、培養、耐性

【研究題目】 多粒子量子ドットの合成

【研究代表者】 田口 隆久（関西センター）

【研究担当者】 田口 隆久、細川 千絵、川崎 一則、安藤 昌儀、村瀬 至生、大西 映里子、大西 恵、李 春亮、張 愛玉、澤井 俊博、王 石泉（常勤職員5名、他6名）

【研究内容】

高輝度でプリンキングのないインビボ観察に好適な蛍光体として、複数個の疎水性 CdSe 系量子ドットが分散したガラスカプセルの作製を目標としている。前年度まで市販の量子ドット（リガンドはアルキルアミン）を扱ってきたが、今年度は自作の量子ドット（リガンドはオレイン酸）を用いて、インビボ観察に好適な長波長での観察ができるように、波長650nm で発光するガラスカプセルの作製を目的とした。

まずは、改良ストーパー法で複数個の量子ドットをガラスカプセルに分散させる技術の開発を、前年度に続いて進めた。表面シラン化、集合体形成、ガラスコートでの量子ドットの濃度が、作製されるガラスカプセルの量と発光効率に大きな影響を及ぼすことを見出した。そして、最適な量子ドットの濃度は、リガンドの種類と量子ドットのサイズによって決まることがわかった。これらの知見を元に、波長550nm から650nm の範囲で高輝度発光するガラスカプセルの作製に成功した。波長650nm では16個程度の量子ドットが大きさ50nm 程度のガラスカプセル中に分散し、市販で最も明るいと言われるインビトロジェン社の QD655（ポリマーコート、発光波長655nm）よりも6倍程度高輝度で、さらにガラスで覆われているために高耐光性であることが示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 量子ドット、ガラス、蛍光、インビボ、

光計測

【研究題目】 ULP ユビキタスセンサの開発

【研究代表者】 前田 龍太郎

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 前田 龍太郎、高橋 正春、伊藤 寿浩、廣島 洋、松本 壮平、銘荊 春隆、松本 純一、張 毅、松本 光崇、藤本 淳（常勤職員9名、他1名）

【研究内容】

IT 機器の消費電力を無給電・非接触で測定する平均消費電力1 μ W レベルの無線センサ端末およびネットワークシステムを開発するため、次の研究項目を実施する。

- 1) 高効率超小型コイル開発
- 2) 超低消費電力専用回路開発
- 3) 超低消費電力無線センサ端末の開発
- 4) ネットワーク測定システムの開発
- 5) 社会実証実験の実験計画

昨年度開発したコイル作製手法では、径630 μ m のパーマロイを芯材として用いていたが、この芯材は曲がりやすいため、歩留まりが悪く、またコイルの実装時に破損しやすいという問題が生じていた。この問題を解決するため、本年度は外径1mm、内径600 μ m のガラスチューブを芯材として用いて銅メッキコイルのパターニングを行い、作製後にパーマロイの線材をガラスチューブに通す手法の開発を行った。更に銅メッキコイルの作製可能な線幅を昨年度から10 μ m 低減し、20 μ m の線幅のパターニングを可能とするよう装置を改善した。これによりコイルの巻数を増加できるため電流検出感度の増加が可能となる。

一方、無線電流センサ端末の開発では、端末をバッテリーレスとするため、コンセントに端末の電極を接触させ、直列抵抗分割回路を用いて端末の駆動電力を取得する回路の開発を行った。端末の送信時の電力は少なくとも15mW 以上となるが、送信は300 μ s 程度であるため、コンデンサによりこの電力を供給することが可能である。そこで、送信動作以外の時間に充電するよう電源回路を設計し、電源回路の消費電力を低減した。高抵抗を用いた直列抵抗分割回路により、電源回路の電力消費を10mW、端末への供給電力を10 μ W、送信電力供給用コンデンサを40 μ F としてプロトタイプ電源供給回路の設計を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロコイル、ユビキタスセンサ端末、MEMS、センサネットワーク

【研究題目】 ネットワーク MEMS デバイスの開発

【研究代表者】 伊藤 寿浩

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】 伊藤 寿浩、張 毅、小林 健、

岡田 浩尚、野上 大史
(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、動物の病態変化解析を元に、デジタル出力型 MEMS センサ、カスタム LSI などの超低消費電力無線センサ端末用要素デバイスの開発と、端末の無線通信時の低消費電力化を可能とする受信機の開発を行い、平均消費電力が $1\mu\text{W}$ 以下となる動物の健康状態をモニタする無線センサ端末（アニマルウォッチセンサ）の実現を可能とした。また、この端末を用いて、数万羽鶏舎における鳥インフルエンザ発生の早期摘発システムとしても応用可能な、動物集団の健康管理を行うアニマルウォッチセンサネットワークシステムの開発を行った。

超低消費電力温度センサの開発では、実際に3次元構造のバイモルフカンチレバーの試作を行った。本デバイスでは温度変化により対向するカンチレバー間隔が狭くなることでキャパシタンスが変化させ、交流信号によりその変化を検出する。その評価では、シミュレーション結果との一致がみられ、動作原理の確認を行うことが出来た。

超低消費電力加速度センサの開発では、これまでに確立してきた PZT 薄膜を用いた圧電 MEMS プロセス技術を用いて、鶏の低周波数、低加速度の動作を検出するために高調波共振現象を利用した圧電加速度センサの開発を行った。カンチレバーの共振周波数は 24Hz 程度であり、その整数分の1の周波数で高調波共振現象が現出するため、広帯域での微小な動作の検出が可能になる。このデバイスでは 0.05G 、 6Hz 程度の加速度において、数 mV の出力を確認し、検出回路であるコンパレータの出力を変化させるための十分な出力が得られていることを確認した。

無線センサ端末の開発では、昨年度開発した LSI と、上記加速度センサとサーミスタを実装した無線センサ端末を試作し、実験鶏舎において100羽以上の鶏に端末を取り付け、2週間程度実証試験を行った。本端末は鶏の活動の積算値がある閾値に達すると送信を行うイベント・ドリブン動作を採用している。つまり鶏の活動量は受信間隔の増減でわかるため、送信電文には活動量情報を含ませる必要が無く、その分通信時間を短くでき、消費電力が低減できる。実証試験では、このようなシステムの実現が可能であることを示すことができた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 MEMS、センサネットワーク、温度センサ、加速度センサ、発電デバイス、低消費電力

〔研究題目〕 超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループット

〔研究代表者〕 廣島 洋
(集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕 廣島 洋、高木 秀樹、銘苅 春隆、
尹 成圓、王 清、鈴木 健太
(常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

超高速ナノインプリントリソグラフィー高スループットの研究においては、凝縮性ガスを利用したモールドへの樹脂の完全充填効果を検証し、スケーリングにより 20nm レベルでも有効に機能することを確認する。また、容積均一化モールドの充填に影響を与える因子を抽出し、モールド構造の最適化の指針を得る。ナノインプリントリソグラフィの高スループット化のボトルネックであるモールドへの樹脂充填時間を最小化するためのモールド構造を作製し、スループット100枚/時を実現する上で必要となる 0.1 秒以下の樹脂充填を実現し、モールド全域の充填が 20nm レベルにおいても完了可能であることを実証する。

凝縮性ガスペンタフルオロプロパン (PFPP) による高速充填の評価のために、暗視野照明法を利用したモールド全域用のリアルタイム充填観察システムを構築し、充填プロセスを評価した。完全充填では鏡面反射により観察システムで光が検出されず暗く、不完全充填ではモールドパターンと捕獲されたガスとの界面での散乱によりその部分が明るく観察される。この観察システムにより、 $1\mu\text{m}$ の大きさの不完全充填は十分に検知できることが分かった。大気中プロセスの場合はパターンのない領域においても大気はかなり捕獲されているのに対し、PFPP 中ではパターン部分においてもモールドと樹脂が接触後直ちに充填が完了していることが分かった。

ナノインプリントリソグラフィでは薄い残膜が望ましいが、薄膜化するにつれ粘性抵抗が大きくなり長い充填時間が必要になる。このため、 20nm 程度の実用的な残膜条件で、数 10nm の微細パターンを形成する場合の充填速度を検証した。このような低残膜条件において、PFPP 環境では樹脂充填は 0.6s で完了した。この場合、パターン間のパターンのない部分の面積により充填時間が律速されており、高いパターン密度を有する現実的なパターンレイアウトではより高速の充填が期待できる。また、PFPP 中では大気中の場合と比較して約80倍の高速な樹脂流動が観察され、微細パターンによる大きな毛細管力が高速充填に寄与しているものと考えられた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 光ナノインプリント、インプリントリソグラフィ、次世代リソグラフィ、半導体製造技術

〔研究題目〕 RFID とセンサネットワーク向け暗号基礎技術とそれを用いた構成要素の設計および安全性評価

〔研究代表者〕 渡邊 創
(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 渡邊 創、古原 和邦、萩原 学、
辛 星漢、Miodrag Mihaljevic
(常勤職員4名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、特に RFID などの単純なハードウェアのみの利用や、低電力消費といった要求条件おいての実現を、日印の研究者の交流を通じて行うことを目指している。プロジェクトの最終目標は、このような制限された環境において用いることのできる、基礎暗号技術や汎用部品の設計、およびにその安全性の評価を行うことである。

3年目に当たる本年度は以下のような活動を行った。7月には東京において、JST 日印交流プロジェクトのうち、本研究に関連の深い他の2つのプロジェクトとともに、JST-DST 共同ワークショップを開催し、3プロジェクトの日印研究者が参加し、各プロジェクトの共同研究成果を含む成果の紹介と議論を行った。前年度と同様、前述の2プロジェクトと連携を取り合い、インド側研究者が日本を訪問した際には自身以外の日本側機関を訪問させ、互いの研究についての意見交換を行うなど、各プロジェクトを超えた日印交流を進めることができた。12月には日本側研究者が、インドの暗号研究者が集結する学会開催直前のハイデラバードを訪問し、7月同様のワークショップを地元の研究者も参加させ開催した。共同研究成果としては、軽量暗号の安全性指標の有効性の提示、乱数や符号理論の組み合わせによる効率的かつ安全な暗号の構成法等を論文発表することができた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 RFID、センサネットワーク、暗号、認証

〔研究題目〕 サイドチャネル攻撃への安全性評価手法の確立と PUF デバイスによるセキュリティシステムの構築

〔研究代表者〕 佐藤 証
(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 佐藤 証、坂根 広史、片下 敏宏、
堀 洋平 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

交通・流通系で急速に普及した非接触 IC カードなどに見られるように、LSI を利用した金銭情報や個人情報保管するシステムが社会基盤として広く普及している。

これらセキュリティ LSI に保存される機密情報の窃取や LSI の偽造に対する脅威が高まっており、その防止技術の研究開発が急務となっている。セキュリティ LSI への主な物理的解析・攻撃手法としては、動作時の消費電力や電磁波などの漏えい情報を解析するサイドチャネル攻撃、LSI にスパイクノイズ等を印加して誤動作を誘起することで機密情報を窃取するフォールト攻撃、パッケージを開封し、内部を直接観測・改造する侵襲攻

撃などが挙げられる。さらに、機密情報の窃取にとどまらず、回路パターンを解析複製した偽造 LSI の製造と悪用など、さまざまな脅威が存在する。耐タンパ性を指向したディペンダブル VLSI システム実現のためにはこれらの攻撃への対策が不可欠である。

本研究では、機密情報の観点でディペンダブルなセキュリティ LSI すなわち、上記の物理攻撃と偽造 LSI の製造に対する防御方法を備えた、耐タンパ LSI を実現するための技術開発を行い、以下の2項目の研究を主テーマとしている。

(1) 耐タンパ性能評価プラットフォーム

セキュリティ LSI の耐タンパ性能を評価する指針を提示するとともに、上記の様々な物理解析攻撃実験用の LSI ボードを開発し、評価試験環境を構築する。

(2) 偽造 LSI を識別する PUF を用いたセキュリティシステム IC カードなどの偽造複製防止対策として、各 LSI に固有の物理特性の差異を識別する PUF (Physically Unclonable Function) の回路設計・開発を行うとともに、PUF と暗号技術を融合した新しいセキュリティシステムの提案を行う。

23年度は、第一の研究テーマにおいて、これまでの実験のノウハウを活用してノイズの低減をはかった新規の暗号 LSI 解析用 SASEBO-R11 ボードを開発した。これは SASEBO-W ボード上のドーターカードとして設計から部品実装までの全てを産総研が行うことで、製造コスト、設計および試験期間の大幅な削減が可能となった。そしてこの SASEBO-R11 を、市販の IC カード解析ツールとして最大シェアの Riscure 社の INSPECTOR に対応させた。さらに、サイドチャネル攻撃評価用としてだけでなく、セキュリティシステムの実装を可能とする最先端の FPGA を実装し、高い拡張性を有する FMC 仕様に準拠したコネクタを有し、動的再構成機能をサポートするなど様々な優れた特徴を有する SASEBO-G111 の設計と試作を行った。これらの新規ボードの電磁界解析を目的に位置精度10um の3軸スキャナも開発し、事業化した。

第二のテーマに対しては、バイオメトリクスの手法を適用して PUF の性能を定量的に評価する汎用ツールを開発し、SASEBO-G111 上の Arbiter PUF のサンプルデータとともに Web に公開した、このツールは PUF の安定性を評価するもので、数学的クローン耐性に対する安全性を測るものではない。そこでクローン可能性を検証する機械学習攻撃ツールを開発し、安全性評価の実験も開始した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 暗号モジュール、サイドチャネル攻撃、国際標準、安全性評価、ディペンダブル LSI、PUF、偽造防止

〔研究題目〕電力・電磁波解析攻撃向け評価プラットフォームの開発

〔研究代表者〕川村 信一

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕片下 敏宏 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本年度は、暗号回路の電力や電磁波から内部の機密情報を盗み出すサイドチャネル攻撃の安全性評価プラットフォーム開発として、(A) 昨年度開発した評価ボード SASEBO-W を利用した消費電力、電磁波解析の実験を改善し、IC カードを用いた実験環境の構築、動作確認を行った。(B) 攻撃対象として IC カードの機能向上を行い、これを用いた消費電力、電磁波解析実験を実施した。

(A) 評価実験環境の改善

昨年度開発の SASEBO-W を改版し、さらに、FPGA の制御回路を簡素化することで Windows OS から仮想 COM ポートを通じて IC カードリーダーとして制御が可能となる改善を行った。また、波形取得ソフトウェア上で IC カードの APDU に対応する改良を施し、IC カード制御・波形取得ツールを開発した。以上の実験環境の構築により、IC カードの消費電力、電磁波解析の実験が可能となった。

このほか、ISO7816の T=0プロトコルに対応し、DES, AES, RSA を搭載する攻撃実験用 IC カードのソフトウェアを開発した。攻撃実験を容易とすることを目指しており、IC カード自らがユーザ設定のタイミングで波形測定のトリガを出力する機能を備え、アラート処理なく少ない波形数で解析ができるようになった。また、暗号処理の命令列に NOP 命令を配置することで、どのような処理にサイドチャネル情報が漏洩しているか観測できるようになった。

(B) IC カードの消費電力、電磁波解析実験の実施

攻撃対象の IC カード上で AES 暗号を処理させ、その消費電力、電磁波を計測した結果、どちらの測定方法においても AES 中の10ラウンド処理の時刻を確認することが容易にできた。また、適宜 NOP 命令を付加することでラウンド処理中の各関数処理を分割して観測することも可能であることを確認した。

取得された波形を CPA (Correlation Power Analysis) により解析したところ、消費電力ではわずか150個、電磁波では500個の波形から AES の暗号鍵を正しく推測することが可能であることが分かった。また、処理中の SubBytes と MixColumn に相当する時刻で高い相関値が得られることが分かり、特に、MixColumn では1.0に近い値を示す高い相関を持つ命令が含まれていることが明らかとなった。

なお、消費電力と電磁波測定において信号の増幅が必要であり、また、それぞれの測定で異なる増幅率であることが必要であった。このほか、IC カードでは

波形を目視するには帯域通過フィルタが必要であった。実験では暗号鍵を少ない波形数で解析する事が可能であったが、環境や攻撃対象に応じて信号の増幅率やフィルタの遮断周波数を選定することが必要であり、パラメータの選定が重要であることが分かった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕サイドチャネル攻撃、IC カード、磁界プローブ、電磁波解析攻撃

〔研究題目〕音楽を中心とした類似度可視化情報環境の実現と全体統括

〔研究代表者〕後藤 真孝 (情報技術研究部門)

〔研究担当者〕後藤 真孝、栗原 一貴、中野 倫靖、濱崎 雅弘、藤原 弘将、吉井 和佳 (常勤職員6名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、創作支援技術と鑑賞支援技術を研究開発することで、音楽や動画のようなメディアコンテンツの創作や鑑賞を誰もが能動的に楽しめる社会や、過去のコンテンツに敬意を払う文化、感動体験重視型のコンテンツ文化の実現を目指している。そのために、コンテンツを豊かで健全に創作・利用する「コンテンツ共生社会」の確立に向けた研究開発に取り組み、コンテンツ間の類似度を人々が知ることができる(可視化する)情報環境を実現する技術基盤を構築する。

5年半計画の初年度である平成23年度は、鑑賞支援技術に重点的に取り組み、音楽音響信号理解技術によって音楽の聴き方をより豊かにするための能動的音楽鑑賞サービスのプロトタイプシステム実装を進めた。従来、研究開発段階の音楽インタフェースや技術を、日常生活で人々に使ってもらえるのは容易でなかった。そのため、本サービスでは、Web 上で人々に能動的音楽鑑賞インタフェースを体験してもらうことで、音楽鑑賞がより能動的で豊かになる質的な変化を日常生活で起こすことを目指した。エンドユーザが、Web 上で公開されている任意の楽曲中の音楽情景記述(音楽要素)を自動的に推定した結果が可視化された様子を見ながら、楽曲の再生を楽しむことができるインタフェースを開発した。さらに自動推定では誤りが不可避であるため、効率的な誤り訂正インタフェースを実装し、Web 上のサービスとしてベータ版を試験的に公開した。他にも、動画共有サイト上に存在する音楽連動動画を主な処理対象として、音楽連動動画の類似度計算に向けての基礎検討等をおこなった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕音楽情報処理、音響信号理解、音楽コンテンツ類似度、音楽インタフェース

〔研究題目〕高齢者の記憶と認知機能低下に対する生活支援ロボットシステムの開発

〔研究代表者〕 児島 宏明（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 児島 宏明、佐土原 健、熊田 孝恒
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

記憶や認知機能の低下した高齢者の自立・自律した生活を維持・促進するために、生活に必要な不可欠な情報把握・行動を確実に支援するロボットシステムを開発することを目的に、国立障害者リハビリテーションセンター研究所、日本電気株式会社とともに共同研究を行っている。産総研は、高齢者の発話に対する音声認識精度の向上のための研究と、認知機能低下と発話の特徴との関係を調査する研究とを担当する。全体で3つのステージから成る最長10年間のプロジェクトの第1ステージ（平成23年1月から平成24年度まで）のうち平成23年12月までは企画調査研究期間として、研究の方向性の検討や手法の妥当性の評価を行い、平成24年1月からは本研究期間として技術開発を開始した。

ロボットとの対話による生活支援を実現するには、音声認識精度の向上が課題となる。現状の技術水準では高齢者の音声や日常会話の認識精度が不十分で、対話を円滑に進めることが困難である。そこで、発話文の正確な認識を目指すのではなく、対話の進行に必要な発話者の意図を認識することに限定して目標を設定する。手法としては、音声認識結果に変形や誤りが含まれることを前提とし、変形を考慮した類似性計算に基づいてそれを発話意図に対応付ける識別モデルを構築するアプローチを採用している。そのためのデータとして、12名分の対話音声を収録して書き起こし、雑音・明瞭度・意図分類などの情報を付加して整備した。これを用いて音声認識精度を評価するため、発話者が意図する機能に基づいて11種類のカテゴリに分類し、これを識別した。その際の言語モデルとして、人手で記述した文法や、単語連鎖統計モデル、大語彙ディクテーションを比較し、統計モデルの優位性を確認した。また、認識精度と年齢や MMSE（認知機能検査）との相関を調べ、年齢との相関が高いことを確認した。さらに、従来の音響的な話者適応手法では困難な高齢者の発話の揺れに対応するため、サブワード符号列の特徴を SVM（サポートベクトルマシン）でモデル化する独自手法を適用したところ、全体で約4%の認識精度向上が得られた。また、高齢者の認知機能と発話の特徴との関係を調査するため、産総研で提案した AIST 式認知機能検査を7名の高齢者に実施し、発話内容の定性的記述との関係を比較した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 音声対話、ロボット、高齢者、認知症

〔研究題目〕 低消費電力を削減するグリッドデータセンター運用管理システムの研究

〔研究代表者〕 伊藤 智（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 伊藤 智、関口 智嗣、中田 秀基、

竹房 あつ子、小川 宏高、広瀬 崇宏
（常勤職員6名）

〔研究内容〕

データセンターにおける電力消費量の増大が大きな問題となっている。電力消費の要素は多種にわたるが、本研究では、サーバのプロセッサの非使用や、空調の効きすぎなど、データセンターに潜む無駄に着目し、これらの消費電力を削減する技術開発を行う。本研究は NEC との共同プロジェクトであり、計測のための超低消費電力ユビキタスセンサ端末を開発し、それを活用した実証実験と将来的なデータセンターの電力需要予測を行う。産総研集積マイクロシステム研究センターがセンサ端末の開発を、NEC がデータセンターの設備的な観点からの省電力化研究を、産総研情報技術研究部門が運用の省電力化研究をそれぞれ担当する。

当部門が担当する運用研究においては、使用するサーバになるべく多くの仕事を集め不要となったサーバは電源を落とす手法を研究し、電力消費量を削減するグリッドデータセンター運用管理システムを開発する。

5年計画の4年目にあたる平成23年度は、運用管理システムの開発において、物理マシン上での仮想マシン設定方法に関するアルゴリズムの効率化を行った。各物理マシンの消費電力を、アイドル時の固定的な消費電力量と CPU 使用量に比例する部分の和としてモデル化した上で、システムの総消費電力量を最小化するため整数計画法とヒューリスティックなグリーディアルゴリズムの二通りで実装した。グリーディアルゴリズムにより、実利用に耐えるスケジューリング時間で消費電力削減効果の高いパッキングが可能であることを示した。また、広域データセンター間で仮想マシンのマイグレーションを行う場合に、仮想マシンの OS が IP アドレスを維持したまま透過的に通信を継続可能とする Mobile IP v6 トンネリング機構を検討し、プロトタイプ実装を行った。提案機構は正しく動作し、トンネリングオーバーヘッドが僅かであることを確認した。さらに、一度仮想マシンとして使用していたマシン上にマイグレーション前のメモリ内容が残っていた場合、再度マイグレーションを行う際、にそれを再利用することにより、マイグレーション時間を短縮することが可能であることを示した。また、グリッドデータセンター運用システムを構築するために必要なソフトウェアのパッケージ化を行い、産総研内で実証評価するために構築したシステム上にそれらのソフトウェアを適用した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 省エネ、データセンター、仮想化技術

〔研究題目〕 大規模災害における IT インフラ復旧技術に関する調査・研究

〔研究代表者〕 広瀬 崇宏（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕 広瀬 崇宏、中田 秀基、高野 了成

(常勤職員3名)

【研究内容】

本課題では、災害に対して堅牢性を備えた IT インフラ技術を確立するため、仮想化技術による IT インフラの遠隔待避・フェイルオーバー技術を米国フロリダ大学と共同で研究する。

2年度計画の初年度にあたる平成23年度の前半においては、大規模計算機センタにおける東北関東大震災の被害状況について、5研究機関に対し聞き取りおよび実施調査を行った。調査の結果、非常に大ききや揺れを経験したにもかかわらず、各計算機センタにおいて IT 機器の物理的な被害は僅少であったことがわかった。地震発生直後も電力供給およびネットワーク接続性を一定時間維持できていた。これにより予測困難な突発的な災害に対して、災害発生後であってもサーバの遠隔待避やフェイルオーバーを行える余地が十分にあることがわかった。

本年度の後半においては、仮想化技術を用いたサーバの遠隔待避およびフェイルオーバー技術の可能性について、基礎的な評価実験を行った。災害発生時の遠隔待避を可能にするためには、高遅延の WAN 環境においても動作するライブマイグレーション技術が必要になる。しかし、いまだ十分な研究がなされていない。そこで、日本・アメリカ間の高遅延ネットワークを利用して、ライブマイグレーション技術の堅牢性およびスケラビリティを評価した。大規模なサーバ群を効率的に移動するためには、ネットワーク状況やワークロードのメモリ更新頻度に応じて、データ転送手法を調整することが必要になることがわかった。

以上の知見を論文として国際会議において発表した。また、産総研とフロリダ大学双方において研究開発環境を整備し、翌年度以降の高度な評価実験の準備を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】災害対策、データセンタ、仮想化

【研究題目】ジャトロファからの高品質輸送用燃料製造・利用技術（非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術）

【研究代表者】葭村 雄二

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、杉本 義一、西嶋 昭生、望月 剛久、堀江 裕吉、佐村 秀夫

(常勤職員6名、他5名)

【研究内容】

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解か

ら得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、以下の検討を行った。

トランスエステル化用担持鉄触媒の改良を行い、ジャトロファ油から脂肪酸メチルエステル純度、グリセリド類残存量が東アジアサミット品質を満たすバイオディーゼルを得ることができた。部分水素化技術によるジャトロファバイオディーゼルの酸化安定性向上では、ジャトロファ油の脂肪酸組成の詳細分析による水素消費量の理論値とプラントにおける実測値がよく一致することを見出し、これを指標として運転することで、最適組成が得られることを明らかにした。ゼオライト系バイオマス熱分解触媒の探索を行った結果、Beta ゼオライトを用いると脱酸素活性は USY ゼオライトに比べ低いものの、炭素質生成が抑制され、バイオオイルの収率が大幅に向上することが見出した。触媒種の脱酸素特性を検討した結果、担持貴金属触媒はフェノール類の脱酸素能は高いものの脂肪酸に対する反応性は低く、両者に対する脱酸素能の高い硫化物触媒が適していることがわかった。非硫化物系の金属触媒による脱酸素反応を検討した。木質系タール（模擬バイオオイル）の脱酸素では、シリカ担持コバルト触媒は脱酸素率が高く、高オクタン価基材である芳香族炭化水素選択性に優れていることを見出した。スラリー床反応により得られた軽度脱酸素油を減圧軽油と混合して水素化処理し、脱硫反応に及ぼす脱酸素油添加の影響を検討した結果、10日間の連続運転において触媒の脱硫活性の低下は認められなかった。材料試験として実際のディーゼル自動車燃料系に使用されているデバイス部材を使用した材料浸せき試験を実施し、デバイス部材の耐性を確認した。抗酸化剤を添加した非水素化処理ジャトロファバイオディーゼルは、浸せき試験後の酸化安定性は10時間を大きく下回ったが、抗酸化剤添加した部分水素化処理ジャトロファバイオディーゼルは、浸せき試験後も酸化安定性10時間以上を維持した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性

【研究題目】エコ動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システム

【研究代表者】福田 修（生産計測技術研究センター）

【研究担当者】福田 修（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、エコ動画イメージを利用した肥育牛脂肪交雑の自動判定システムを構築することである。

そのため、1. アルゴリズム改良と実時間性の向上、2. オールインワン・システムの開発、3. 肥育牛から採取した超音波エコー画像に対する実用性の検証、4. 市場調査の4つの課題に取り組んだ。課題1については、アルゴリズムの見直しや効率化により、一頭当たりの計算時間を従来の2~3分から10数秒程度に短縮した。また、計算結果や推定結果については、従来法と全く同等であり、実測値との相関値に関しても、0.7~0.8以上の高い相関を維持することができた。課題2については、プログラムの構成やハードウェア・ソフトウェアとのインタフェース、入出力データのフォーマットや、関数の入出力などの検討を実施した。機能ごとにインタフェースやプログラムをモジュール化し、段階的な開発を実施する準備を整えた。課題3については、超音波エコー画像の採集に関しては予定通りに実施できたものの、解析を実施するためのスケジュール調節が間に合わず、検証が未達となってしまった。課題4については、関係機関の担当者らに、本開発ソフトウェアの製品化可能性について、ヒアリング調査を実施し、好評価を得ることができた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】超音波画像、畜産、テクスチャ

【研究題目】ソリューションプラズマ法を用いる新規且つ低コストな貴金属ナノインク製造技術の開発

【研究代表者】松田 直樹

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】松田 直樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

近年、電子部品用途用の貴金属ナノインクへの需要が高まりつつある。ソリューションプラズマ (SP) 法は、①必要設備は電源のみである、②ナノ粒子の製造には電極材料 (原料) と電気代だけが必要であり工業的に安価である、③ウェット法等の他のプロセスに比べて化学薬品を省けるため地球に優しい製造方法である、という特徴を有している。本研究では SP 法を用いて貴金属ナノ粒子 (NP) 合成をおこない、更に遠心分離等を用いて貴金属 NP 分散水溶液を濃縮しナノインクを製造するものである。プラズマ条件を検討することで貴金属 NP を大量に合成し、更にその水溶液の濃縮条件を検討することにより、新規且つ工業的に低コストな貴金属ナノインクの製造法を開発する事が目標である。

ナノ粒子分散水溶液調製：SP 法の条件を変え AuNP を合成した。支持電解質は H_2O_2 を用いた。特に放電電圧を上げると AuNP 合成速度が増加することはわかった。電圧が高過ぎると SP 中で AuNP 間の融着が発生した。特に 2,000V 以上で放電を行った場合はいったん合成された AuNP が数~数十個つながった一次元ナノワイヤー状、あるいは数百個程度二次元的に連結したナノネット上の構造物が形成された。ナノインクは融点が

低いことが要求されるが、そのためには NP が小さく均一で粒径がそろっていることが必要であるため、放電電圧は 2,000V 以下に設定した。現在は 5 分間で 20mg 程度の AuNP 合成に成功しており、AuNP 分散水溶液中の Au 濃度は 0.04%程度である。この時点では分散剤は添加していない。

ナノ粒子分散水溶液濃縮：遠心分離による濃縮を行ったが、AuNP が凝集してしまい再分散はできなかった。これに代わる方法として有機溶媒を用いた液々抽出法の検討を開始した。例えばトルエンと PVP を組み合わせた場合、100倍程度の濃縮は簡単に行えることが分かった。その後、2,000rpm 程度で遠心分離することで更に 2~3倍程度の濃縮が行えるため、現時点で10%程度の AuNP 分散溶液の調製に成功している。

【分野名】計測・標準

【キーワード】ナノインク、貴金属ナノ粒子、ソリューションプラズマ

【研究題目】マイクロ空間場によるナノ材料の超精密合成

【研究代表者】前田 英明

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】前田 英明、大柳 宏之、古屋 武、中村 浩之、山下 健一、宮崎 真佐也 (常勤職員6名、他10名)

【研究内容】

本研究は、マイクロ空間化学合成技術をナノ粒子合成反応の精密解析ツールとして応用し、ナノ粒子生成過程を精査・解析することで、ナノ粒子利用時に要求される種々の付帯的要件を満足するような最適合成ルートを選定指針確立と製造プロセスへの展開を目的とする。本年度は、以下の項目に関して検討した。

- 1) コンビナトリアル合成システムの構築：H20年度に試作し、昨年度改良を加えたコンビナトリアルシステムを用いて、研究の集大成として新規の LED 材料用 CdSe 粒子の合成を行った。その結果、量子収率 80%以上の実用的な材料の開発に成功し、実用化に目処を付けた。
- 2) in-situ 測定システムの設計と構築：H22年度は Cu の核発生についての測定を進め、核形成過程で Cu_{13} の粒子が形成される可能性を見いだした。また、この精製した粒子の質量分析の結果から、核発生時には Cu_{13} を含む計算により得られた安定な数種のクラスターが存在し、均一で無いことが判明した。
- 3) 計算機シミュレーション技術の開発：分子シミュレーションについては、ナノ粒子成長過程のシミュレーション手法開発の第一段階として、核発生の基本となる Cu クラスターの安定構造計算を電子状態理論に基づいて実施した。その結果、 Cu_{13} クラスターもエネルギー的に安定な構造として存在しうること、またそれ

以外にもいくつかのエネルギー的な安定な構造が存在することが判明した。

- 4) 各種材料合成：Cu ナノ粒子に関しては、インクジェットによるオンデマンド合成と塗布を可能とするシステムを構築した。また、実際に塗布により作製したCu ワイヤの導電性も確認した。タンパク質の結晶化においては、マイクロ空間を用いて核発生頻度を制御し、一個の液滴内に析出する結晶を一個に制御できる可能性を見出した。また、結晶の成長が拡散律速であることから、Fick の法則に基づいて計算した式から、一個の結晶析出を可能とする液滴半径を概算する方法を見いだした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ粒子、マイクロリアクタ、結晶化、in-situ 測定

〔研究題目〕 マイクロ流体による物質の多層化と細胞への送達による評価

〔研究代表者〕 永田 MariaPortia
(生産技術研究センター)

〔研究担当者〕 永田 MariaPortia、山下 健一
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

マイクロ流体の流体制御性を用い、簡便な手段による大きさ均一性が高い多層型リボソームの調製を目標とする。具体的には、細胞内への物質送達を実験対象とする。細胞内への物質送達を行う際には、例えば遺伝子発現のためのプラスミド DNA の核への送達の場合、細胞膜のような物理的障壁の他、特定域に偏在する酵素の化学的障壁など、いくつかの障壁を突破しなければならない。しかも、障壁を突破しやすい性質と、突破した先での細胞毒性の間に矛盾があったりするため、多層化が重要である。それぞれの段階の障壁を突破するために適したコーティング物質は様々に報告されているが、これをいくつも順番に、必要に応じて緩衝層も含めて多層化コーティングするためのプロセス開発が、本課題の目標である。本研究を行うにあたり、「大きさ均一化による薬物送達効率の変化」と、さらに「多層化による効果」の二段階に分けて評価を行った。その結果、前者の検討では、確かに大きさ均一化することで薬物送達効率が上がることを確認できただけでなく、比較対象の市販試薬や従来法と比べ、添加 DNA 量が変化したときの送達効率変化特性の違いという結果が得られた。後者の検討からは、二層化するという手法自体の有効性は確認できたものの、一層目と二層目を構成する脂質の種類組み合わせによって入れ替わりが生じているのではないかと推察される結果となった。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 細胞、マイクロ流体、層流、薬物送達、ドラッグデリバリー

〔研究題目〕 応力発光体を用いた安全管理ネットワークシステムの創出（戦略的創造研究推進事業 CREST タイプ）

〔研究代表者〕 徐 超男（生産計測技術研究センター）

〔研究担当者〕 徐 超男、山田 浩志、寺崎 正、西久保 桂子、上野 直弘、福田 修、Li Chenshu、張 琳、郭 樹強、坂田 義太郎、菊次 郁夫、川崎 悦子、山口 ふじ子、百田 理恵、松尾 修身、末成 幸二、久保 正晴、二宮 正晴、Zhang Yan、古澤 フクミ、河原 弘美、津山 美紀、有本 里美
(常勤職員6名、他17名)

〔研究内容〕

本研究は、構造物全体の応力履歴・異常を独自の応力発光デバイスによって包括的に監視し、重大事故につながる破壊や劣化を早期に予知・検出する新安全管理ネットワークシステムを創出することを目的としている。具体的には、「リアルタイム応力異常検出システム」、「応力履歴記録システム」の創出を行い、これらを「ネットワークの接続・統合」によって包括的な安全管理システムとし、実構造物での「実証試験」へと繋げていくものである。

これまでに、応力発光塗膜センサの発光特性データベースの構築、応力異常検出システムの構築に最適化した光センシング方式の開発、微小亀裂発生検出システムの構築、光記録システムの検証と最適化についての具体的な技術開発を行い、「リアルタイム応力異常検出システム」および「応力履歴記録システム」の創出を行った。また、ネットワークシステムのノードの設計・試作し、応力発光による亀裂進展の検出に成功した。さらに、研究加速のため、実構造物の安全状態を検出するリアルタイム応力異常検出システムの適用化、これを補完するものとして応力履歴記録システムの最適化、並びに、これらのシステムの二次元的なセンシングエリアをネットワークによって連結・統合することにより対象物全体を包括的にモニタリングするシステムの構築の研究と同時に、実構造物での実証試験を平行して行った。上記の各システムの適用化を図りながら、実構造物・実現場環境での実稼働を実現し、センサ・システムの有用性が実証された。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 応力発光、可視化、センシング、非破壊計測、デバイス化、システム化

〔研究題目〕 牛精子の雌雄選別用フローサイトメーターのノズルレス化

〔研究代表者〕 山下 健一（生産技術研究センター）

〔研究担当者〕 山下 健一、永田 MariaPortia
(常勤職員1名、他1名)。

【研究内容】

牛の精子の雌雄分けに用いるフローサイトメトリーにおいて、マイクロ流体の3D フォーカシング技術と層流中での物質挙動制御技術を基に、そのノズルレス化を目標とする。本課題では、ノズルレス化という点に絞りを、流路中を流れる牛の精子が重なることなく1列に流れ、かつ向きが揃っている（しっぽが後ろ向き、の意）状態を、光学顕微鏡と高感度カメラで確認することを目標とした。実際の X/Y 分離はこの工程の後に行われるが、汎用的なフローサイトメトリーそのものであるため、本課題の開発要素とはしない。また、カメラによる評価は、精子の活力の評価も可能となるようにする。マイクロ流体の操作性を応用し、流れの操作のみで、「精子を同じ向きに向かせる」「精子を一列に並べる」と「活度分離」の3つを達成した。精子は、それ自身が運動能力を持つため、マイクロ流体によって居場所を束縛されつつも、その束縛から逃れようとする。そのような行動を抑えることができつつ、かつできるだけ遅い流速で達成できる条件を探索するという検討を重ねることで「同じ向きに一列」を目指すとともに、その逃れようとする行動を応用して活度分離に応用するなどの方法を考案し、これらの結果を得るに至った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 畜産、マイクロ流体、層流、雌雄分離、牛、精子

【研究題目】 ウイルス・毒素の診断・除去を指向した、高性能ナノ糖鎖作製開発研究

【研究代表者】 清水 弘樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 清水 弘樹（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

ウイルスや細菌の感染及び毒素の侵入の多くは、宿主細胞が持つ糖鎖（オリゴ糖）への接着によって開始される。申請者らの有する、ウイルスや毒素等との結合活性が見込まれる「多価シアル酸含有新規オリゴ糖」を用い、クラスター効果により結合活性を増加させたウイルスや毒素との高結合能を有する高性能ナノ糖鎖を作製する。それを基に、ウイルスや毒素の除去、診断、治療などへの医療産業展開を目指す。

まず、特許出願している新規オリゴ糖群からウイルスや毒素への結合特異性を有するものを選択し、インフルエンザウイルスの他に、B型・C型肝炎ウイルス、ヒトポリオーマウイルス、ペロ毒素、結核菌などをターゲットとし、有用糖鎖の選定をおこなった。そしてヒットしたオリゴ糖等を用いた「高性能ナノ糖鎖」を作製することを計画した。再現性が高くロット間差異が少なくなる様に、ナノ粒子はマイクロ波を活用して粒径が小さくかつそろったものを作製することとし、実際に検討したところ、糖鎖を導入するためのリンカーの種類により、ナノ粒子の物性が大きく変化することがわかった。さらに

選定した有用糖鎖の調製で利用するシアル酸転移酵素の副反応制御研究をおこない、有機溶媒の添加によって加水分解反応を制御することに成功した。

今後は、様々なクラスター形状により対ウイルス・毒素活性がより効率的に得られるナノ糖鎖の最適形態を探索し、新しい診断法の開発、様々な感染症の診断薬の開発へと展開する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、ナノ粒子、インフルエンザ、診断薬

【研究題目】 ゼロから創製する新しい木質の開発

【研究代表者】 光田 展隆（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 光田 展隆、氏家 直美、山田 美代子、高橋 奈津子（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

目標：

合成生物学的観点から新しい、有用形質を備えた木質を植物に合成させ、バイオ燃料やバイオリファイナリー原料に適した植物を開発する。

研究計画：

木質を形成しない変異体をベースに糖化しやすい形質を備えた木質を人工的に構築する技術をまずはモデル植物（シロイヌナズナ）で開発し、それを木本モデル植物（ポプラ）、単子葉類モデル植物（イネ）に調整、適用して糖化しやすい木質を持つ植物を開発する。

研究進捗状況：

マイクロアレイデータやこれまでの実験結果などから、*nst1 nst3*二重変異体の表現型を回復させるのに有望と考えられる転写因子を、NST3プロモーターを用いて同変異体に発現させる実験を進めたところ、新たに MYB型転写因子や NAC型転写因子などを回復転写因子として同定した。また、シロイヌナズナ以外の植物の NSTオルソログを利用したときに、シロイヌナズナ NST3転写因子を用いたときは異なる回復パターンを示すことがわかった。現在これらについて順次 T2植物の育成を進め、酵素糖化率、リグニン含量、糖組成の分析を行うべく準備している。また、転写因子ではなくおもにセルロース合成酵素などを *nst1 nst3*二重変異体に発現させることにより、セルロースを中心とした人工木質を形成させようともしているが、酵素類の発現を転写因子のプロモーターに依存するのは好ましくないと想定されるので、二段階発現システムを構築して利用することを計画している。今期は第一段階として NST3プロモーターによって、VP16を付加した酵母の GAL4転写因子を発現させるところまで実施した。イネの NST オルソログ OsNST1, OsNST2に転写抑制化ドメイン SRDX を付加してイネに発現させた植物の形態観察等を追加的に行い、より強い表現型を示すものを得た。これらの成果をまとめて学術論文を投稿したが、掲載条件としてさらな

る分析を要求され現在行っているところである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】植物、ゲノム、木質、バイオエタノール、発現制御、遺伝子、バイオマス

【研究題目】リボソーム工学に基づく細胞機能の多様化

【研究代表者】宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

大腸菌リボソームを様々に改変することで、翻訳特性の改変された大腸菌宿主ライブラリーを創成する。本方法を目的宿主の創成に活用する。

研究計画：

大腸菌リボソームの中核因子の一つを変異させることで様々な翻訳特性を有する大腸菌を創成する。とくにリボソーム RNA (rRNA) に着目し、多様な rRNA を環境 DNA からクローニングし、大腸菌に組み込む方法をとる。

研究進捗状況：

ユニバーサルプライマーを用いて環境 DNA より rRNA を PCR 増幅し、大腸菌の *rrn* オペロン完全欠失株に組み込んだ。ハイブリッドリボソームを含む変異大腸菌は、生育速度やレポーター遺伝子を介した蛋白質発現において多様な性質を示した。とくに、野生型大腸菌よりも発現効率の高い宿主株も見出されたことから、リボソーム改変という手法が物質生産に適した大腸菌に有効である可能性が示された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現

【研究題目】金属資源回収のための生物資源ライブラリー構築

【研究代表者】玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】玉木 秀幸（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、ハイテク産業等で必要不可欠となっている稀少金属、いわゆるレアメタルを回収する新しい生物学的手法の提案を最終目標とするものである。特に、埋め立て処理場から浸出する廃水を新たなレアメタル資源と捉え、これまでその生物毒性の観点から物理化学的に除去・廃棄されてきた重金属類を、埋め立て浸出水から生物学的に回収する技術の創成を目的として研究を実施した。具体的には、宮城県の埋め立て処理場の浸出水中に棲息する微生物コミュニティを分子生態学的に解析し、存在微生物の種類や多様性を明らかにした。続いて、未知微生物の捕捉効果の高い培養法により、多数の微生物を浸出水から分離培養し、16S rRNA 遺伝子に基づいた分子系統学的解析を実施した。特に、埋め立て浸出水中の優占種でありながら、これまで全く分離培養され

てこなかった新規微生物の分離に成功した。今後、本研究により構築した埋め立て浸出水由来の微生物ライブラリーについて、その金属耐性能ならびに金属蓄積能を有する微生物の探索を実施してゆく予定である。

【分野名】ライフサイエンス・環境・エネルギー

【キーワード】埋立て浸出水、レアメタル、稀少金属、新規微生物ライブラリー、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物、金属耐性微生物

【研究題目】水生根圏微生物の培養技術開発と根圏微生物ライブラリーの構築

【研究代表者】玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】玉木 秀幸、鎌形 洋一

（常勤職員2名）

【研究内容】

水生植物はその根圏に多様な未知微生物を内包しており、そこには互いの成長を支え合う『水生植物-根圏微生物共生系』が成り立っている。本研究では、この水生植物とその根圏微生物との共生系を開拓し、それらを巧みに活用することにより、革新的な高次植生バイオプロセス技術の創成を目指している。特に、本研究では、有効な未知微生物探索技術を開発するとともに、実際に、多様な水生植物種の根圏環境から未知微生物を可培養化し、新しい根圏微生物ライブラリーの構築を実施した。さらに、それらの根圏微生物ライブラリーから水生植物の成長を促進する微生物（PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria）の探索を実施した。本年度は、ウキクサ、ヨシ、ミソハギ等の複数の水生植物の根圏環境から、系統的に新規性の高い根圏微生物の網羅的な分離培養化を実施し、取得した新規微生物を適切に管理、保存、利用するための水生植物根圏微生物ライブラリーを構築した。既に、10以上の新属新種、20以上の新種根圏微生物の取得に成功している。中でも、培養頻度が非常に低く、一般的に培養の困難な細菌系統群として知られる Verrucomicrobia 門に属する複数の細菌種を取得するとともに、そのうちのいくつかの細菌種は系統的に極めて新規性が高く、本門の綱レベルで新規な細菌種であることを明らかにした。このように、着実に水生植物根圏微生物ライブラリーの構築、拡充を進めてきており、現在、本ライブラリーをもとに新しい PGPR の探索とその水生植物成長促進効果の解析を精力的に実施している。

【分野名】ライフサイエンス・環境・エネルギー

【キーワード】水生植物、水質浄化、植生浄化、未知微生物、根圏微生物、16S rRNA 遺伝子、分子系統解析、未知微生物

【研究題目】分裂酵母 *S.pombe* による脂肪酸の高効率生産システム技術開発

【研究代表者】植村 浩（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】植村 浩（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

石油資源の枯渇・地球温暖化の観点から、バイオ資源を用いたバイオ燃料や化成品製造が注目されている。我々はこれまでに出芽酵母株 *S. cerevisiae* での高度不飽和脂肪酸（PUFA）の合成を目的に、ヒトの必須脂肪酸である α リノレン酸や抗炎症作用のあるジホモガンマリノレン酸を合成する酵母の作製を行ってきた。本研究開発では、脂肪酸としてオレイン酸含量が非常に高いという特徴ある分裂酵母を用いて、高純度の各種脂肪酸・とりわけリシノール酸などを効率良く生産できる技術を開発する事を目的とした。

分裂酵母も出芽酵母同様、脂質蓄積量がそれほど多くない点が問題であるが、細胞あたりの全脂質含量を向上するために、脂質合成に関与する遺伝子を同定し、乾燥重量あたりの脂質含量を大幅に向上する事に成功した。

一方、オレイン酸をリシノール酸に変換する酵素の導入により、リシノール酸生産酵母を構築した。リシノール酸には酵母への毒性が認められたが、リシノール酸生産酵素の温度感受性などを利用して、培養方法を改善し、全脂肪酸の50%を超えるリシノール酸の生産に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】酵母、脂質、脂肪酸、トリグリセリド、リシノール酸

【研究題目】マイクロトランスファプレス加工システムの開発

【研究代表者】芦田 極（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】芦田 極、小倉 一郎（常勤職員2名）

【研究内容】

小物プレス加工部品を確実に把持し、搬送、設置できるフィンガー・搬送アーム・テストベンチの試作開発を行った。本年度は、まずマイクロプレス機と組合せて搬送動作が可能なサイズと形状のフィンガーを試作した。このフィンガーはミリメートルサイズの微小部品を把持するピンセット状の構造を持ち、一つのアクチュエータによる直動動作で試料への接近・離脱と把持・解放動作が可能である。さらに、このフィンガーを搭載するためのアームを試作した。アームにはピニオン・ラック機構があり、リニアサーボステージの駆動を試料回転運動に変換し、1つのアクチュエータで搬送時に「横置き」「反転置き」を行うことができる。回転機構には永久磁石を用いた回転ストップと滑りクラッチを設け、回転ストップの位置を変更することにより固定位置の任意変更を可能にした。搬送距離はこれまで開発したマイクロプレスの寸法に合わせ100mmとした。開発したフィンガーとアームに試料の設置機構を付加したテストベンチを構築し、搬送実験を行った。搬送速度は約1秒で1回の搬送動

作を完了するよう、ステージ、リニアアクチュエータ、エアスライダのタイミングを調整し、毎分60回の搬送動作を実現した。100回の搬送実験を行い、搬送エラーが発生しないことを確認した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】マイクロプレス機、トランスファプレス加工、ハンドリング、搬送、マイクロ部品、材料歩留り

【研究題目】レンズ製造工程におけるレアアース（酸化セリウム）のリサイクル方法の開発

【研究代表者】小塚 晃透

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】小塚 晃透（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、ガラスレンズの研磨工程において研磨剤として用いられる酸化セリウム粒子をリサイクルする手法の開発である。酸化セリウム粒子は研磨工程にて粒径が小さくなることで研磨能力が低下する。また、レンズの破砕片（ガラス）が混入することでレンズ自身を傷つけることになる。そのため、研磨能力を有する大きな酸化セリウム粒子と、廃棄すべきガラス粒子や小さな酸化セリウム粒子を研磨液の中から分離することが求められている。本研究では、超音波を用いた粒子分離のための基礎研究を開始した。

これまでの研究で得た知見を基にして、ガラス基板上に分岐する流路および粒子操作のためのスペースを作製した。本研究では、(a)大量処理、(b)強力な音場の生成、を実現するための流路について検討した。(a)大量処理のために、従来1mm角で作製していた流路を3mm角（断面積で9倍）に拡大した。(b)強力な音場を生成するために、ガラス板の反射面を湾曲させることで反射音波を集束させてガラス板中央の分岐点に強力な音場を生成することを試みた。実際にレンズ研磨に用いた研磨剤を流路に投入して実験を試みた。静止した状態で数秒間超音波を照射すると粒子が幾何学模様に凝集する様子が観察され、超音波の力が作用していることを確認した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】超音波、音響放射圧、レアアース、酸化セリウム、粒子、音響放射圧、非接触

【研究題目】易加工性アルミナ型の実用可能性の検証

【研究代表者】近藤 直樹

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】近藤 直樹、北 英紀（常勤職員2名）

【研究内容】

ファインセラミックスや陶磁器の成形方法の1つに鋳込み成形法がある。鋳込み成形では一般的に石膏型が用いられるが、石膏型には、水に溶ける、熱に弱い、柔らかい、などの問題点があった。その代替としてこれまで

に提案されてきたセラミックス型には汚染防止・強制乾燥・耐久性向上には効果があるが、加工性に乏しいため、型への形状化が難しいという問題があった。

本開発では、石膏型の代替となるセラミックス鑄込み型を作製することを目的とした。従来のセラミックス型の欠点を改良すべく、板状のアルミナ粒子を用いて型を作製し、粒子同士の接触点を減らすことで良好な加工性と高い気孔率を実現することを試みた。

原料として比較的lowコストで入手できる敷き粉グレードの板状アルミナを用いた。このアルミナは強く凝集しているため、ボールミルによる解砕をおこなった後、型素材の作製に用いた。解砕後の粉末状態と作製した型素材の特性との関連について調査をおこなった。型素材の成形は振動流し込みによる湿式方式でおこなった。この方法では原料粉末に水を加え、容器等に流し込んだ後、脱水、乾燥させて固めるという手法をとる。この手法は成形コストが安くなる反面、乾燥クラックや気泡が入りやすい、密度ムラが生じやすい、という欠点を有している。型素材を欠陥なく安定して成形する条件を検討した。成形後の型素材の焼成をおこない、解砕条件や成形条件と合わせて、気孔率、強度、加工性等の型素材特性の最適化を図った。結果、例えば、気孔率44%、平均気孔径1.7 μm 、強度9MPa、乾式加工可能な型素材を得ることができた。

得られた型素材について、実際にスラリーの鑄込み成型を行い、型としての特性評価をおこなった。石膏型に近い吸水特性を示すことが確認できた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、鑄込み成形、石膏、型

【研究題目】 液状発酵食品中の不要タンパク質の高効率除去材の開発

【研究代表者】 加藤 且也

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 加藤 且也、寺岡 啓

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

みりん等の液状発酵食品の食味や視覚を劣化させる原因となる不要タンパク質を安全かつ確実に吸着するために、ペプチドを複合化したリン酸カルシウムを創成し、不要タンパク質を多量かつ選択的に吸着させる新規な複合材料の開発を行う。本年度では、酸性ペプチドであるポリ L-グルタミン酸、及び塩基性ペプチドであるポリ L-リジンならびにポリ L-ヒスチジンをリン酸カルシウム合成時に混合させることにより、新規な無機-有機ハイブリッド材料を効率良く合成することに成功した。これらの複合体はナノサイズの粒子であり、針状結晶であることが分かった。またペプチドを含有させることで、より微細な針状に成長していることが明らかとなった。次にアルブミン(酸性タンパク質)、ミオグロビ

ン(中性タンパク質)、リゾチーム(塩基性タンパク質)の等電点の異なる3種類のタンパク質のペプチド-リン酸カルシウム複合体への吸着量を検討した。その結果、アルブミンの吸着において、ポリリジンを混合した複合体の場合、0.10mg アルブミン/mg 複合体の吸着量を示し、ポリグルタミン酸を混合した場合、0.03mg アルブミン/mg 複合体であった。これより、リン酸カルシウムに混合するペプチドを変えることで、選択的なタンパク質吸着が可能になることが示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 タンパク質、ペプチド、リン酸カルシウム、吸着、発酵食品

【研究題目】 自己再生型ナノパターン表面の低摩擦特性の検討

【研究代表者】 三宅 晃司

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 三宅 晃司、中野 美紀、是永 敦

(常勤職員3名)

【研究内容】

摺動部における摩擦損失が機械のエネルギー効率を押し下げている。例えば、自動車エンジンの摩擦損失を20%低減させると燃費は5%向上する。本研究では、固体間摩擦と比較して有利な流体潤滑を低速度領域でも安定して発現させる自己再生型ナノパターン表面の開発を目指す。そのための手段として、メートルサイズの機械の摺動面に摩擦しても消失しないnmスケールのパターンニングを付与することができる技術を開発し、低摩擦化によるエネルギー効率の向上を実現する。本年度は、多層膜と周期構造を組み合わせたナノストライプ構造により低摩擦化が実現できることを確認するとともに、多層膜材料の最適な組み合わせ、および表面修飾による摩擦制御の可能性について検討した。その結果、ナノストライプ材料の組み合わせについては、固体潤滑性を有する材料と耐摩耗性に優れた材料を組み合わせ、かつ基板との密着性を向上させることが摩擦低減に効果があることを見出した。表面修飾による摩擦制御については、AFM(原子間力顕微鏡)装置による摩擦試験を行った結果、ナノパターン表面に分子修飾を施し、表面エネルギーを制御することにより摩擦力を低減できることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノストライプ、摩擦低減、耐摩耗性、分子修飾

【研究題目】 住環境向け色素増感型アンビエント太陽電池の研究開発

【研究代表者】 廣瀬 伸吾

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 廣瀬 伸吾、明渡 純

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

再生可能エネルギーとして太陽エネルギー発電が広く普及し始めているが、従来の太陽電池製造時の環境負荷やコストを低減することが大きな課題となっている。そこで本研究開発では、フィルム型のフレキシブル色素増感太陽電池（以下 DSC）を取り上げ、エアロゾルデポジション法による生産性に優れた低環境負荷のフィルム型 DSC を開発し、エネルギー問題の解決を図る。

ガス噴射量、ガス噴射角度、ノズル形状、粉末サイズなどの製膜条件や製造装置の改良を行い、製膜速度向上のための最適化条件探索を行った。セルの変換効率測定に用いる試料サイズに対して1~10 μm 厚みを20sec で作製可能とした。また、従来から最も取り組まれている焼成ペースト法で得られた膜を超薄膜スクラッチ試験（微小スクラッチ試験）により評価を行うと2mN 以下のはく離強度が得られるが、本研究で得られた AD 法による多孔膜でははく離強度8~60mN が得られており、数倍から数十倍の密着性を有していることが検証できた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 色素増感型太陽電池、エアロゾルデポジション、アンビエントテクノロジー、多孔質膜、省製造エネルギー、フレキシブル太陽電池

【研究題目】 単結晶ナノキューブのボトムアップによる高性能小型デバイス開発

【研究代表者】 加藤 一実

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 加藤 一実、安井 久一、木村 辰雄、増田 佳丈（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究の目的は、誘電体セラミックスナノ粒子を低温で結晶形態制御して単結晶ナノキューブ化する技術、誘電体単結晶ナノキューブを様々な基板において配置・配列・接合・界面制御する技術を確認し、単結晶ナノキューブが大面積に密に詰まり結合することによって形成される極薄の誘電体単結晶超薄膜や、多種類の誘電体ナノキューブが任意に配列した超格子構造の薄膜を形成する技術を開発にすることにより、スーパーキャパシタを実現することにある。また、開発技術はセラミックス部材の製造に関する分野横断的な基礎・基盤技術の確立に繋がり、蓄電デバイスなどのエネルギー関連未来型デバイスの開発を加速することが可能になる。

平成23年度は、誘電体単結晶ナノキューブの合成方法および配列制御方法の検討により、数10 μm 四方にわたってナノキューブが精緻かつ緻密に配列した精密マイクロ構造を形成できることを明らかにした。この精密配列体の焼成処理についても検討を加え、焼成体（相対密度98%）の特異な電気的特性を明らかにした。これらの結

果は、単結晶ナノキューブを構成単位とした新たなナノ構造セラミックスの部材化の可能性を示す先行的な基礎技術として位置づけられる。また、粒径サイズが5-10nm のチタン酸バリウムナノクリスタルの配向凝集挙動を計算科学的に解析し、個々のナノクリスタルの極性はそれらが方位を揃えて凝集するための重要な因子であるとの知見を獲得した。さらに、外部共同研究者との連携により、単結晶ナノキューブの LB 法への適用性の検討、合成メカニズムの解明と他材料への適用性の検討、他材料との複合化に関する検討を開始した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 単結晶ナノキューブ、ナノクリスタル、ボトムアップ製造技術、誘電体、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム、誘電デバイス、スーパーキャパシタ、蓄電デバイス

【研究題目】 国際共同研究の推進 タイにおける低炭素排出型エネルギー技術戦略シナリオ研究（太陽電池評価）

【研究代表者】 仁木 栄

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 仁木 栄、松原 浩司、柴田 肇、石塚 尚吾（常勤職員4名）

【研究内容】

目標：

次世代の無機・有機ハイブリッド太陽電池用の材料創製とデバイス化を目指して日タイ共同で研究開発を行う。無機系太陽電池としては、高効率・低コストな薄膜太陽電池として期待が大きい CuInGaSe₂ (CIGS) 系太陽電池に着目し、タイ国の CIGS 太陽電池の研究開発をリードするチュラロンコン大学との研究協力によって、プロセスやデバイスの共通課題の抽出と、その解決手法の検討を行う。

研究計画：

平成21年度は、太陽電池性能の測定装置を評価するために、比較測定を行った。同一の CIGS 太陽電池をチュラロンコン大学と産総研でそれぞれ評価し、ほぼ同じ性能が得られた。平成22年度は太陽電池プロセスの評価に着手し、ガラス基板、Mo 裏面電極の相互評価を完了した。平成23年度は、CIGS 光吸収層と窓層の評価を行うことで、全太陽電池プロセスの評価を完了する予定である。

年度進捗状況：

平成23年度は、CIGS 光吸収層と窓層の評価を行い、全太陽電池プロセスの評価を完了する予定であった。ところが、各工程の評価を行っていくなかで、Chulalongkorn 大学で太陽電池の性能測定を行うと曲線因子が系統的に異なることが明らかになった。そこで、平成21年度に行った測定装置の評価についてさらに詳細

な検討を行った。Chulalongkorn 大学で *I-V* 測定に利用されている電気回路の詳しい検討を産総研において行い、測定データに測定装置の内部抵抗が重畳される欠点が存在する事を見出した。その後は、その欠点を克服する新しい電気回路を産総研で考案し、Chulalongkorn 大学において測定装置に改良が施された結果、欠点が克服されて以前よりも正確な測定を行う事が可能となった。この結果は、Chulalongkorn 大学における太陽電池の基礎特性の測定精度を向上させるものであり、Chulalongkorn 大学において高性能な太陽電池を開発する上で重要な進展があった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】薄膜太陽電池、CIGS、プロセス評価

【研究題目】ヘテロエピタキシーを基盤とした高効率単結晶有機太陽電池

【研究代表者】宮寺 哲彦

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】宮寺 哲彦

【研究内容】

高効率有機太陽電池の実現のために高度に制御された素子作製手法である「有機ヘテロエピタキシー」の開拓により素子作製の基盤技術を構築する。これまでに、有機単結晶を用いることで励起子拡散長が増大することを蛍光分光で見出しており、励起子拡散長の増大によって太陽電池特性が向上することをシミュレーションによって示してきている。新規結晶成長技術を確立し、理想的な構造の太陽電池を作製することで、有機半導体の基礎メカニズム解明に発展させることを目標とする。

ヘテロエピタキシャル成長の基板として、規則構造をもつ透明基板であるグラフェン電極の開発を行った。グラフェン電極上に *p* 型半導体である亜鉛フタロシアニンを結晶成長させたところ、基板に対して分子が平行に成長するモード、垂直に成長するモードが存在することが分かった。グラフェンの平坦化とグラフェン上での構造制御された有機結晶の構築が今後の課題となる。

インピーダンス測定や光変調応答測定などによって、有機薄膜太陽電池素子内の電荷輸送機構の解析を行った。得られた実験結果に基づき、界面での電荷分離、電荷輸送の機構を解析する等価回路モデルの構築を行っている。本手法を用いることで有機薄膜太陽電池の動作機構を非破壊で解析することが可能となる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機デバイス、太陽電池、グラフェン

【研究題目】交互分子積層により結晶性を制御した高性能太陽電池の研究開発

【研究代表者】當摩 哲也

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】周 英 (太陽光発電工学研究センター)

(常勤職員1名)

【研究内容】

CuI バッファ層を斜め蒸着 (GLAD) することでナノロッド状 (*n-rodCuI*) に製膜形成可能であり、さらにその上に単純な ZnPc/C60 の *p-n* 接合を形成することで、従来の *p-n* 接合セルに比べ光电変換特性向上を確認した。本年度は本研究で開発した手法による性能向上のメカニズムとさらなる性能向上のための製膜条件の最適化を行った。

CuI の GLAD によるナノロッド形状の角度依存性について検討を行った。通常蒸着角度である 0 度では CuI は連続膜でロッド状に成長しないが、45 度、70 度と蒸着入射角を浅くすることでロッド状に成長することが AFM 観察により確かめられた。CuI のナノロッド膜に ZnPc を通常 (0 度) に蒸着製膜するとナノロッド形状に合わせてナノピラーの構造になることが AFM 観察と表面・断面 SEM 観察により明らかとなった。断面 HR-TEM 観察を用いてより詳細に結晶性を評価したところ、GLAD により CuI 自体の結晶性が高くなり、さらに ZnPc 自体も CuI との相互作用により CUI 上で結晶性が高くなっていることが判明した。結晶性は XRD でも評価しており、CuI の GLAD により CuI 膜自体の結晶性も向上 (新たなピークが出現) し、さらに連続膜の CuI とナノロッド CuI 上での ZnPc の結晶性は大きく変化し、分子が垂直から基板へ平行の配向に変化したうえ、結晶性も向上していることが明らかになった。この分子が水平に配向していることで π 電子がより光を吸収できる状態であり、光吸収測定 (UV-VIS) により同一膜厚で光吸収が向上していることが分かった。以上の観察や光学的評価により、CuI の GLAD により結晶性の高い CuI ナノロッドが形成され、その上に製膜される *p* 型有機半導体層 ZnPc は光吸収効率のよい基板に平行な配向で結晶化されており、この効果によって太陽電池特性が大きく向上していることが分かった。

この手法で GLAD の蒸着角度、CuI の膜厚を最適化し、ITO/3.5nm *n-rodCuI* (70°)/40nm ZnPc/50nm C60/8nm BCP/Al で J_{sc} :11.10mA/cm²、 V_{oc} :0.57V、FF:0.65で4.08%とバルクヘテロ構造を導入しない単純積層 *p-n* で高性能化を達成することができた。これは、CuI ナノロッドを導入しないリファレンスでは J_{sc} :5.4mA/cm²、 V_{oc} :0.52V、FF:0.55で1.55%であり、3倍近く性能が向上したことになる。また、従来のバルクヘテロ構造を導入したリファレンス (同時製膜同一材料で同条件) は J_{sc} :9.13mA/cm²、 V_{oc} :0.52V、FF:0.49で2.35%であり、今回開発した手法は共蒸着によるバルクヘテロ構造の導入よりも高い電流を発現することが分かった。

さらに GLAD によるナノロッド状 CuI バッファ層の他の *p* 型半導体への応用を検討した。使用した *p* 型半導体は塩化アルミニウムを中心金属とする ZnPc とは異

なりバルキーなフタロシアニン (ClAlPc)、分子が小さいがバルキーな中心金属塩化ホウ素をもつサブフタロシアニン (BCl-subPc)、アモルファス性の高い高電圧発現材料ジベンゾテトラフェニルペリフランテン (DBP)、そして DBP よりも平板分子なジインデノペリレン (DIP) を用いた。ITO/3nm n-rodCuI/20-40nm p型半導体/50 nm C60/BCP/Al で3nm n-rodCuI ありなしを比較したところ、DIP 以外の半導体で性能向上が見られた。DIP は結晶性が高く CuI との相互作用が高いため効果が得られなかったと考えられる。性能向上は ClAlPc で0.84%から2.43%へ、BCl-subPc では1.97%から2.71%へ、DBP では1.94%から3.93%まで向上した。以上のように、本研究で開発した手法は様々な材料に展開可能であり応用性が高いことが示された。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 有機薄膜太陽電池、低分子、交互積層、真空蒸着、光電変換

【研究題目】 色素増感型太陽電池 (DSC) における太陽光吸収効率と電荷移動効率の向上

【研究代表者】 甲村 長利

(太陽光発電工学研究センター)

【研究担当者】 甲村 長利、古部 昭広、伊藤 省吾、盛田 伸一、酒井 誠弥、植村 由、砂原 賢二 (常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

目標：

本研究では ZnO を化学的に安定な酸化チタンでコーティングすることで ZnO の優れた電気特性を利用した色素増感太陽電池を作製することを目的とし、電解液を用いた湿式太陽電池について重点的に研究を行った。

研究計画：

ZnO を酸化チタンでコーティングする方法は2種類を試みた。ひとつは ZnO 表面に酸化チタンの微粒子でコーティングする方法である。もうひとつの方法は ZnO 表面に化学的に酸化チタンの薄膜でコーティングする方法である。化学的な酸化チタンコーティング方法としては、チタンテトライソプロポシドを気相蒸着させる方法と、エタノールで希釈した希薄溶液をキャストする方法を試みた。さらに四塩化チタン水溶液への浸漬による方法も試みた。またこの電極作製技術をオックスフォード大学に移行させ、オックスフォード大学において固体型太陽電池に適用させた。

年度進捗状況：

ZnO 表面酸化チタンをコーティングするシンプルな方法として四塩化チタン水溶液への浸漬処理について検討した。四塩化チタン水溶液は酸性溶液であるため、酸化亜鉛を入れると溶解してしまう。そこで4℃以下の低温で浸漬処理を行うことで酸化亜鉛表面に酸化チタンをコーティングすることに成功した。酸化チタンを酸化亜

鉛粒子表面にコーティングした酸化亜鉛/酸化チタンコアシェル電極を用いて色素増感太陽電池を作製した結果、ルテニウム色素 (N719色素) を用いた場合、コーティング前に比べて開放電圧が30%、短絡電流が130%、フィルファクターが37%向上し、変換効率を4倍以上に向上させることに成功した。同じ粒子径の酸化チタンを用いたセルと比較して開放電圧は2%減少したが、短絡電流は80%、フィルファクターが12%向上し、光電変換効率を2倍に向上させることができた。さらにインドリン系有機色素を用いることにより、酸化亜鉛電極は酸化チタン電極に対して30%高い短絡電流を得ることが可能となった。更に酸化亜鉛/酸化チタンコアシェル電極にすることで酸化亜鉛電極に対して15%高い短絡電流を得ることができた。一方、開放電圧も酸化亜鉛電極に対してに40%、酸化チタン電極に対して12%高い開放電圧 (809mV) を示し、光電変換効率を2倍以上に向上させ、効率4%以上を得ることに成功した。酸化亜鉛に酸化チタンをコーティングすることによる効率向上の効果についてその原因を調べたところ、酸化チタンのコーティング処理によって電子寿命を向上させることがわかった。さらに高速分光法により色素カチオンの寿命を測定によりコアシェル電極において電子注入効率が向上することがわかった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 色素増感太陽電池、有機系太陽電池、酸化亜鉛、低コスト、高エネルギー変換効率、太陽光利用

【研究題目】 励起子サイエンス (有機太陽電池のためのバンドギャップサイエンス)

【研究代表者】 吉田 郵司 (太陽光発電研究センター)

【研究担当者】 吉田 郵司、原 浩二郎、甲村 長利 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究では、次世代の太陽電池として期待されている有機薄膜太陽電池の高性能化に向けて、原理検証から高変換効率の達成まで行うものである。特に、半導体のバンドギャップ理論からの理解を有機半導体に適用し、バンドギャップサイエンスとして確立する。研究項目として、励起子サイエンスの確立を分担している。

本年度は、本年度は、高性能な有機半導体材料の分子設計を目的として、高い開放端電圧を示すオリゴチオフェン系分子を候補材料として、バルクヘテロ接合の最適化を可能とする分子構造を検討し、合成および太陽電池の作製を試みた。

高い光吸収係数と高い開放端電圧を示すチオフェン系分子、セキシチオフェン (6T) は分子凝集力が強く、フラーレンとのバルクヘテロ接合を形成した場合、著しい結晶化により pn 接合界面の面積が減少し、薄膜の表面粗さも増すため、高効率な太陽電池の作製が困難であ

る。通常、フラーレンリッチ (6T と C_{60} の比が1:5) の状態で最適化されるが、6T の光吸収および電荷分離界面の形成の観点では不利である。

そこで、チオフェン系分子の置換基を変えることで、分子凝集力を制御して C_{60} との良好な混合を実現する分子の合成を行った。基本的な設計指針は、分子凝集を阻害する *tert*butyl (*t*Bu) や *o*biphenyl (*o*Bi) といった嵩高い置換基を、チオフェン系分子に導入した。

AFM 測定の結果より、6T に比べて *t*BuPh4T および *o*BiPh4T は凝集が抑制された。これらの太陽電池特性を表1に示すが、6T: C_{60} =1:5で最大の光電変換効率が得られるのに対して、*t*BuPh4T: C_{60} =1:3で同等の高い変換効率が得られた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】有機薄膜太陽電池、有機半導体、分子設計、長波長光吸収、バンドギャップ

【研究題目】パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得ならびにパラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

【研究代表者】大山 英明 (知能システム研究部門)

【研究担当者】大山 英明、野田 五十樹 (サービス工学研究センター)、城間 直司 (茨城大学) (常勤職員2名、他1名)

【研究題目】

目標:

パラサイトヒューマン (PH) とは、人間が装着するウェアラブル・ロボットであり、視覚情報等の感覚刺激の適切な提示によって、装着者の行動を誘導することが可能である。CREST 研究領域「先進的統合センシング技術」の「パラサイトヒューマンネットによる五感情報通信と環境センシング・行動誘導」(代表: 前田 太郎氏 (大阪大学)) では、専門家が、遠隔から PH 装着者を誘導して、応急措置を行うことや、PH 装着者への避難方向指示により、安全な避難を実現し、安全・安心を実現することを目指している。産総研ではシステム開発と評価を担当する。

研究計画:

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関する研究

本テーマでは、PH 装着者の行動認識のための行動モデルを構築する。また、行動モデル検証のために小型ロボット操縦システムを構築する。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本テーマでは、センサネット等の情報を集積し、集団を安全に誘導するための PH 装着者への避難方向指示システムを開発する。

年度進捗状況:

(1) パラサイトヒューマン装着者の行動モデル獲得に関

する研究

本年度は、拡張現実感技術を用いた遠隔行動誘導システム、ならびに、TV 電話を利用した行動誘導システムについて、応急手当の専門家の協力を得て、評価実験を行った。行動誘導やロボット操縦において、広視野を実現するプロジェクション・ヘッドマウンテッド複合ディスプレイシステムを開発した。操縦者とロボットの動作を一致させるトレイグジスタンス状態から、直観的にモードを移行してロボットの歩行の操縦を行えるような検出技術と制御技術について研究を進めた。当初の予定には無かったが、東日本大震災からの復興に貢献するために、過酷環境作業のための遠隔行動誘導システムを開発した。

(2) パラサイトヒューマン装着者による人の誘導に関する研究

本年度は、成果のまとめの年とし、前年度までに開発した避難誘導シミュレータと避難誘導の効果について、成果を発表した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】遠隔行動誘導、パラサイトヒューマン、トレイグジスタンス、避難誘導

【研究題目】研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラムフィジビリティスタディ ステージ探索タイプ (第二回) レンチキュラーレンズを用いた高精度な姿勢検出が可能な視覚マーカの開発

【研究代表者】田中 秀幸 (知能システム研究部門)

【研究担当者】田中 秀幸 (常勤職員1名)

【研究題目】

視覚マーカは、カメラで位置姿勢を簡単に認識するためのツールとして拡張現実やロボティクスの分野で活用されているが、正面付近から観測した時の姿勢精度が悪いという計測原理上の問題があった。これに対し我々は、レンチキュラーレンズを用いて姿勢に応じて変化する1次元のモアレパターンを作り、これを計測することで高精度な姿勢検出を行う手法を開発した。本研究の目的は、この技術を応用し、正面からの観測時でも安定かつ高精度な姿勢計測が可能な視覚マーカを開発することである。そして、より高精度かつ安定した計測を可能にするパターンの設計、照明条件に対するロバスト性の強化、本マーカの製品化・実用化に向けた製造技術の検討をメーカーと共同で行う計画である。本年度は、提案するレンチキュラーレンズを用いた視覚マーカ (LentiMark) のプロトタイプと、単眼のカメラで LentiMark を認識し位置姿勢を推定するソフトウェアの開発を行った。検証実験により、本マーカは従来型の視覚マーカ (AR マーカ) と比較して姿勢推定誤差は約5分の1、姿勢推定値のばらつきも10分の1以下という高精度かつ安定した姿勢推定が可能であることを実証した。本研究ではさらに

LentiMark の原理を拡張し、マイクロレンズアレイによって生成する2次元のモアレパターンを活用する ArrayMark という新しい視覚マーカと、これを認識し位置姿勢を推定するソフトウェアも開発した。そして、検証実験により ArrayMark も LentiMark とほぼ同等の高精度かつ安定した姿勢推定が可能であることを実証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】視覚マーカ、AR マーカ、サービスロボット、環境構造化

【研究題目】社会ロボットにおける文化的モデルに関する研究—日本とアメリカにおけるロボットの利用者の比較に関する研究

【研究代表者】柴田 崇徳（知能システム研究部門）

【研究担当者】柴田 崇徳、和田 一義、川口 幸隆（常勤職員1名、他2名）

【研究題目】

動物の様に人と共存し、特に身体的な相互作用を通して、楽しみや安らぎの精神的効果を与え、人の心を豊かにすることを目的に、メンタルコミットロボット「パロ」の開発を行っている。動物の場合には、アレルギー、人畜感染症、噛み付き、引っかき事故、管理、衛生などの問題で、動物を飼うことができない人々や一般家庭・医療福祉施設などがある。メンタルコミットロボットは、動物と同様に、人々に様々な効用を与えようとしている。

これまでに国内外で約2200体が利用され、米国では、2009年にパロが医療機器として承認され、同年末から徐々に施設を中心に導入が始まっている。また、イリノイ州では、看護師等に義務付けている継続教育ユニット（年間30ユニット＝30時間）の1ユニットにパロに関する講義が認定された。デンマークでは医療福祉施設でのセラピーを目的に、一日の講習によるライセンス制度とともに、施設のみを対象として、パロの導入を行っています。これまでに300名強がライセンスを受け、60%以上の地方自治体の施設に導入されています。また、オランダ、スウェーデン、ドイツ等の他のヨーロッパの国でも同制度を開始しました。

アンケート調査や医療福祉施設での長期実験などから、パロの効用に関して様々な評価を行っています。一般家庭ではペットの代替として家族の一員になっています。医療福祉施設ではアニマルセラピーの代替として、高齢者向け施設での生活の質を向上させ、認知症高齢者の脳機能や行動を改善しています。また、発達障害の子供たちの社会スキルを向上させています。東日本大震災の被災地では、避難所等において被災者の心のケアを行っています。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボット・セラピー、認知症、東日本大震災の被災者の心のケア

【研究題目】新規廃棄物処分場の適地選定手法の構築

【研究代表者】駒井 武（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】駒井 武、張 銘、坂本 靖英、原 淳子（常勤職員4名）

【研究内容】

スリランカ国における廃棄物処分場の適正な管理および対策技術の開発に資するため、廃棄物処分場の適地選定のための技術的、社会的な要素を整理し、適地選定の方法論を確立するとともに、数値解析などの評価に必要な各種データベースを構築する。

本年度は、スリランカ国の中央州および南部州の廃棄物処分の実態について現地調査を行い、その立地場所の選定および技術的な課題などを検討した。また、スリランカ国に類似する立地条件の我が国における操業中の廃棄物処分場を調査し、廃棄物の種類や運搬方法、管理方法、適地選定に至る社会的な課題などを整理した。

適地選定に必要な技術評価では、スリランカ国の地理、地質、水理および流域などの地圏環境情報を収集し、全島の広域情報および中央州の地域情報を取得するとともに、廃棄物適地選定に必要なデータベースの作成を進めた。また、数値解析を実施するための必要な表層地質の透水性、地質構造および水理条件などの解析パラメータについて、現場調査および既存情報によるデータ解析および室内実験による透水係数や孔隙率の評価を行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、リスク評価、廃棄物処分、スリランカ、地理情報

【研究題目】里海に対する藻場の役割解明と藻場再生策の提言

【研究代表者】谷本 照己（地質情報研究部門）

【研究担当者】谷本 照己（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

アマモの生え際に生物が多数生息するという天然藻場の形態を模倣し、藻場の生産性と生物多様性を高める藻場再生検証実験を三津口湾日ノ浦海域の天然藻場において行った。人手によりアマモを刈り取って裸地を作ることにより、藻場内にアマモの生えている所と生えていない所の境（人工的な生え際）を作成した。藻場に人手を加えたことによる生物生産、生物多様性に対する効果を検証するため、アマモを刈り取って藻場内に空間を設けた試験区と周辺の濃密アマモ場内においてダイバーと水中カメラによる生物生息状況を継続して計測した。その結果、アマモを刈り取った試験区の生え際にイカの卵塊が認められるなど、季節を通して濃密アマモ場内よりアマモを刈り取った試験区において生物生息数が多いことが明らかとなった。これらの結果を基に、里海として藻場を活用する藻場再生策の提言としてまとめ、公開した。

【分野名】地質

【キーワード】里海、アマモ場、生物生産、生物多様性、

アマモ刈り取り、藻場再生策

〔研究題目〕ジオネットワークつくばの構築：環境モデル都市とジオパークを目指して

（独立行政法人科学技術振興機構 科学コミュニケーション連携推進事業 地域ネットワーク支援）

〔研究代表者〕渡部 芳夫（地質調査情報センター）

〔研究担当者〕渡部 芳夫、利光 誠一、高橋 裕平、渡辺 真人、古谷 美智明、藤原 智晴、兼子 紗知、吉田 清香、宮越 昭暢、及川 輝樹、中澤 努、宮崎 光旗、佐藤 由美子、小玉 喜三郎、加藤 碩一（常勤職員13名、他2名）

〔研究内容〕

本事業は、茨城県つくば市及び桜川市地域で、地球環境科学に関する研究・教育機関、自治体、企業、マスコミ、環境 NGO から構成される地域ネットワーク「ジオネットワークつくば」を構築・運営し、地球環境科学の興味・関心・理解を高める教育・アウトリーチ活動を組織的・体系的・発展的に行なうことを目的とし、JSTからの支援をうけて行う委託事業である。

本年度、ネットワークが主催および共催したアウトリーチ活動は以下のものである。

地球環境科学一般をテーマにした教育・アウトリーチ活動としてサイエンスカフェを7回実施した。筑波山周辺地域の地球環境や防災をテーマにした野外観察会を2回実施した。その他、地質の日（5月）、つくばフェスティバル（5月）、地質情報展（9月）、筑波大学学園祭（10月）、つくば環境フェスティバル（11月）、つくばエキスポセンター展示出展（12～2月）などの行事等に出展し、本ネットワークの紹介及び活動報告や地球環境科学に関するアウトリーチ活動を行った。これらの市民向けの発信に加えて、地球惑星科学連合2011年大会（5月）において、研究・教育・アウトリーチ活動等の関係者を対象に成果発表・活動の紹介を行った。さらに、本支援事業は、23年度をもって JST からの支援が終了するため、3年間の活動の総括的なイベントとして、「ジオネットの日」を2月26日につくばエキスポセンターを会場として開催した。それは、3年間の活動を総括できる展示と共に小学生を対象にした体験コーナーを中心に構成した出展である。さらに、活動地域を含む筑波山周辺地域（つくば市・桜川市・石岡市）に居住する小学生を対象に筑波山をテーマにした絵画コンテストを開催した結果、50作品の応募があった。作品は、2月中、「ジオネットの日」までエキスポセンターで展示し、最終日に受賞作の表彰を行った。

地球環境科学に関するアウトリーチ活動の中核的な人材を育成する事業として、「ジオマイスター（初級、中級）」の募集及び養成を行った。初級は所定のカリキュ

ラムを修了すると認定され、中級は所定のカリキュラム終了後、認定試験を行い、それに合格したものが認定された。23年度は、初級は13名、中級は20名が合格し認定された。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕アウトリーチ、地質、地球環境科学、連携、ネットワーク、地質標本館、つくば市、桜川市

〔研究題目〕二次元強相関係への超並列シミュレーションによるアプローチ

〔研究代表者〕柳澤 孝（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕柳澤 孝、長谷 泉、川畑 史郎、山地 邦彦、知崎 陽一、小田切 宏輔（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

二次元強相関係への超並列シミュレーションの基盤開発を目標として、厳密に物理量を計算できる手法である量子モンテカルロ法の開発を行った。本年度は、プログラムを並列化し計算効率を向上させた。

量子モンテカルロ法を二次元ハバードモデルに応用して超伝導対の相関関数の計算を行った。量子モンテカルロ法の標準的サンプリング法であるメトロポリス法と、新しくプログラムを組んだ対角化法の二つの手法で計算し比較を行った。小さな系では二つの手法からコンシステントな結果が得られ、これらは厳密対角化の結果ともよく一致する。しかしながら、系のサイズが大きくなると共にメトロポリス法は対相関関数を過小評価することがわかった。密度行列くりこみ群法により対相関が増大するとされているラダーモデルでも同様の結果が得られることがわかった。オンサイトのクーロン相互作用を小さい値から変化させた時、超伝導相関関数が増大することを示した。

BiSrCaCuO に代表される積層型固有ジョセフソン接合における巨視的量子トンネル現象 (MQT) について解析を行った。特に、異方的オーダーパラメータに起因するノード準粒子散逸の存在や層間結合の効果が MQT に及ぼす影響について詳細に解析を行った。その結果、これまで懸念されていたノード準粒子散逸の影響は非常に小さくなることが明らかとなった。これにより、固有接合は非常にコヒーレンス性能の高い量子コンピュータになり得ることが明らかとなった。また、超伝導層間の強い電磁氣的結合効果により、MQT 率が桁違いに増大することを明らかにした。これにより、巨視的量子効果が非常に高い温度領域でも観測可能になることが明らかとなった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕強相関係、量子シミュレーション、新アルゴリズム、高温超伝導、固有ジョセフソン接合

〔研究題目〕3次元表示デバイスの高性能化・高解像度化に関する研究

〔研究代表者〕 島田 悟（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 島田 悟、欠端 雅之、李 成竺
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

平成18年度より5年計画で実施してきた「自由空間に3次元コンテンツを描き出す技術」（JST CREST「デジタルメディア作品の制作を支援する基板技術」）の最終年度として、（株）バートン、慶応大学、東京大学、（株）電通とともに、空間描画装置のハードウェア（特に光源、光学系）の最適化を進めるとともに、新規に開発された制御法に基づいて制作されたコンテンツを使った空気中での空間描画のデモンストレーションを日本科学未来館において行った。室内型3次元表示装置についても装置性能の最適化を進めるとともに、米国、欧州等において、実機を用いた3次元映像の一般への公開を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 空間描画装置、3Dディスプレイ

〔研究題目〕テラバイト時代に向けたポリマーによる三次元ベクトル波メモリ技術の実用化研究

〔研究代表者〕 福田 隆史（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 福田 隆史、渡辺 歴、有本 英伸、古川 祐光、江本 顕雄、野口 尚美、内田 江美（常勤職員4名、他3名）

〔研究内容〕

三次元ベクトル波の記録を行うには偏光感受性を有する材料の開発と媒体化技術の確立が必須である。また、媒体に露光する際に生じる媒体内の屈折率変調構造についてその詳細（望ましくはダイナミクスも含め）を観察し、材料組成との相関を考察することが出来れば、記録材料の開発が大幅に効率化するものと期待される。そこで産業技術総合研究所では、新規の偏光感受性材料の開発、ならびに、高感度・高分解能な位相イメージング技術の開発に取り組んでいる。

平成23年度においては、偏光感受性物質系の組成について検討を行い、高いガラス転移温度（208℃）のエポキシマトリクスに高濃度の添加を達成した。その結果、媒体特性として1mm当たり1.4radの位相遅延量と2500時間以上（室温環境下）の経時安定性を達成した。また、当該媒質において200（角度）多重の偏光ホログラフィック記録に成功した。

位相イメージング技術については、平成22年度に開発したデジタルホログラフィック顕微鏡に偏光光学系を導入し、媒体内部の複屈折率変調構造を観察できるように発展させた。さらに、波長走査型微分干渉方式イメージング技術の検討も進んでいる。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 三次元ベクトル波記録、偏光感受性媒体、経時安定性、偏光／角度多重記録、位相イメージング技術、複屈折率変調構造、デジタルホログラフィック顕微鏡

〔研究題目〕光パルス合成による任意光電場波形生成とその計測

〔研究代表者〕 鳥塚 健二（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 鳥塚 健二、吉富 大、高田 英行
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

光の究極的な制御とその応用をめざした「高強度光電界による電子操作技術の開拓」（JST CREST、テーマ代表：東京大学物性研究所）において、研究分担者として標記のテーマを担当した。本研究では、多波長位同期パルスのフーリエ合成という新しい方式によって、電界波形の完全に制御された、未踏の高強度任意波形レーザーを実現することを主な目標として取り組んできた。前年度までに開発した発振器レベルの任意波形光源、及び、それにタイミング同期したファイバレーザーシステムの第二高調波を励起光源として用いて、今年度はチャープパルスパラメトリック増幅による多色パルスの同時並列での高強度化技術を開発した。

フーリエ合成による任意波形発生が可能な分数周波数フェムト秒パラメトリック発振器の多色出力を被増幅光（シード光）として用いた。最大で6色得られている出力パルスのうち、シグナル（ 2ω 、波長1275nm）・ポンプ（ 3ω 、波長850nm）・シグナルの第二高調波（ 4ω 、波長637nm）の周波数比2：3：4となる3色のパルスをシード光とした。各色のパルスに対して、回折格子対によりパルス時間幅の伸長を行った上で、非線形結晶 BBOに励起光とともに同軸入射することにより、チャープパルス光パラメトリック増幅を行った。上記3色の各波長域において、いずれも、サブマイクロジュール域の増幅に成功した。また増幅後に、各色の光をフーリエ限界までパルス再圧縮を行うことにも成功し、フェムト秒時間域の3色サブマイクロジュール級パルスを発生することができた。これらにより、目標としていた高強度任意波形レーザーの要素技術開発を達成することができた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

〔研究題目〕多バンド型多成分超伝導の位相的ソリトン

〔研究代表者〕 田中 康資（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 康資、菊地 直人、相浦 義弘、阪東 寛（常勤職員4名）

〔研究内容〕

私たちが多バンド型多成分超伝導で予測した、磁束の量子化条件の狂い（分数磁束量子）はまだ誰も直接検証に成功していない。擬似的な多バンド超伝導では、スタンフォード大の検証例があるので、それも参考にして研究を進めた。磁束の量子化条件の狂いは、バンド間位相差ソリトンという、位相欠陥の介在によって起きる。直接観測では、このソリトンの発生方法を合わせて研究する必要がある。検出のための高感度磁束計の製作を進めた。センサ部分以外に関して必要な仕様を確認した。センサ部分の調整を行う準備が整った。磁束計を安定的に動かすために導入を進めていた冷却装置が被災したので、本事業で、装置の修理を行い、1年前の状態に復旧した。

分数量子磁束の発生方法として、従来の電流注入型以外に、超伝導転移温度付近で、ソリトンを揺らぎとして発生させ、急冷によって、これを凍結させる方法の検討を進めた。宇宙論では、宇宙の構造作る方法の一つとして研究されているキップル機構と類縁の方法である。

今後、本事業で修理した冷却システム、高感度磁束計、理論的に検討されたソリトン発生方法を組み合わせて、多バンド型多成分超伝導の分数磁束量子の直接検証を目指す。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、ソリトン、非アーベルゲージ場、量子凝縮、相転移、量子力学

〔研究題目〕 多重秩序材料の情報通信技術への応用探索

〔研究代表者〕 田中 康資（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 康資、伊豫 彰、寺田 教男、常盤 和靖、アシナラヤナン スンダレサン（常勤職員2名、他3名）

〔研究内容〕

本研究は、次世代の情報通信技術の基盤となる、多重秩序超伝導、マルチフェロイック材料の開発を軸とした理論研究、材料開発を、日印協力の元、推進するものである。

革新的デバイスへの展望が開ける今までにない巨視的量子状態を発現できる新しい材料の開発を目的に研究を推進した。多成分超伝導理論と、素粒子論の場の理論の比較検討を行った。その成果をベースに、日本の素粒子論・原子核・宇宙論関係のコミュニティーに働きかけ、協力して、新しい学術分野創成への突破口を拓くことを目指した。この新しい国際・学際研究領域の醸成を目的として「“Super/Vacuum/Universe”（宇宙・真空・超伝導）」というタイトルでの国際ミニワークショップを開催した。会議ではインターネットで、インド、鹿児島、東京を結ぶ新しい試みも行い、この方法が従来のリアル集合型の会合に比べてパフォーマンスに優れることを実証した。上記活動を通し、単なる「多バンド超伝導」と

「多バンド型多成分超伝導」の違いを、巨視的量子位相幾何学の立場から明確にした。これによって「多バンド型多成分超伝導」という新しい概念を創成提起した。ソリトン理論では、「多バンド」が本質的な役割を持つのではなく、超伝導電子対を作る対生成ポテンシャル（ペアポテンシャル）の“濃淡”が本質になる。バンド内でのペアポテンシャルが、バンド間のペアポテンシャルよりも「強い」時、「多成分超伝導」の量子位相幾何学がとて直観的なものになることを明らかにした。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、マルチフェロイック、ソリトン、非アーベルゲージ場、量子凝縮、相転移、量子力学

〔研究題目〕 超高压 NMR/NQR 実験技術の開発

〔研究代表者〕 竹下 直（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 竹下 直（常勤職員1名）

〔研究内容〕

発見から4年余りを経過した鉄ヒ素系高温超伝導体は、その超伝導機構の解明、より高い超伝導転移温度の実現、ヒ素を用いない無毒化の可否、などの目標を掲げ活発な研究が現在も進行中である。これらの課題に対して実験的見地からの直接的な示唆を与えうる核磁気共鳴（NMR）、核四重極子共鳴（NQR）実験も行われたが、圧力下におけるこれらの実験手法は技術的に難しく、とくに高い圧力領域における結果は乏しい。本研究課題においては、産総研で技術的な蓄積のあるキュービクアンビル型高压装置を NMR/NQR 測定実験と組み合わせることで、10万気圧レベルにおける NMR/NQR 実験技術の開発を行う。対象としては特に $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ に注目しその圧力下相図を構築し、その微視的な状態を本研究手法により明らかにする事を目指している。

本年度は産総研において作成された単結晶 $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ について、いろいろなドーピングレベル試料に対して産総研の大型キュービクアンビル装置を用いて圧力下相図を作成した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 鉄ヒ素系高温超伝導、核磁気共鳴（NMR）、核四重極子共鳴（NQR）、超高压力、キュービクアンビル型高压装置

〔研究題目〕 鉄ヒ素系超伝導体の転移温度決定因子の解明と物質設計への適用

〔研究代表者〕 永崎 洋（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 永崎 洋、伊豫 彰、鬼頭 聖、伊藤 利充、富岡 泰秀、竹下 直、（電子光技術研究部門）熊井 玲児（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）松畑 洋文（先進パワーエレクトロニクス研究センター）李 哲虎（エネル

ギー技術研究部門) 石橋 章司、
三宅 隆 (ナノシステム研究部門)
(常勤職員11名、他1名)

〔研究内容〕

2008年に発見された鉄系超伝導体は、銅酸化物に次ぐ高い超伝導転移温度を有しており、次世代の高温超伝導応用に向けた開発が精力的に進められている。本研究では、鉄系超伝導体を対象とした新物質発見、転移温度向上、および高温超伝導メカニズム解明を目標として、高压合成法を用いた新物質合成、超高压下電気伝導度測定をはじめとする精密物性評価、第一原理計算に基づく理論的物質開発を横断的に遂行した。H23年度の研究成果は以下の通りである。

- ・超伝導転移温度 30.2K ($Pn=As$) および 16.6K ($Pn=P$) を有する2種類の新たな鉄系高温超伝導体 ($Ca_3Al_2O_{5-y}$) (Fe_2Pn_2) を発見した。
- ・鉄系超伝導体 $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ の超音波吸収実験を行い、本物質が温度の低下とともに極めて特異な軟化現象を示すことを見いだした。

これらの研究で得られた成果を学会発表・論文発表によって報告した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送特性、異方性

〔研究題目〕 鉄系超伝導体の高 T_c 化指針の確立と純良単結晶、多結晶試料を用いた超伝導特性評価

〔研究代表者〕 永崎 洋 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 永崎 洋、伊豫 彰、鬼頭 聖、竹下 直、吉田 良行 (電子光技術研究部門) 石橋 章司、三宅 隆 (ナノシステム研究部門) (常勤職員7名)

〔研究内容〕

本研究は、実用材料化の観点から鉄系超伝導体のポテンシャルを明らかにすることをその目的とする。計画初年度に当たる平成23年度は、超伝導特性を評価する上で必須となる高品質の多結晶、単結晶試料作製技術の開発を主として行った。アルカリ金属-ヒ素化合物 (KAs)、もしくはアルカリ土類金属-ヒ素化合物 (BaAs) をフラックスとして用いる事によって、純良かつ大型の (Ba, K) Fe_2As_2 、 $BaFe_2(As_{1-x}Px)_2$ および $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$ 単結晶試料の育成が可能であることを明らかにした。得られた単結晶試料を用いた超伝導特性評価を行い、応用材料としての最適物質パラメータを導出した。これらの研究で得られた成果を学会発表・論文発表によって報告した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 超伝導、高温超伝導、鉄系超伝導体、単結晶、輸送特性、異方性

〔研究題目〕 鉄系超伝導体の低エネルギー放射光光電子分光

〔研究代表者〕 相浦 義弘 (電子光技術研究部門)

〔研究担当者〕 相浦 義弘 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

鉄系超伝導体の超伝導機構の解明を目指し、電子構造の観測・解析を最先端の高分解能角度分解光電子分光装置を用いて行う。フェルミ面、バンド分散、エネルギーギャップ、準粒子スペクトルの微細構造の精密測定を行い、電子状態の基礎的理解を構築する。高い T_c の決定要素を実験結果から導き、室温超伝導へ向け、より高い T_c をもつ物質設計の指針を得ることを目的とする。

角度分解光電子分光実験において、低エネルギー放射光を用いると、三次元波数空間を高分解能でマッピングできる。この手法を用いて、122型母物質 AFe_2As_2 ($A=Ba, Sr$) の三次元電子構造の精密決定を行った。その結果、高温常磁性相から低温反強磁性相へ転移すると、フェルミ面が三次元的に大きく再構成されてトポロジーが転換し、それに伴って Γ および Z の2つの鞍点がフェルミ準位近傍の占有側に現れることを観測した。直線偏角放射光を用いた角度分解光電子分光を行い、 Z 鞍点は偶対称バンドのみで構成されていることがわかった。反強磁性転移における鞍点の振る舞いは、定性的には第一原理計算の予想と一致するが、 Z 鞍点周りの k_z 分散が計算より8倍ほど繰り込まれていることが判明した。これは、状態密度のフェルミ準位近傍に、顕著なファン・ホープ特異点が生じていることを示しており、反強磁性転移、超伝導転移、およびそれらの相転移への揺らぎを引き起こす原動力となりうる。

直線偏光放射光と低エネルギー放射光を用いた角度分解光電子分光により、122型超伝導体 $BaFe_{2-x}Co_xAs_2$ および $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ の超伝導ギャップを観測し、そのキャリア濃度依存性を調べた。電子軌道の偶対称成分と奇対称成分を分離観測することで、母物質で報告されているディラック円錐状の分散が、電子ドーピングした $BaFe_{2-x}Co_xAs_2$ 系でも残っており、超伝導転移とともに、円錐の頂点で超伝導ギャップが開くことを観測した。また、ホール・ドーピングした $Ba_{1-x}K_xFe_2As_2$ 系では、超伝導ギャップ近傍の分散を精密に観測し、超伝導転移に伴う強い繰り込みと、広い波数領域における電子対形成を観測した。この結果は、鉄系物質の超伝導が強結合型であることを示唆している。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 強相関エレクトロニクス、超伝導材料・素子

〔研究題目〕 リボソームディスプレイ糖鎖複合体アレイシステムによる N-グリコリル型シアル酸検出プローブの創出

〔研究代表者〕 館野 浩章 (糖鎖医工学研究センター)

〔研究担当者〕 舘野 浩章（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

本研究では、リボソームディスプレイ糖鎖複合体アレイシステムを開発して、Neu5Gc 結合プローブを創出することを目標とする。

本年度は目的の特異性を獲得した変異体を自由自在にセクションするためのリボソームディスプレイ糖鎖複合体アレイシステムを構築することを目的とした。

研究進捗状況：以前、矢部らにより、エラーブローン PCR/リボソームディスプレイ法を用いて、ガラクトース特異性のミミズ由来レクチン C 末端ドメイン（EW29Ch）をから、 α 2-6シアル酸結合性レクチンの創出に成功している。しかし、従来の方法では、作製した変異遺伝子ライブラリーの中に、標的分子に結合するような性質を獲得した変異体が果たして存在しているのか（進化指向性）を確認する方法がなかった。また、作製した変異遺伝子ライブラリーの中に標的分子に結合するように性質が変化した変異体が生成していたとしても、セクション方法がその変異体の濃縮に適切であるかどうか、濃縮工程がうまくいっているかどうか不明であった。したがってこれまでの方法では望みの標的分子に結合性を有する変異体を創出することは決して容易ではなく、むしろ力技と運に頼らざるを得ない面を有していた。そこで本年度はエラーブローン PCR/リボソームディスプレイ法に、クルードなサンプル中に存在する糖鎖結合タンパク質の糖鎖結合特異性を高スループット且つ迅速に評価可能な糖鎖マイクロアレイ導入することで、これらの課題を解決することを検討した。モデルタンパク質としてミミズ由来レクチン C 末端ドメイン（EW29ch）を鋳型として用いて各種ステップの最適化を行い、最終的には糖鎖マイクロアレイを活用することで変異ライブラリーの評価、及びセクション過程のモニタリングを迅速且つ高スループットに行う技術を開発することに成功した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 レクチン、糖鎖、進化工学

〔研究題目〕 糖鎖統合データベースの運営と統合化支援、データベース更新作業

〔研究代表者〕 成松 久（糖鎖医工学研究センター）

〔研究担当者〕 成松 久、梶 裕之、鹿内 俊秀、鈴木 芳典、藤田 典昭、前田 真砂子、文 紅玲、澤木 弘道（常勤職員2名、他6名）

〔研究内容〕

糖鎖科学統合データベース（JCGGDB）の構築

JST の統合化推進プログラムに参加し、国内外の糖鎖に関するデータの統合化を推進している。JCGGDBでは、各データベースに高機能な Application Program

Interface（API）を設置し、XML の形式で詳細な情報を提供できるようになった。この API を利用し国内外の連携・統合化を進めていくことになる。糖鎖構造情報を扱うために開発してきたインフォマティクスのツールも十分に機能してきた。このツールを利用してデータの整備を効率的に行えるようになった。配糖体や単糖のデータの整備に利用し、十分なデータ量を整備できた。また、その他のデータベースについてもデータの補充を進めることができ、順次公開の準備を進めている。

国際連携について、アジア諸国との連携を行うため年2回の会議を開催し、その結果、RCMG が保有する GlycoProtDB をベースにしてアジア主体の糖タンパク質の統合データベースを構築していくことになった。また、米国、欧州のデータベースのグループと連携するための準備を開始した。まずは、単糖や糖鎖構造レベルでの統合化に発展する予定である。

〔研究題目〕 Exp. 330ルイビル海山列掘削試料によるマントルダイナミクスと南太平洋古環境研究

〔研究代表者〕 山崎 俊嗣（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕 山崎 俊嗣、星 博幸（愛知教育大学）、町田 嗣樹（早稲田大学）、Erdensaikhan Ganbat（東北大学）、石渡 明（東北大学）、守屋 和佳（早稲田大学）、佐野 晋一（福井県立恐竜博物館）（常勤職員1名、他6名）

〔研究内容〕

本研究は、統合国際深海掘削計画（IODP）Expedition 330による南太平洋ルイビル海山列の掘削コア試料を用いて、マントル対流によりホットスポットが移動する可能性の検証、ホットスポット・マグマの化学的進化の解明、及び、白亜紀～古第三紀における南太平洋古環境の解明を行うことを目的とする。

海山の古緯度を推定するため、段階熱消磁・段階交流消磁実験を行った。大半の試料から初生磁化と考えられる残留磁化方位成分が検出された。掘削時二次磁化と考えられる低保磁力の二次的成分はほとんど認められなかった。主成分解析により決定された伏角は、船上における半割試料のパススルー測定及び個別試料を用いた測定結果による、ルイビルホットスポットの古緯度は現在と大きくは異なっていないとする結果とおおむね整合的である。

玄武岩に含まれるかんらん石の化学組成分析を、電子線プローブマイクロ分析装置を用いて行った。分析の結果、かんらん石の化学組成バリエーションは、マグマの結晶分化作用による変化に主に支配されていることが判明した。さらに、かんらん石の化学組成変化において、海山ごとの違いはほとんど無く、ルイビル海山列のマグマ組成は常に均質であったことが鉱物学的にも裏付けら

れた。

厚歯二枚貝の可能性のある二枚貝化石を含むコア等、大型化石片を含む部分について、テキサス大学オースチン校において高解像度 CT スキャンを実施した。Hole U1376A で採取された石灰藻石灰岩のワーキングハーフのピース11点を借用し、コア表面の生物相の観察を実施した。Site U1372、および U1375の有孔虫軟泥から産出した浮遊性有孔虫化石の酸素・炭素安定同位体分析を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕ルイビル海山列、古緯度、ホットスポット、マントル、IODP、古環境、白亜紀、古第三紀

〔研究題目〕柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査－電磁気探査の実施

〔研究代表者〕岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕高倉 伸一(地圏資源環境研究部門)、吉見 雅行、堀川 晴央、内田 利弘(地圏資源環境研究部門)、岡村 行信、脇田 由美子、黒坂 朗子(常勤職員5名、他2名)

〔研究内容〕

原子力安全基盤機構(JNES)が実施する新潟工科大学敷地内における深部地震動観測システムプロジェクトの一環として、調査・観測点周辺地域の広域地下構造を詳細に把握することを目的とした研究である、新潟県柏崎市から十日町市に至る北西-南東走向約39kmの測線に沿って、MT法およびAMT法電磁気探査を実施した。MT法では約1km間隔に配置した34点にて各2日間以上(最長14日間)の観測を実施した。AMT法では約0.4km間隔の91点にて各1日間程度の観測を実施した。時系列データから、見掛比抵抗、位相、インダクションベクトル等のパラメータを求め、さらに、見掛比抵抗と位相のデータに2次元解析を適用し、深度15km程度までの比抵抗構造断面を求めた。そして、当該地域の地質・物理探査データを基に、比抵抗構造の解釈図を作成した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕新潟県南部地域、活褶曲、電磁気探査、地下構造モデル

〔研究題目〕柏崎深部地震動観測サイト周辺の広域地下構造調査－微動・自然地震動観測およびGPS観測の実施

〔研究代表者〕岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕吉見 雅行、林田 拓己、竿本 英貴、堀川 晴央、北川 有一、岡村 行信、

飯尾 由子、佐藤 伸枝

(常勤職員5名、他3名)

〔研究内容〕

原子力安全基盤機構(JNES)が実施する新潟工科大学敷地内における深部地震動観測システムプロジェクトの一環として、調査・観測点周辺地域の広域地下構造を詳細に把握することを目的とした研究である、新潟県柏崎市から南魚沼市にかけての東西50km、南北15km程度の範囲に、地震動観測15点、GPS観測31点からなる観測網を構築した。微動・地震動の観測データに地震波干渉法を適用し表面波群速度を予察的に推定した。GPS観測データを周囲のGEONET観測点と同時解析し、当該地域の地殻変動を求めた。また、同範囲の13ヶ所にて最大半径約3km、12点同時観測の長時間の微動アレイ探査を実施し、表面波位相速度を求め、1次元S波速度構造を推定した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕新潟県南部地域、活褶曲、地震動、地震観測、GPS観測、地殻変動、地下構造モデル

〔研究題目〕平成23年度断層セグメント区分及び連動性評価手法の整備に関する調査

〔研究代表者〕近藤 久雄

(活断層・地震研究センター)

〔研究担当者〕近藤 久雄、谷口 薫

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)からの請負研究として、活断層帯から生じる大地震の規模予測をより正確におこなうため、断層セグメント区分及び連動性評価手法の整備に関する調査を実施した。山田断層帯の過去の活動時期を解明するため、ジオスライサー調査を1カ所、トレンチ調査を1カ所、孔数4孔による群列ボーリング調査を実施し、得られた試料の放射性炭素同位体年代測定をおこなって、断層帯の活動時期を推定した。さらに、既往成果を総合して、山田断層帯全域の活動時期および変位量の評価をおこなった。山田断層帯周辺の航空レーザ測量に基づく数値標高モデル、空中写真判読、現地調査、および既存文献資料等を総合して、河谷の屈曲率および変位量の推定方法とその空間分布について再検討をおこない、セグメント区分を実施した。断層セグメント区分および連動性評価手法の整備をおこなうため、既存文献資料について文献調査と整理をおこなった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕活断層、山田断層帯、数値標高モデル、トレンチ調査、ジオスライサー調査

〔研究題目〕サトウキビ廃棄物からのエタノール生産研究(第3年次)

〔研究代表者〕坂西 欣也（バイオマス研究センター）
 〔研究担当者〕遠藤 貴士、矢野 伸一、美濃輪 智朗、
 井上 誠一、李 承桓、井上 宏之、
 藤本 真司（常勤職員7名、他7名）

〔研究内容〕

本件は A371の研究に関わるブラジルへの職員派遣およびブラジルからの研修員招へいを実施するための事業である。

平成23年5月にリオデジャネイロ連邦大学（UFRJ）において、Joint Coordinating Committee が開催され、研究の進捗状況の報告とこれを受けた今後の事業の進め方についての協議を行った。特に UFRJ で予定されている新実験棟の建設とそこでのベンチ規模のエタノール生産実験の準備について、機材の調達を含めた打ち合わせを行った。またサンタカタリーナ連邦大学（UFSC）を訪問して酵母の研究の進捗についての意見交換を行った。平成24年2月に再度 UFRJ を訪問して、実験設備の準備状況を確認するとともに、プロジェクト期間の延長を含む今後の進め方について協議を行い、期間については平成24年12月末までの延長が合意された。また UFSC を訪問して、研究の進捗状況、特に産総研に派遣されていた研究者のその後の進捗について、情報・意見交換を行った。

招へいについては、平成23年12月に UFRJ の Bon 教授、UFSC の Stambuk 教授に産総研バイオマス研究センターに来所いただき、研究者との幅広い意見交換を行ったほか、7名のブラジル研究者（JICA 集団研修による招へい者を含む）がのべ33カ月間バイオマス研究センターに滞在して研究を行い、本プロジェクトの推進に貢献した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕サトウキビ、バガス、エタノール、酵素糖化、エタノール発酵、プロセスシミュレーション

〔研究題目〕非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術

〔研究代表者〕葭村 雄二
 （新燃料自動車技術研究センター）

〔研究担当者〕葭村 雄二、後藤 新一、濱田 秀昭、
 鳥羽 誠、小熊 光晴、村田 和久、
 杉本 義一、西嶋 昭生、望月 剛久、
 堀江 裕吉、佐村 秀夫
 （常勤職員6名、他5名）

〔研究内容〕

本研究では、タイとの国際共同研究の中で、非食糧系バイオマスとして注目されている *Jatropha* 果実の総合利用効率を高めるため、オイル留分からの高品質バイオディーゼル製造技術、並びにオイル抽出残渣の熱分解から得られるバイオオイルの輸送用燃料化技術の開発を行

うと共に、各種バイオ燃料の燃焼特性、エンジン特性、排ガス特性等から新燃料の社会実装に向けた基盤を構築する。更に、タイ国研究者への技術指導等を通し、タイ国研究者の自立に向けた能力開発も併せて推進する。本年度は、前年度に引き続き、タイ国科学技術研究院（TISTR）に設置した1.0ton/day 規模の BDF 製造パイロットプラントの運転研究を実施した。パイロットプラントを用いたジャトロファバイオディーゼル製造では、東アジアサミット推奨品質のバイオディーゼルが得られる定常運転までに低品位のバイオディーゼル（トリグリセリド、ジグリセリド及びモノグリセリド量が規格外）が得られるが、この低品位バイオディーゼルの原料とし、添加メタノール量、KOH 量及び洗浄水量を最適化することにより、東アジアサミット推奨品質を満たすバイオディーゼル製品を製造できた。当該パイロットプラントはタイ洪水により被災したが、被害状況調査及びその後の復旧工事を通し、平成24年度早々に運転を行い、高品質バイオディーゼルの製造する計画を策定した。

同軸スクリー型熱分解炉と流動層型熱分解炉を用いたジャトロファ残渣の熱分解実験から、ゼオライト等触媒存在下の熱分解では、芳香族性炭化水素が製造できることがわかった。バイオオイルの水素化精製の前処理として、バイオオイルの分離・安定化処理を検討した結果、バイオオイルからリグニン由来の非水溶性タール成分を選択的に分離し、粘度上昇を抑え安定化できる前処理法を開発した。

タイ国研究者の人材育成として、日本側から11名（うち産総研8名）の専門家派遣を行い、タイ側研究機関で技術指導を行うとともに、バイオディーゼルの高品質化、急速熱分解によるバイオオイル製造技術に関して8名のタイ側研究者を受け入れ、技術指導を行った。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕非食糧系バイオマス、ジャトロファ、第二世代バイオ燃料、接触熱分解、バイオオイル、改質触媒、コプロセッシング、エンジン適合性、環境適合性

〔研究題目〕筋ジストロフィーおよび関連疾患の診断・治療開発を目指した基盤研究

〔研究代表者〕松田 知栄
 （バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕松田 知栄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

我々は dysferlin の生物学的機能の解明を目的として dysferlin 結合タンパク質を探索し、カベオリン-3とアフィキシンを同定した。カベオリン-3とアフィキシンの骨格筋細胞膜修復における生物学的役割を検討する。

研究計画：

dysferlin 結合タンパク質に GFP または RFP を付加

した培養細胞用プラスミド10-20・gを野生型マウスの足底筋に注射し、エレクトロポレーション法で遺伝子導入を行う。7-10日後、マウスより足底筋を単離し、コラゲナーゼIで処理することにより単一の筋線維を得る。導入した遺伝子の発現している筋線維の細胞膜を2光子レーザーで損傷し、修復過程を共焦点レーザー顕微鏡を用いてリアルタイムで観察する。

年度進捗状況：

野生型マウス筋線維の細胞膜損傷時に、カベオリン-3の顕著な動きは見られなかったが、アフィキシンは膜損傷部への凝集が確認された。この結果からアフィキシンは骨格筋細胞膜の修復に関与していることが示唆される。現在、*dysferlin* 遺伝子に変異を持ち、筋ジストロフィー様症状を呈する S/JL マウス、A/J マウスにおける骨格筋細胞膜損傷時のアフィキシンの動態を検討中である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 筋ジストロフィー、細胞膜修復

〔研究題目〕 乳幼児用ベッドからの転落事故防止対策に資するデータ収集

〔研究代表者〕 西田 佳史（デジタルヒューマン工学研究センター）

〔研究担当者〕 山中 龍宏、西田 佳史、北村 光司（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、(独) 製品評価技術基盤機構が設置した平成23年度福祉及び乳幼児用製品の事故防止対策等検討委員会乳幼児用ベッド技術基準見直し作業分科会（以下、「分科会」という。）で検討することとなった技術基準の見直し内容について、妥当性や効果の根拠となるデータを収集することにある。本研究で行った調査内容は以下のとおりである。

(1) 乳幼児による乳幼児用ベッド枠からの静的転落に関するデータ

既存データを利用して、以下の項目に関して調査を行った。1) つかまり立ちできない乳幼児が一人座りしたりハイハイしたりした時に転落しない高さ、2) つかまり立ちできる乳幼児が受動的に転落しない枠の高さ。

検討に際しては、乳幼児の身体重心に関するデータとして、消費者庁が平成22年度に実施した「小児転倒・転落事故防止のための安全性に関する調査」で収集したデータから19名のデータとミシガン大学が1975年に収集したデータから身長データ344名と重心位置データ116名を用いた。一人座り、つかまり立ちのいずれも、月齢別コンピュータモデルを用いたシミュレーションで行った。ハイハイする乳幼児については被験者実験で調査を行った。

(2) 乳幼児の枠の乗り越え可能高さに関するデータ

生後6月から36月の乳幼児43名を対象に、以下の項

目に関して被験者実験を行った。1) ハイハイのできる乳幼児が乗り越えられる段差の高さ、2) 乳幼児が能動的に乗り越えられる枠の高さ。

(3) 足がかりとなりうる構造物に関するデータ

(2) 乳幼児の枠の乗り越え可能高さ実験で高さ60cmの枠を乗り越えられなかった生後13月から33月までの乳幼児16人を対象に角度0.45、75°について各々厚さ10、15、20、25mmが足がかりとなり得るかのデータを収集した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 傷害予防、転倒・転落、ベビーベッド、製品安全、シミュレーション

〔研究題目〕 平成23年度貿易投資円滑化支援事業（実証事業・鉱物資源案件）における技術改良試験に関する委託

〔研究代表者〕 田尾 博明（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 幹也、脇坂 昭弘、中里 哲也、田崎 友衣子（環境管理技術研究部門）、苑田 晃成、横田 洋二（健康工学研究部門）、多井 豊、大橋 文彦（サステナブルマテリアル研究部門）（常勤職員9名、他10名）

〔研究内容〕

我が国が保有するリチウム回収技術をボリビア・ウユニ塩湖かん水からのリチウム回収事業に適用し、将来の事業化の際の最適プロセスを見いだすために、かん水の分析、吸着剤・吸着方法の改良・高度化試験、吸着法によるリチウム回収技術の現場適用化試験を行い、以下の知見を得た。かん水組成分析については $10^{-5} \sim 10^5 \text{mg L}^{-1}$ の広範囲の濃度で存在するかん水溶存態・粒子態の25および23成分の濃度を決定した。かん水の溶存態リチウムは約1,500~1,600 mg L^{-1} で、過去の採水試料より高濃度であった。吸着剤の改良・高度化については、Li-1.33型吸着剤とLi-1.6型吸着剤についてウユニ塩湖かん水からのリチウム吸脱着性を比較検討し、リチウム吸着性能、繰り返し安定性とも良好であり両吸着剤ともウユニ塩湖かん水に対して使用可能であることを見いだした。吸着方法の改良については、粉末吸着剤の吸着速度、沈降速度等を検討し、粉末吸着剤を成形せずに直接利用する沈降分離式吸着プロセスを提案した。吸着法によるリチウム回収技術の現場適用試験に関しては、リチウム脱着液に含まれる酸を回収し再利用することを目指し拡散透析法によるリチウムと酸の分離試験を行った。陰イオン交換膜が酸とリチウムの分離性に優れることを見いだした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リチウム、資源回収、吸着分離

〔研究題目〕 かん水の分析に基づく南関東ガス田の地下微生物の分布及びメタン生成速度の評価

〔研究代表者〕 坂田 将（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 吉岡 秀佳、片山 泰樹、坂田 将、棚橋 学、竹内 美緒、眞弓 大介（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

地下微生物を利用した未利用資源からのガスエネルギー技術開発のための基盤情報として、南関東ガス田における真正細菌・古細菌の分布、及び、メタン生成活性評価を行った。（株）関東天然瓦斯開発との共同研究のもと、計10カ所のガス生産井からかん水を採取し、分析を行った。いずれの試料も炭酸還元によるメタン生成が主要な経路であり、これは各試料に検出されたメタン生成菌が水素資化性であったことと整合した。メタン生成古細菌の相対存在量とメタン生成速度に相関は認められなかった。ここ数年内に掘削された新しい抗井では、好気的な細菌が検出され、掘削時に混入した酸素の影響と考えられた。人為的な活動は地下微生物叢に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

来年度は、本年度の結果を踏まえ選定した新たな生産井10カ所程度からさらに分析を行う。メタン生成活性に関連する地化学的・微生物生態学的要因を引き続き探つてゆくとともに、ガス増産技術開発のためのサイトを選定する予定である。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 水溶性天然ガス田、メタン生成古細菌、嫌氣的メタン酸化、遺伝子解析

〔研究題目〕 レアメタル資源国共同開発

〔研究代表者〕 高木 哲一（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 高木 哲一、渡辺 寧、実松 健造、星野 美保子、昆 慶明、森本 和也、申 基澈、大竹 翼、森本 慎一郎、佐藤 大介、中江 訓、原 英俊（常勤職員8名、他4名）

〔研究内容〕

本事業は、1) レアメタルに関する資源評価・研修体制を国内に構築するための、鉱石の分析設備および初期的選鉱設備導入・整備、2) 有望レアアース鉱床の資源ポテンシャル評価および3) 海外レアアース資源情報の収集・整備の3項目を目的とし、地圏資源環境研究部門を中心に、つくばイノベーションアリーナ、地質情報研究部門の協力により実施された。

1) では、レアメタル分析設備としてフィールドエミッション型電子線プローブマイクロアナライザーなどを導入し、試験的な運用を開始した。選鉱設備としては、磁力選鉱器（3種類）などを導入した。選鉱試験において、レアアース鉱石中に含まれるトリウムなどの放射性物質

を管理するために、実験室を野外機器倉庫内に新設し、集塵機および屋外地下に大型泥水トラップ2基を設置した。11月には、先端的選鉱実験施設を保有するフィンランド地質調査所を訪問し、実験・研究施設や野外コア倉庫などの施設を視察すると共に、平成24年以降の共同研究・技術交流について協議した。

2) では、6月および10月にブラジルにて、JOGMEC・民間企業と共同でレアアース鉱床のポテンシャル評価を実施した。8月には、米国地質調査所との共同研究としてアラスカ州 Bokan Mountain 希土類鉱床の現地調査を実施した。8～9月には、モンゴル鉱物資源管理庁（MRAM）および JOGMEC との共同研究として、モンゴル西部ハルザンブルゲド地域のレアアース鉱床の現地調査を実施した。12月には、タイ中部スコタイ・ランパン・チェンマイ地域に分布する付加帯および花崗岩類を詳細に調査し、レアメタル鉱床探査の基礎となる地質構造データを収集した。2月には、南アフリカ共和国地質調査所にて、研究協力協定に基づく過去5年間の共同研究を総括したミニシンポジウムを開催した。

3) は、レアアースを使用した最終製品に至るまでのマテリアルフローを解析するための基礎情報を、企業へのヒアリング調査、各種公開情報・統計資料などを元に総合的に収集・解析した。日本国内では特に磁性材料、蛍光材料を中心にデータを収集した。また、2030年までのレアアースに関する需要予測を、各用途別に集計した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 レアアース、化学分析、選鉱実験、モンゴル、米国、南アフリカ、マテリアルフロー

〔研究題目〕 新規取得試料の微生物学的分析

〔研究代表者〕 坂田 将（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 吉岡 秀佳、片山 泰樹、坂田 将、棚橋 学、竹内 美緒、眞弓 大介（常勤職員5名、他1名）

〔研究内容〕

メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム（MH21）の研究の一部として、東部南海トラフ海底堆積物中の微生物のメタン生成酸化活性と群集構造を調べることにより、微生物のメタン生成能力を評価し、メタンハイドレートの集積メカニズムの解明に貢献する。

本年度は、前年度に行われた東部南海トラフにおけるボーリング調査において採取されたコア堆積物試料について、¹⁴C-トレーサーを用いた培養実験によって酢酸分解経路と炭素還元経路によるメタン生成速度を評価した。その結果、主なメタン生成経路は、炭酸還元経路であり、表層よりも深い深度の泥層堆積物で高いメタン生成速度が検出された。水素や酢酸、メタノール等の基質を添加した培養実験においてメタンが生成され、多様なメタン生成菌が分布していることが推察された。同じく

採取された堆積物について、16S rRNA 遺伝子を用いた微生物の群集解析を行った。その結果、バクテリアやアーキアのバイオマス量は深度に比例して減少し、アーキア群集構造は、岩相や SMI 深度と関連していることが分かった。微生物のメタン生成活性は、メタン生成菌の相対量と関連しているように見えた。

来年度は、同じ東部南海トラフにおいて、さらに深い深度の掘削調査が計画されており、本年と同様な研究を行うことにより、MH 形成における地下微生物の寄与を評価する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】海洋ガスハイドレート、遺伝子解析、古細菌、メタン生成菌、メタン生成活性

【研究題目】平成23年度海洋鉱物資源調査に係る広域ポテンシャル解析業務

【研究代表者】岸本 清行（地質情報研究部門）

【研究担当者】岸本 清行、石塚 治、下田 玄、棚橋 学、針金 由美子、西村 昭、湯浅 真人、李 相均、石原 文実、飯笹 幸吉（常勤職員5名、他10名）

【研究内容】

本受託研究は、事業名「平成23年度海洋鉱物資源調査に係る広域ポテンシャル解析等業務」として、日本周辺における大陸棚延長の可能性のある海域において、潜在的な熱水活動域を把握する事を目標とし、既知海底熱水鉱床の周辺域における潜在的資源量評価にも資することを目的として実施した。当該年度は以下の内容で実施した。

(1) 岩石試料等の分析及び解釈等によるポテンシャル評価概要

(1-1) 化学的手法によるポテンシャル評価

熱水活動域の探査法の1つに採取試料からの重鉱物分離がある。この方法は、熱水調査の必須の過程であるが、「多大な労力と時間が必要」、「作業に熟練を要する」等の難点もある。そこで、重鉱物分離を行う試料にスクリーニングによる選別で優先順位をつけ、作業を効率的に行うことを検討した。その結果、硫化鉱物含有層（重鉱物分離）と良い一致をみせた元素は、銀とタリウムであった。これらの元素は硫黄との親和性が有るので、硫化鉱物の溶解を反映していると考えて良いであろう。今後さらに、鉄、亜鉛、銅、鉛等の元素も併せて熱水活動域の探査に有効な指標になり得るのか検証し、指標になり得る元素の特定を進めていく予定である。

(1-2) 岩石学的手法による広域資源ポテンシャルの評価

伊豆小笠原地域、沖縄トラフ地域及びその周辺部を含めたフィリピン海地域の島弧-背弧系及び海盆内での火山形成発達史、マグマ組成の時空変遷、構造発達

史のフレームワークを確立し、その中で鉱化作用が起きている、あるいは過去に起きていた可能性の高い場所を特定し、資源ポテンシャルが高く有望な地域を選定すべく以下の海域の試料を分析した。1) 伊豆小笠原弧中部-南部の特に背弧域（北硫黄島南方の海域、七曜海山列周辺のリフト帯）におけるドレッジによる岩石試料、2) 水曜海山とその西に存在するカルデラ様地形（水曜西カルデラ）、さらにその2つの火山体の間に分布する火山列における潜水船による採取試料、3) 沖縄トラフ北部（北緯28度以北）および中部海域からの、合計12 地点のドレッジによる岩石試料、4) フィリピン海でもっとも古い部分の一つで拡大様式、時期ともはっきりせず既存データがほとんどない海域である、西フィリピン海盆南部及びパラオ海盆からの岩石試料を分析し、いくつかの海域において熱水活動存在のポテンシャルを示唆する（今後精査のターゲットとすべき）結果を得た。

(1-3) 小笠原火山弧中軸部の水曜凹地において採取された堆積物中の熱水起源重鉱物による評価

今年度は、小笠原火山弧中軸部の水曜凹地において採取された堆積物中の硫化鉱物を中心とした熱水起源重鉱物の分析・解釈を行った。本研究で得られた柱状堆積物試料は海底面からの深さが2m であり、その構成物は主に軽石や火山灰、スコリアであった。これらの火山砕屑物層から分離した重鉱物には閃亜鉛鉱、黄銅鉱、黄鉄鉱、白鉄鉱の硫化鉱物と重晶石が多く含まれていた。これら硫化鉱物や重晶石の形態や産状等を考慮すると、水曜凹地海域は熱水活動域である可能性が高いことが示唆された。

(1-4) 有機炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を用いた新たな海底熱水鉱床探査法としての可能性について

海底熱水鉱床の商業的開発に大きな課題となりうる、希少な熱水生態系の生物の保護問題を回避、低減する一つの案として、現在はその熱水噴出活動を停止している海底熱水鉱床の探査・評価がある。海底堆積物の有機炭素安定同位体組成の情報から海底熱水活動に関する履歴の証拠を抽出できれば、熱水活動を停止した鉱床の探査手法として使える可能性がある。これが確立できれば、重鉱物や硫化鉱物の追跡から海底熱水鉱床を探査する既存の方法を補完するひとつとなる。今年度の研究からは、海底堆積物中の有機炭素安定同位体法は既存の堆積物中の重鉱物を調べる探査手法の補完手法としての可能性は非常に高いことが示唆される結果が得られたが、この同位体法が熱水活動に対するより明確な指標とするためには、堆積物試料のバルクの有機炭素分析ではなく、特定の有機化合物質に絞った分析を検討すべきであることなど、その改良すべき点も多いことが分かった。

(1-5) 水曜凹地の海底重力調査：熱水鉱床構造評価への応用について

熱水活動の兆候が見つかっている水曜海山南西側の水曜凹地を調査海域とし、海底重力計の深海での熱水鉱床調査への応用の可能性の検討、そして水曜凹地の地下構造の把握を主な目的とした。今回の調査で、この海底重力計と同様な重力計を使えば、0.1mGalの精度で海底での重力値が得られることがわかった。これは、熱水鉱床の密度異常に起因する重力異常を検出するのに十分な精度であり、測定点の間隔を密にした海底での調査を実施することができれば、熱水鉱床の範囲、厚さ等についての情報を得る有力な武器となる可能性をもっていることを示した。今後は効率よく調査を実施することが課題である。ROV等を利用した効率的な測定方法に開発すれば非常に有用な方法であると考えられる。

(2) データの三次元可視化

当該海域における物理探査データ、基盤岩等の地質データの編集・加工を実施し、三次元可視化システムに導入するとともに、既存のデータと統合することで、当該地域の地質構造の理解・解釈が容易になった。

(3) その他

① 技術者の派遣等

内外の学会、国際機関等に専門家を派遣し、最新の情報収集と動向調査を行った。また、我が国の大陸棚延長に関する申請書の審査促進に寄与した。

② データ総合解析及び解釈

総合データの解析及び解釈に基づき、資源探査手法の高度化及び資源ポテンシャルの評価の提案を行った。

【分野名】地質

【キーワード】レーザー、重力、音波探査、九州・パラオ海嶺、伊豆・小笠原弧、玄武岩、島弧、海嶺、火山、マグマ、四国海盆、年代、同位体、三次元可視化

【研究題目】平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー

【研究代表者】白井 誠之（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】白井 誠之、佐藤 修、日吉 範人、山口 有朋、（常勤職員4名）

【研究内容】

本研究は、バイオマスの構成成分を部分酸化し工業的に有用な化学物質に変換する触媒開発を行うものである。平成23年度は新規なコバルト触媒を2種開発した。開発した触媒の活性を評価すると共に、コバルトの担持構造を窒素吸着法、TG-DTA、XPS、EXAFS等により決定した。層状粘土鉱物であるモンモリロナイト層間にコバルトサレン錯体を挿入したコバルト含有モンモリロナイト（CoP-Mont）触媒を調製した。コバルト原子の粘土層間での担持構造を窒素吸着法、TG-DTA、XPS、EXAFS等により調べた。CoP-Mont触媒では前駆体で

あるサレン骨格が層間内に維持され、コバルト原子が粘土層間に八面体構造（コバルト原子が粘土骨格の酸素2原子、サレン環の窒素2原子と酸素2原子の計6原子に囲まれた構造）で担持されていることを明らかにした。

CoP-Montについてp-クレゾールのエタノール溶媒による液相酸化反応を調べた。比較のために、コバルトサレン錯体自身及びモンモリロナイト表面にコバルトサレン錯体を担持した触媒についても酸化活性・選択性を評価した。比較した触媒の中でCoP-Mont触媒が最も良い反応成績を示し、80%の収率でp-ヒドロキシベンジルアルコール及びp-ヒドロキシベンズアルデヒドを得た。CoP-Mont触媒では、コバルトサレン錯体が層間に原子状に高分散していることが高収率を示しているものと結論した。スピネル構造を有するナノサイズの酸化コバルトにアルミニウム及び亜鉛をドーブした触媒を調製した。開発触媒はバニルアルコール酸化反応においてバニルアルコールを収率70%で、ベラトリルアルコールの酸化反応においてベラトリルアルコールを収率82%で合成できることを明らかにした。EXAFS、XPSによりアルミニウム及び亜鉛が同型置換していることが高収率の要因であるものと結論した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、多孔体、触媒

【研究題目】単一構造SWCNTを用いた光子および電子の超高速スイッチング

【研究代表者】片浦 弘道（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】片浦 弘道、田中 丈士、藤井 俊治郎（常勤職員3名）

【研究内容】

単層カーボンナノチューブ（Single-Wall Carbon Nanotube: SWCNT）は、グラフェンと同様に超高速電子スイッチングデバイスへの応用が期待されている。一方、光吸収には非線形光学効果の一種である「可飽和吸収」が観測され、これを応用した超高速光スイッチング素子への応用が期待されている。本共同研究では、日本のSWCNT構造分離技術とロシアの無欠陥SWCNT分散技術を組み合わせる事により、日本側は高速スイッチング電子デバイスを、ロシア側は高速光スイッチング素子応用に向けた基盤技術開発を目的とする。

日本側は、高速スイッチング電子デバイスを目指し、本年度はまず従来の分散法で得た(6,5)型の単一構造SWCNTを用いて、トランジスタの試作を行った。その結果、バンドギャップが広くかつ均一で良好な材料である事が確認されたが、SWCNTと電極間のコンタクトおよび欠陥の導入の問題が示唆された。そこで、計画に従いロシア科学アカデミーを訪問し、情報交換・議論を行った後、独自の低欠陥分散技術の開発をすすめ、欠陥導入の極めて少ない新たな分散法の開発に成功した。電極とのコンタクトの問題は、SWCNTの直径を若干

太くする事により解決できる事から、ロシア側とも協議し、日本・ロシア双方とも、今後は(6,5)型よりも若干太い単一構造 SWCNT を使用してデバイス開発を行う事とした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、分離精製、トランジスタ、レーザー

【研究題目】 平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー

【研究代表者】 ワダワ・レヌー

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 ワダワ・レヌー、カウル・スニル

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

アシワガンダは、アーユルヴェーダであらゆる病気に用いられる常緑灌木であり、葉や根に含まれるウィザフェリン A、ウィザノン、ウィザフェリン D などのウィザノライドと呼ばれる特殊なステロイドラクトンが、抗がん活性、抗炎症と抗酸化特性に関与することが明らかになってきた。当研究室では、ウィザフェリン A が細胞毒性を持ち、ウィザノンが抗がん且つ抗老化活性を持つという実験的証拠を報告した。しかし、実際の作用経路に関して未解決であるため、二種のウィザノライドの構造解析による抗がん及び抗老化活性の分子機序解明をインド IISc と共同で開始した。

ウィザフェリン A とウィザノンをモータリンと結合させ p53を活性化させたところ、腫瘍細胞においてアポトーシス誘導が見られた。その活性を検証するために、ウィザフェリン A とウィザノンを結晶化し、結晶構造解析を行った。構造が解明したウィザノライドと機能喪失スクリーニングにより特定した4つの標的タンパク質との分子ドッキング解析、さらに培養細胞による検証を行った。ウィザフェリン A は結合効率が高く、標的遺伝子の重要なアミノ酸残基と相互作用する一方、ウィザノンはウィザフェリン A に比べ弱い結合効率を示し、標的遺伝子の僅かなアミノ酸残基とのみ相互作用することが分かった。ウィザフェリン A は、正常細胞とガン細胞において、少量で老化や成長停止を引き起こし、高用量でアポトーシスを誘導した。ウィザノンは同量の投与でガン細胞に対し細胞毒性を示し、正常細胞に対して影響を与えなかった。本研究で示された分子反応やシグナリングの選択的活性化は、近似した二つの植物化学物質の特異的作用の根拠となると考える。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アシワガンダ、抗がん、バイオインフォマティクス、分子機序

【研究題目】 大脳皮質への神経活動入力による機能回復促進

【研究代表者】 熊田 孝恒 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 熊田 孝恒 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、認知神経科学分野における心理学的な研究の動向を文献調査した。まず、代表的な認知神経科学の書籍に取り上げられている項目(章立て)や内容を調査した。その結果、例えば、The Cognitive Neuroscience (Gazzaniga 編)の第1版(1997)と第4版(2009)を比較したところ、章立ての基本は変わっていないが、第4版では「社会」に関連した部分が増えていることがわかった。この12年の間に Social (社会)をテーマにした神経科学の分野が拡大してきていることと呼応する。次に、神経科学分野の代表的な国際誌である Journal of Neuroscience を取り上げ、関連する Behavioral/Systems/Cognitive section を対象とし、2000年~2001年と2011年~2012年(2月まで)の論文の内容を比較した。全体の論文数は、2000年が361編、2001年が383編であるのに対して、2011年は769編とほぼ倍増した。研究対象をみると、2000~2001年ではラットがもっとも多かったが、2011~2012年ではヒトを対象とした研究が最も多い。ヒトを対象とした研究のうち、代表的な非侵襲計測手法である MRI を用いたものは、2000~2001年では29%に過ぎないが、2011~2012年では52%に増加した。また、研究テーマでは、この10年間で注意と意思決定の研究の増加がめだつ。意思決定などは、MRI 装置以外の方法ではヒトの脳機能を調べることは難しい。ゆえに、装置の普及がヒトを対象とした論文数の増加や研究テーマの多様性の理由であろうと考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 脳神経科学、心理学

【研究題目】 始原生殖細胞を用いたニワトリ遺伝子導入の研究

【研究代表者】 大石 勲 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 大石 勲、吉井 京子、小島 正己
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

目標:

ニワトリ遺伝子組換えはニワトリの品種改良やバイオリアクター化などの可能性から農芸化学、食品化学、薬学、工学等の幅広い分野に応用性を有している。また、発生物学のような基礎科学の分野にも大きな影響を及ぼしうる。本研究ではニワトリの始原生殖細胞を株化、培養し遺伝子改変を加えニワトリ生殖細胞に分化させようとする研究である。ニワトリには生殖系列に分化する ES 細胞は存在しておらず、培養可能な細胞として始原生殖細胞が報告されているが、培養や遺伝子の改変は技術的に大きな困難を伴う事が知られている。一方、大型

の遺伝子導入や相同組換えによる遺伝子改変など培養細胞株が必須な場合があるため、本研究ではニワトリ始原生殖細胞を用いた遺伝子改変技術の開発を試みる。

研究計画：

ニワトリ初期胚血液より始原生殖細胞を単離し、未分化状態を維持しながら培養を行い、遺伝子改変のニワトリ生体内での生殖系列分化を試みる。

研究進捗状況：

これまでに外部の共同研究者と樹立したニワトリ始原生殖細胞株を培養し、高効率に大型遺伝子を安定導入する技術を開発した。50%、25%、12.5%のパーコール密度勾配を用いて始原生殖細胞株を遠心分離し、50%、25%の界面に集まる細胞に対してエレクトロポレーション法により遺伝子導入を行うと大型の遺伝子であっても高効率に遺伝子導入可能である事を見出した。これは一過性の導入であっても安定的な導入であっても同じような傾向を示し、密度勾配遠心の有用性が示唆された。更に本法を用いて樹立された遺伝子導入始原生殖細胞株がニワトリ個体の精細管内で精原細胞に分化することを明らかにし、生殖系列に分化する可能性を示した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

【研究題目】タイにおけるバイオプラスチック製造基盤確立に向けた若手研究者育成のための共同研究

【研究代表者】相羽 誠一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】相羽 誠一、平栗 洋一、国岡 正雄、田口 和宏、船橋 正弘、大石 晃広、山野 尚子、安藤 尚功、川崎 典起、石川 一彦、井上 宏之
（常勤職員11名）

【研究内容】

将来、石油に替わるバイオマスからの化学品製造が急速にのびることが予想され、アジアの資源をアジアの人々によって有効活用していくことが望まれる。特にタイはサトウキビのバガスとモラセス、キャッサバパルプなどの農産廃棄物系のバイオマスが豊富であり、日本のバイオプラスチック製造技術ポテンシャルを有効利用することによるアジア域内での循環型社会構築にとって最適の環境を有している。そこで、バイオプラスチック製造のための基盤技術に焦点を絞り、日本の研究機関との共同研究のもとでタイの若手研究者を育成し、ネットワークを構築することを目標とした。

バイオプラスチック製造に関して、バイオマスの前処理と糖化、モノマー製造、重合、並びに改質の分野で共同研究を行った。キャッサバパルプの前処理として熱水処理とウォータージェットを用い、酵素で糖化した場合、未処理に比較してかなりの糖化性の向上が認められた。

微生物の回収を容易にするため、固定化微生物を用い

て各種グルタミン酸誘導体を γ -アミノ酪酸に変換する発酵条件を検討した。また、微生物が産生するポリ3-ヒドロキシ酪酸の用途展開を図るため、ポリ3-ヒドロキシ酪酸からの3-ヒドロキシ酪酸ブチルエステルの製造と精製を検討した。

ポリ乳酸の改質のために芳香族系モノマーやポリアミド系モノマーとの共重合を検討するとともに、ポリ乳酸と植物繊維などのフィラーからなる複合材料を調製するためのバイオベース添加剤の検討も行った。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】バイオマス、バイオリファイナリー、バイオプラスチック、バイオベース複合材料、ポリ乳酸、前処理、糖化、発酵、重合

【研究題目】平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー／ナノ構造酸化物熱電材料の新たなコンセプト

【研究代表者】杵鞭 義明

（先進製造プロセス研究部門）

【研究担当者】杵鞭 義明、申 ウソク、三上 祐史
（サステナブルマテリアル研究部門）
（常勤職員3名）

【研究内容】

熱エネルギーを電気エネルギーに直接変換をする「熱電変換」は未利用の廃熱からのエネルギー回収手段として注目されている。その実用化に際しては、環境負荷の低い「身近な元素」で構成される「高出力」な材料の開発が必要とされており、「ナノ構造の導入による高出力化」が有望なアプローチであると考えられている。このような背景をもとに、「ナノ構造酸化物熱電材料の新たなコンセプト」と題し、日本-フランスの二国間事業として11月9日、10日と二日間にわたりセミナーを開催した。セミナーでは

Session 1) Design of TE materials through nanostructuring

Session 2) Approaches of material processing

Session 3) New structures and compounds: chemistry and physical properties

Session 4) Module technology towards practical applications

といった話題に焦点を絞り、「理論的背景」、「材料プロセスの進展」、「ナノ構造を内包する新規結晶の物性」、「熱電発電応用」といった各分野の最新の情報を共有、討論し、それぞれの理論・技術・アプローチの有効性およびその課題を参加者で認識するとともに、将来的な可能性を議論、熱電変換技術の新たな取り組みにつながる有意義な意見交換を行った。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】熱電変換、ナノ構造、半導体

〔研究題目〕平成23年度二国間交流事業共同研究・セミナー

〔研究代表者〕石塚 治（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕石塚 治、下司 信夫（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究はマグマが地殻内を長距離移動する際、移動するマグマとその周囲の岩石にどのようなプロセスが、どのような条件下で作用するのかを解明することを最大の目的とする。このため、過去のマグマ移動の記録が地表に露出するスコットランド西部地域で、Mull 島から南東方向に300km 以上にわたって伸びるダイク（岩脈）システムについて地質調査及び試料採取を実施した。試料採取は、古地磁気測定を行うため、エンジンドリルを使用した定方位試料採取を中心に行った。Mull 島のマグマシステムの中心部から、系統的に距離を変えながら試料採取を行うことをねらい、中心から約100km 離れた地域まで概ね予定通り行うことができた。調査中計131本の岩脈を記載、貫入方向、厚さ等のデータ取得を行うとともに、試料採取を行った。帰国後室内実験を実施している。現時点で以下のようなマグマ移動プロセスの解明を行う上で重要なデータが得られた。1) 調査地域で長距離移動したマグマは玄武岩マグマが主体であるが、中にはかなり分化した安山岩-デイサイト組成のものも含まれ、特に遠方で分化したマグマが多く認められる。2) 化学組成および岩石学的特徴の違いと、露頭での岩脈の交差関係から、マグマ移動イベントのステージを認識できる可能性がある。3) 帯磁率異方性及び結晶配列のデータから、マグマの移動方向は、マグマシステム中心部では概ね垂直成分が大きいのに対し、離れるに従って水平成分が大きくなる傾向がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕マグマ、ダイク、長距離移動、Mull 島

〔研究題目〕稲わら水熱・酵素糖化・エタノール発酵基盤技術の研究開発

〔研究代表者〕美濃輪 智朗

（バイオマス研究センター）

〔研究担当者〕坂西 欣也、矢野 伸一、滝村 修、井上 宏之、松鹿 昭則、塚原 建一郎、藤井 達也、遠藤 貴士、井上 誠一、美濃輪 智朗、藤本 真司

（常勤職員11名、他8名）

〔研究内容〕

環境負荷が低く経済的で効率の高い、稲わらからのバイオエタノール製造技術の確立を研究目的として、稲わらからのバイオエタノール製造原価100円/L 以下を達成する技術の開発を目標とする。

スケールを拡大した開発として、2L ジャーファーマンタと70L 培養タンクを用いた酵素オンサイト生産試験を行い、両者で同等の酵素生産性を得た。35倍のスケ-

ルアップを達成した。また2,000L 発酵タンクを用いたバイオエタノール発酵試験を行い、C5C6糖同時発酵を確認した。

一貫システム開発として、前処理（水熱処理）-酵素生産（湿式ディスクミル処理稲わら~酵素生産）-糖化の一連の工程を連結した試験を行い、市販酵素（明治製菓製アクレモザイム）と比べて同等以上の酵素糖化性能を得た。

ヘミセルラーゼのオンサイト生産に向けて、稲わらのヘミセルロースを効率的に分解するヘミセルラーゼ生産糸状菌 KIF125株を選抜し、培養条件の検討を行った。

経済性評価について、稲わら自身を炭素源とした酵素オンサイト生産を組み込んだプロセスフローを構築して経済性シミュレータを製作した。これを用いて感度解析を行い、原料費の削減のための酵素生産性の向上や減価却費の削減のための高濃度化などの今後の開発課題を抽出した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕バイオマス、バイオエタノール、稲わら、メカノケミカル、微粉砕、酵素糖化、エタノール発酵、プロセスシミュレーション、経済性評価

〔研究題目〕畜産物における病原微生物のリスク低減技術の開発

〔研究代表者〕藤原 正浩

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕藤原 正浩（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

畜産物における病原微生物、鶏肉においてはカンピロバクター等のリスクを低減する技術が求められている。それら菌類から家畜類を守る際、薬剤等を無為に投与することなく、薬剤の有効性維持、家畜の副作用や排出された薬剤による環境や生態系等への影響の低減を実現するため、薬物等を必要量、適切な部位（家畜体内および臓器等）へ選択的に運搬（デリバリー）する必要がある。さらに、菌類によるリスク軽減には、薬剤の投与方法が簡便であることも重要な要素である。従来の薬剤投与の多くは、注射等による直接的な方法が多く、煩雑で負担の大きな操作が必要であった。また、エサ等に漫然と混入させる方法では、家畜が摂取する量が少なく、多量に薬剤を使用しなくてはならなくなるため、薬剤のコストが上がる、あるいは環境中への薬剤の拡散という問題も想定させる。

本研究では、畜産物、特に鶏肉類の病原微生物のリスク低減のため、独自に開発した炭酸カルシウム等の無機マイクロカプセル等へ病原微生物に対し高活性な薬剤を封入しエサ等に混入するという簡便な方法で、当該薬剤を家畜体内の必要とする部位（臓器）等に選択的に運搬・放出できるドラッグデリバリー技術を開発する。炭

酸カルシウムは鶏卵殻の主成分であり、カプセル素材による鶏肉の汚染はない。平成23年度では、産業技術総合研究所が独自に開発した、温和な条件下での炭酸カルシウムへの物質内包法を抗体内包化に適応し、その結果、用いた抗体の活性が保持されたまま封入できることを見いだした。このことは、鶏のエサに抗体内包炭酸カルシウムを混入して鶏の病原微生物リスクを低減できる方法を可能にすると考えられる。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 食の安全、ドラッグデリバリーシステム、マイクロカプセル、畜産物

〔研究題目〕 平成23年度新農業展開ゲノムプロジェクト（人為的変異を利用したイネ実験系統群の作出）

〔研究代表者〕 高木 優（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 高木 優、光田 展隆、藤原 すみれ、石塚 徹、瀧口 裕子（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

産総研において、イネ転写因子の機能を抑制するキメラリプレッサー発現イネ系統（イネ CRES-T ライン）を網羅的に作出し、農業上有用な形質やバイオ燃料生産に適した形質をもつ組換えイネ系統を開発し、(株)グリーンソニアでは、特にイネ転写因子キメラリプレッサー発現系統から細胞壁成分を分析することによりリグニン含量の変化した個体や糖化率の高い有用形質含有植物体を探索した。作成したキメラリプレッサー発現コンストラクトを農業生物資源研究所市川グループにおいてイネに形質転換をおこない、個々のキメラリプレッサー発現形質転換イネの作成をおこなった。グリーンソニアでは確立した分析系を用いてイネ形質転換体の糖化率を個別に測定する。加えて、分析結果と表現型などのデータを比較検討する事によりバイオエネルギー植物としての有効性の評価をおこなった。その結果、様々な部位や時期に、多様な異常を有する系統が見出された。半矮性や疑似病斑イネ系統等に加え、カルスの緑化後シュートの形態異常を示す系統や、巻き葉かつ細葉のイネ等を見出した。また、本課題における各種 TF-OR イネ系統の、全生育期間の表現型データを網羅的に収集することは、TF 過剰発現 (TF-OX) イネ系統および CRES-T 法を用いたシロイヌナズナとの生育比較が可能になり、また、TF-OR と TF-OX の表現型は原則的に相補関係になり、イネとシロイヌナズナとは何らかの相関関係のある系統が現れることが期待され、転写因子の機能解明の包括的な研究に役立つものと考えられる。(株)グリーンソニアでは、これまでイネ転写因子21ファミリー、326系統の TF-OR 形質転換イネ系統について、リグニン含有量ならびに糖化性の分析を行った。その結果、糖化率が55%以上に向上した（対照イネは約42%）TF-OR 形質

転換イネが bZIP、GARP ファミリーに属する3系統を同定した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 イネ、転写因子、キメラリプレッサー、表現型解析

〔研究題目〕 天然鉱物等の無機材料を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術等の開発—層状複水酸化物を用いた新規複合吸着剤の開発—

〔研究代表者〕 日比野 俊行（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 日比野 俊行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

福島第1原発の事故において、各種の放射性物質が環境中に放出された。本検討は、平成23年度科学技術戦略推進費事業「天然鉱物等の無機材料を利用した環境からの放射性物質回収・除去技術等の開発」の中でサブテーマとして委託された受託研究である。放射性物質の除染対策においては、様々な状況を想定し、バックアップ的な対策を含めた幅広い対策を採っておくことは重要である。放射性セシウムは、主として除染が必要な対象物質であるが、存在しうる陰イオン性の放射性物質も同時に除去できる方策を立てておくことは必要な対策技術の1つである。本検討では、放射性セシウムのほか、陰イオン性放射性物質の混入にも対応することを目的に、陽イオン及び陰イオン両用の新規吸着剤の開発を行った。すなわち、本検討では、陽イオン交換体であるゼオライトと陰イオン交換体である層状複水酸化物 (LDH) を複合することを行った。ゼオライト粉末を、LDH がナノプレートの形態で分散したコロイド溶液に投入し、懸濁状態を保ちながら分散媒である水を蒸発させることによって複合体である新規吸着剤を作製した。この操作により、LDH をゼオライト粒子表面に付着させ、ゼオライト粒子を LDH で被覆した複合体を作製することができた。該複合体は、ヨウ化物イオン及びヨウ素酸イオンを一定のレベルで吸着し、セシウムイオンも吸着した。担体である Na 型ゼオライトの影響で、陰イオンの吸着は阻害を受けることがわかったが、pH など条件の調整によって吸着効率を向上させることができた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 放射性物質、除染、ゼオライト、層状複水酸化物、ハイドロタルサイト

〔研究題目〕 ガス化合成ガス製造の実証（未利用森林資源のバイオオイル化等による小規模分散型・トータル利用システムの構築）

〔研究代表者〕 鈴木 善三（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 鈴木 善三、松岡 浩一、村上 高広、浅井 稔（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

林野庁委託事業として、木材をオイル化処理した後の残渣分を燃料とし、ガス化させることによって、汎用性の高い高品位な液体燃料をフレキシブルに製造できる技術の実証を目指す。ガス化装置として、流動層を利用した二重循環三塔型流動層ガス化炉を提案した。本装置の特徴として、熱分解炉、ガス化炉および燃焼炉が分離されており、熱分解炉およびガス化炉は二段炉構造とし、熱分解炉下段に燃料を供給し、ガスとともに生成するタールを上段のタール吸収粒子に吸収させることで、炉内で効率良くタールを処理できる。さらに、燃料およびタール吸収粒子がそれぞれ独立して循環するため、反応後に生成するボトムアッシュと高価なタール吸収粒子とが混在せず、タール吸収粒子の長寿命化が可能となる。今年度は、製作した実験室規模の二重循環三塔型流動層ガス化炉ホットモデル実験装置により、木材ペレットを燃料として連続ガス化実験を実施し、目標冷ガス効率（70%）を達成できる条件を明らかにすることを当初の目的としていた。しかしながら、2011年3月11日の大地震により、実験装置は大きな被害を受けたため、予算とスケジュールの観点からも検討した結果、「二重循環三塔型」から「一循環三塔型」へ変更することとなった。流動媒体を多孔質アルミナとして、ガス化炉温度や水蒸気量をパラメータとして実験した結果、熱分解炉温度：973K、ガス化炉温度：1153K、ガス化炉への供給水蒸気量と燃料中の炭素量とのモル比（S/C モル比）：1.2の条件で目標冷ガス効率を達成できることを明らかにした。また、ガス化炉温度を1123Kに低下させた条件では、S/C モル比で1.6に増加させれば、目標冷ガス効率を達成できることが分かった。今後、流動媒体（多孔質アルミナ、石灰石）によるガス化性能の比較を行う。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマス、ガス化、流動層

〔研究題目〕 磁鉄鉱と硫化鉄物を含有する岩石の電気的特性に関する研究

〔研究代表者〕 高倉 伸一（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕 高倉 伸一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では磁鉄鉱と硫化鉄物を含有する岩石の電気的特性を調べ、それぞれの鉄物が電気的特性に及ぼす影響を解明することにより、スペクトル IP 法（複素比抵抗法）など詳細な IP 法を用いて磁鉄鉱と硫化鉄物を識別可能な方法を検討し、非鉄金属鉱床探査に経済的で有効な物理探査技術の開発を目的とする。本研究は、1) 磁鉄鉱と硫化鉄物を含有するサンプルの電気的特性の測定と2) 磁鉄鉱と硫化鉄物が分布するフィールドでの実証実験の二つのサブテーマからなる。平成22年度から24年度までの3年間で実施される予定であり、2年目である平成23年度の研究テーマの概要は以下の通りである。

1) 磁鉄鉱と硫化鉄物を含有する岩石試料の電気的特性の測定

昨年度に構築した試料の複素比抵抗を測定するシステムを使用し、磁鉄鉱の粒子を含ませた人工試料の追加測定を行うとともに、フィールドで採取した磁鉄鉱や黄鉄鉱を含有する岩石コアを測定した。フィールド実験を実施する釜石鉱山の鉄鉱石と花崗岩を入手しその複素比抵抗を測定したところ、当該鉱山の鉄鉱石が大きな IP 異常を示すことが明らかとなった。しかし、鉄鉱石の中には多量の黄鉄鉱も含まれており、これまで実施した実験から考えると、IP 異常は黄鉄鉱によるものと推測された。

2) 磁鉄鉱と硫化鉄物が分布するフィールドにおける実証実験

磁鉄鉱と硫化鉄物が共存する釜石鉱山において、IP 法電気探査を実施した。得られたデータに2次元解析を適用し、比抵抗断面、充電率断面、正規化充電率断面を求めた。鉄鉱石が分布する場所では低比抵抗異常、高充電率異常および高正規化充電率異常が解析された。一方、花崗岩に覆われる地域では、充電率異常はほとんど見られなかった。この結果は、上述の試料の比抵抗測定と整合的である。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 坑内測定、比抵抗法、IP 法、構造解析

〔研究題目〕 福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合／福島県森林整備加速化・林業再生基金事業／地域材利用開発事業／木材の温度ならびに水分履歴が木材物性におよぼす影響に関する研究

〔研究代表者〕 金山 公三

（サステナブルマテリアル研究部門）

〔研究担当者〕 金山 公三、三木 恒久、杉元 宏行
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

乾燥工程中の温・湿度履歴が木材の微細構造変化におよぼす影響を明らかにして、木材の新規乾燥施設を開発するための基礎データを得ることを目的として各種検討を進めた。

木材の微細構造は、温度変化、含水率変化によって非平衡状態になることが、最近の研究で明らかになりつつある。微細構造変化の総和として、割れ、曲がり、物性値の低下などが生じる。これらの短所を低減するために、温度変化、含水率変化と微細構造との関係について、熱分析、微細空隙構造などの多面的手法で検討を進めた。

具体的には、熱処理（乾燥処理）の温度によって、木材中の微細な空隙（水分などの通路となる）が変化することを詳細に検討した。また、金属やプラスチックをはじめとする他材料においては検討が進んでいる微細構造の安定化と非平衡に関して、木材ではほとんど検討が進

んでいない。そのために、乾燥木材には、割れ、曲がりなどが生じることが多い。そこで、木材の平衡状態に関して、「熱分析」の手法で検討を進めた。特に重要な事項は、木材を構成する主要3成分（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）各々の単独の平衡状態に基づき、それらを踏まえて、複合材料として相互作用を考慮した平衡状態を検討することが重要である。特に、室温から80℃付近においてリグニンの軟化が著しく、80℃付近でピークが存在するので、これ以上の温度領域と80℃以下の温度領域とでは木材内部で非平衡状態の生じ方が全く異なるため、乾燥処理の高温から80℃以下に温度が下がってきた際の「温度変化速度」には十分な注意が必要である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 木材、乾燥、熱処理、微細構造

【研究題目】 福島県郡山地区木材木工工業団地協同組合／福島県森林整備加速化・林業再生基金事業／地域材利用開発事業／木材製品の熱特性に関する研究

【研究代表者】 金山 公三

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 金山 公三、三木 恒久、杉元 宏行

(常勤職員3名)

【研究内容】

木材製品の利用拡大のためには、安全性の観点から難燃性が重要である。そこで、各種処理と木材の難燃性をはじめとする熱特性との関係について検討するとともに、その処理材の耐久性を把握した。具体的には、薬液含浸や塗装などの各種特性向上処理を施した木材の難燃性をコーンカロリメーターで測定し、向上処理の各種条件と難燃特性との関係を系統的に検討し、また促進劣化試験により耐久性を把握した。

含浸条件の異なる不燃化処理を行った福島県産スギ心・辺材に対して、寸法測定および難燃性評価試験を行った。含浸の加圧力・時間の影響は小さかったが、部位の影響は大きく、心材は辺材の50%程度しか薬液が含浸されなかった。また薬液濃度（比重が1.14、1.18、1.22）が高いほど重量増加率が高かった。これらの試料のコーンカロリ試験の結果、試料厚さが10mmの場合には試験後の外観基準を半数以上が満たさなかった。また、発熱量に関しては、不燃材料認定基準の発熱量である8MJ/m²を超えるために必要な重量増加率は、少なくとも100%を越える必要があることが分った。

次に耐久性に関しては、スギおよびベニヤに各種塗料を用いて耐光性を予備評価した結果を踏まえて、塗料ならびに紫外線吸収剤の含有条件を変化させて促進劣化試験を行った。紫外線吸収剤の添加量が多いほど劣化が少なくなり、塗料、顔料及び紫外線吸収剤の優れた組み合わせの場合には、300時間経過での色差が4程度と小さい

優れた結果が得られた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 木材、難燃処理、熱特性、紫外線吸収剤、促進劣化

【研究題目】 消化管免疫細胞の活性化と機能成熟機構の解明

【研究代表者】 辻 典子 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 辻 典子 (常勤職員1名、他1名)。

【研究内容】

経口免疫寛容は、不要な組織障害と免疫細胞の消耗を抑制する腸管免疫の中心的なしくみのひとつである。食物成分などの腸内環境因子のひとつとしてβ-グルカンがパイエル板を介し抗炎症メカニズム（経口免疫寛容）を安定化させるしくみを明らかにすることを目的とした。

我々は粒子状β-グルカン（OXCA）の経口投与が強い抗炎症性効果を誘導し、デキストラン硫酸ナトリウム（DSS）誘導性腸炎において顕著な予防効果をあらわすことを観察した。OXCAは樹状細胞／マクロファージ上のdectin-1を介してサイトカイン産生を促すが、パイエル板樹状細胞においては抗炎症性サイトカインであるインターロイキン-10産生誘導が特徴的であった。また、OXCAによりT細胞副刺激分子であるCD40の発現も顕著に誘導された。同様にCD86も増強の傾向が認められた。

さらにパイエル板樹状細胞とT細胞のOXCA存在下でのin vitro共培養あるいはOXCAの経口投与によりIL-10産生性T細胞（Tr1様）の誘導が観察されたが、そのメカニズムとしてT細胞におけるblimp-1ならびにICOSの発現が関与していることが示された。パイエル板におけるTr1とTfh（follicular helper T cells）の機能成熟のバランス、そこでの樹状細胞の働きを考える上で興味深い結果である。

これらのことから食物中のβ-グルカンはdectin-1を介してパイエル板のIL-10産生レベルを増強し、抗炎症と免疫恒常性の維持に寄与していると考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 消化管免疫、抗炎症、IL-10産生性制御性T細胞、β-グルカン、C-タイプレクチン、パイエル板、腸炎症性疾患

【研究題目】 共生細菌により昆虫が獲得する新規生物機能の解明と制御への基盤研究

【研究代表者】 深津 武馬 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 深津 武馬、古賀 隆一、安佛 尚志、二橋 亮、細川 貴弘、棚橋 薫彦、牧野 純子、菊地 わか奈 (常勤職員4名、他4名)

【研究内容】

難培養性で機能解析が容易でないが、高等生物に顕著

な生物活性を有しており、生物遺伝子資源として有望である共生細菌の高度な生物機能の解明と利用の観点から、多様な昆虫類の体内に存在する共生細菌について、高純度の共生細菌 DNA 標品を調製し、ショットガン塩基配列をおこない、全ゲノム塩基配列を決定して、培養を介さずに共生細菌の全遺伝子レパートリーおよび可能な生物機能を明らかにする。また、その形態や微生物学的実体、体内局在および感染動態などについて解明し、必要であれば新規微生物として記載をおこなう。今年度は以下のような成果を挙げた：

マルカメムシの必須腸内共生細菌 *Ishikawaella* の 0.75Mb の全ゲノム塩基配列を決定した。細胞外必須共生細菌の縮小ゲノムとして世界初である (Nikoh et al. 2011 *Genome Biol Evol* 3, 702)。

ホソヘリカメムシの腸内共生細菌 *Burkholderia* の経口摂取による感染感受期が2令幼虫期であることを証明した (Kikuchi et al. 2011 *Appl Environ Microbiol* 77, 4075)。

ヒメナガカメムシ類より新規菌細胞共生細菌を同定し、'*Candidatus Schneideria nysicola*' の暫定学名を提唱した (Matsuura et al. 2012 *ISME J* 6, 397)。

コウモリ吸血性のクモバエ類より新規細胞内共生細菌を同定し、'*Candidatus Aschnera chinzeii*' の暫定学名を提唱した (Hosokawa et al. 2012 *ISME J* 6, 577)。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

[研究題目] 食品の安全性評価用ナノチップの作製と P450活性測定

[研究代表者] 小島 正己 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 田和 圭子、入江 隆、森 里織、森垣 憲一 (常勤職員3名、他2名)

[研究内容]

目標：

本課題の目標は、食品中に残留している極微量の農薬、環境負荷化学物質および潜在的危険化学物質とシトクロム P450酵素との直接的な相互作用を超高感度に検出・評価することにより、現在までその毒性が明らかになっていない潜在的危険化学物質を含めた新たな食品の安全性評価用超高感度ナノセンサーを試作することである。進捗状況：

上記目標に関して、以下の研究を推進した。マイクロウェル中において酸素センサー層と固定化 P450を積層化したチップを用いて、多様な P450分子種 (野生種23種および1塩基多型12種) の食品中化学物質 (36種) に対する代謝活性パターンを取得した。代謝活性パターンと毒性 (変異原性) との関連を調べるために、神戸大で実施された変異原性試験結果と比較した。代謝活性パターンと化合物毒性 (変異原性) との相関性を重回帰分析

法で検証した結果、変異原性と代謝パターンの相関が得られ、P450チップを用いて化合物の変異原性を迅速に予測する可能性が示された。また、実食品への応用としては、日本マイクロバイオファーマ社より供与されたコーヒー熱湯抽出画分のパターン取得、アフラトキシン B1のピーナッツからの回収と同定を行った。さらに、食品中化合物のより直接的な毒性検出として、食品中成分による P450の非可逆的阻害 (MBI) の検出を検討した。柑橘類に含まれる化合物が特定の P450分子種を非可逆的に阻害することが見いだされた。実食品サンプル (玄米、ネギ) においても特定の P450分子種において MBI が観測された。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 酵素、シトクロム P450、センサー

[研究題目] 海域活構造の地形地質調査

[研究責任者] 岡村 行信

(活断層・地震研究センター)

[研究担当者] 岡村 行信、池原 研 (常勤職員2名)

[研究内容]

山形県酒田沖陸棚上から4本のピストンコア試料を採取した。そのうち3本は、下位に潮間帯の泥層と上位に海成の砂礫層からなり、潮間帯の泥層の上限年代はおおよそ1万年程度である。潮間帯の泥層の年代測定結果のばらつきは大きいですが、コア Sakata4では、堆積速度は134cm/千年程度と速いことが推察される。同地点の反射記録と対比した結果、断面上に認められる“浸食面”は、最終氷期最盛期に形成されたものと判断できた。以上から、最近約1.8万年間の垂直変位量は最大で約7m、変位速度では0.4m/千年で、最近約1.8万年間で2~4回程度活動したと推定される。

[分野名] 地質

[キーワード] 活断層、音波探査、完新統、酒田、ひずみ集中帯

[研究題目] 火山ガス観測に基づく継続的噴煙活動火山の噴火・活動推移解明

[研究代表者] 篠原 宏志 (地質情報研究部門)

[研究担当者] 篠原 宏志 (常勤職員1名)

[研究内容]

継続的な噴煙活動を行っている火山において噴煙組成 (火山ガス組成) の繰り返し観測および連続観測を実施し、火山ガス組成の変動から、火山ガス放出過程を明らかにし、噴火・脱ガス機構をモデル化するとともに活動推移過程を明らかにする。そのため、携帯型の Multi-GAS (多成分センサーを用いた噴煙観測装置) を用いた連続噴煙組成観測装置を浅間山山頂火口縁の二カ所に2010年度に設置し観測を継続している。この間、浅間山の火山活動は静穏であり、火山ガス組成にも顕著な変化は観測されていない。

2011年春に阿蘇山湯だまりの減少が生じ、活動の活発化が懸念されたため、携帯型の Multi-GAS（多成分センサーを用いた噴煙観測装置）およびアルカリフィルターによる繰り返し観測を実施するとともに、連続観測を開始した。その後、活動は静穏化し現在までに顕著な変化は観測されていない。阿蘇山の火口湖ガスと高温噴気ガス組成観測の結果に基づき、それぞれのガスの供給分別過程のモデル化を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

〔研究題目〕医薬品関連標準物質における純度試験の妥当性確認

〔研究代表者〕井原 俊英（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕井原 俊英、齋藤 剛、加藤 尚志
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

日本薬局方標準品等の製造における試験方法は、医薬品の品質試験に用いるものとして適切な方法により設定されており、薬局方での使用を前提に品質を保証したものである。したがって、化学純度を厳密に保証したものではないことから、当該標準品の特性値（純度）に関しては、計量計測トレーサビリティに関しては表明していないのが現状である。一方、標準物質の規格に関しては国際標準化が急速に進んでいるが、医薬品に関しても例外ではなく、USP（米国薬局方）では国際規格に適合した認証標準物質としての供給が始まっている。

そこで、本研究では、当該標準品の計量計測トレーサビリティを確保し、認証標準物質としての要件を備えた標準物質とすることで、国際調和を進めることを目標とする。

本年度は、医薬品関連標準物質から2物質（アセトアミノフェン及びアムロジピンベシル酸塩）を選定し、国際単位系（SI）へのトレーサビリティの確保を前提に、その標準品の純度評価方法を技術的に検討した。その結果、アセトアミノフェンに関しては、核磁気共鳴法及び凝固点降下法の適用が可能であり、また、アムロジピンベシル酸塩に関しては、核磁気共鳴法及び高速液体クロマトグラフ法の適用が可能であり、いずれも SI トレーサブルな純度評価が可能と判断された。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕標準物質、計量計測トレーサビリティ

〔研究題目〕定置用リチウムイオン二次電池の安全性評価技術等の開発

〔研究代表者〕小林 弘典

（ユビキタスエネルギー研究部門）

〔研究担当者〕小林 弘典、小池 伸二、鹿野 昌弘、永井 功（常勤職員4名）

〔研究内容〕

本研究開発では、定置用リチウムイオン電池に係る国際標準の検討に対応した安全性試験等の試験方法の開発及び第三者認証の構築を視野に入れた試験方法の開発に資することを目的とする。そのため、耐熱焼試験に適用可能な単電池熱暴走方法の開発および製造直後の電池を評価する事で、電池のライフサイクルにおける安全性評価を代表することが可能であるかを検証するため、長期的な電池性能評価を実施しつつ劣化電池の安全性を検証する。今年度は「耐熱焼試験用単電池熱暴走方法の調査および予備検討の実施」を主たる開発目標として設定し、「長期的な電池性能・安全性の評価方法の検討」を合わせて実施した。耐熱焼試験を実施するための単電池の熱暴走方法を抽出するために既存規格や AABC2012において熱暴走に至る可能性の高い濫用試験を調査し、試験方法、試験条件について決定した。定置用大型円筒型単電池について、釘刺し、過充電、加熱による濫用試験を実施してその挙動を調査したところ、何れの方法でも単電池を熱暴走させる事が可能であった。また、定置用リチウムイオン電池の長期試験方法について、加速試験も含めた試験条件、評価手順を立案した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕定置用リチウムイオン電池、第三者認証、安全性試験

〔研究題目〕沖縄県産機能性素材を用いた発酵健康飲料の開発

〔研究代表者〕丸山 進（バイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕丸山 進、市村 年昭
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、長寿県である沖縄県の伝統的食品素材のうち、1次スクリーニングでその機能性が確認されているものの、独特の風味が理由でほとんど活用されていない素材を対象に、適切な処理及び配合技術を開発し、複数の機能性を持ち風味の良い健康飲料を開発することを目的として行った。沖縄産の種々の海藻について検討した結果、前年度のアナアオサなどに加えて、クビレオゴノリ、イソノハナ分解物に比較的強いアンジオテンシン変換酵素阻害活性が確認でき、2残基のアミノ酸からなるアンジオテンシン変換酵素阻害ペプチド（血圧降下ペプチド）を多種見出した。また、アナアオサのサーモリシン分解物を配合した試作品に弱いながら血圧降下作用のあることが確認でき、アナアオサ分解物の健康飲料の素材としての有用性が示唆された。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕機能性食品、高血圧、海藻、亜熱帯生物資源

〔研究題目〕平成23年度島しょ型ゼロエミッションエネルギーシステム構築事業

〔研究代表者〕高木 優（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕高木 優、光田 展隆、藤原 すみれ
（常勤職員3名）

〔研究内容〕

油脂生産に関与していると考えられる転写因子遺伝子を探索するため、データベースの解析から油脂生合成関連酵素遺伝子と同様な発現様式を示す転写因子遺伝子を探索し、これらの転写因子に対するキメラリプレッサー発現体の T2植物体の種子をパルス NMR を用いて個別に測定する準備を行った。「モデル植物を用いた、環境ストレス（乾燥、塩、弱光）に対する耐性を付与する転写因子の探索と同定、および同定した因子によるヤトロファ形質転換体作成の試み」：産総研が所有するシロイヌナズナキメラリプレッサー発現植物から、弱光、乾燥、塩ストレスに対する耐性形質を示すラインのスクリーニングを行い、強い塩耐性および、オゾンストレスに対して野性型より強い耐性を付与出来るキメラリプレッサーの同定に成功した。現在、塩耐性関連キメラリプレッサーは、ヤトロファ植物に形質転換を試みており、オゾン耐性関連転写因子については、その耐性機構について分子レベルでの解析を行った。「ヤトロファの日長感受性や花成時期（花成時期制御、花成促進など）の人為的操作法の開発」：シロイヌナズナキメラリプレッサー発現植物の表現型解析から早咲き、遅咲き、日長感受性が野性型と異なるラインを単離した。長日植物のシロイヌナズナは通常+短日条件下で遅咲きを示すので、それらを短日条件下で栽培することによって野生型よりも早咲きの系統のスクリーニングを行った。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕ヤトロファ、転写因子、キメラリプレッサー、表現型解析

〔研究題目〕試薬の FT-IR を用いた赤外吸収スペクトルの測定に関する研究

〔研究代表者〕衣笠 晋一（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕衣笠 晋一、滝澤 祐子、齋藤 剛、
山路 俊樹、鍋島 真美、小野 千里、
浅井 こずえ（常勤職員3名、他4名）

〔研究内容〕

改訂 JIS で規定される試薬の赤外吸収スペクトルを測定するプロトコルを検討・開発するとともに、“有機化合物のスペクトルデータベース（SDBS）”の充実を図ることを目的として研究を行った。今年度は受託先から依頼された25品目すべてが、JIS 規格に掲載されている条件でスペクトル測定可能であることを評価し、その結果得られた件のスペクトルを受託先に提出した。25品目のうち3品目（brucine n-hydrate, arsemate, potassium hydrogen hemihydrate）については、KBr

錠剤法、Nujol 法による赤外吸収スペクトルを Web に公開した。2品目（trichloroethylene, sodium carbonate）については、既存 Web 赤外吸収スペクトルを交換した。他の20品目はすでに SDBS で公開済みであった。また、受託先を通じて、得られた赤外吸収スペクトルを改正 JIS 規格案に反映させることができた。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕赤外吸収スペクトル、スペクトルデータベース、試薬 JIS

〔研究題目〕バイオマス由来溶媒を用いた使用済み電気電子機器からの資源回収とコークス炉原料化

〔研究代表者〕加茂 徹（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕中尾 和久、伊藤 大祿
（常勤職員1名、他2名）

〔研究内容〕

コークス炉化学原料化法は大規模な既存施設を利用するために経済性が高く、優れたプラスチックの再利用法であるが、廃基板には鉄鋼製品を劣化させる銅が多く含まれているために処理することは困難であった。本研究ではエポキシ基板をバイオマス由来溶媒中で可溶化し、銅等を除去して有機成分をコークス炉で化学原料へ転換する技術を開発した。

杉とクレゾール混合溶媒に微量の硫酸を添加し、大気圧下200℃で加熱処理すると約60分で杉は完全にタール状生成物に転換された。軽質留分を除いた溶媒タールにエポキシ基板を入れ、250～300℃、60分間大気圧下で処理するとエポキシ基板は完全に溶けガラス繊維と銅配線および各電子素子が回収された。次にこの可溶化生成物を500～700℃で熱分解するとクレゾール類を主生成物とする液体生成物が得られ、エポキシ基板はこの液体生成物中で加熱すると可溶化され、可溶化溶媒が再生できることが確認された。このプロセスではエポキシ基板から製造した自己溶媒中で基板を可溶化するので外部から高価な溶媒を補充する必要は無く、しかも高価な高压装置は不要であり実用性が高い。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕リサイクル、可溶化、廃電子機器、熱硬化性樹脂、バイオマス、コークス

〔研究題目〕レーザー加速電子線を用いた非線形コンプトン散乱 X 線発生

〔研究代表者〕三浦 永祐（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕三浦 永祐、田中 健治、柏屋 駿、
黒田 隆之助、豊川 弘之
（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、レーザー加速で得られる電子線パルスと相対論的強度を持つ超短パルス高強度レーザーを相互作用

用させ、レーザーコンプトン散乱により X 線を発生し、非線形散乱が光源特性に与える影響を明らかにすることを目的としている。

レーザー加速で得られたピークエネルギー60MeV、電荷量70pC のエネルギーの揃った準単色電子線パルスに、波長800nm、エネルギー150mJ、パルス幅100fs の電子散乱用レーザーパルスを相互作用させ、レーザーコンプトン散乱 X 線を発生した。発散角が5mrad 程度の指向性の高い X 線ビームを得、その光子数は 2×10^7 と見積もられた。同時計測された電子線のエネルギースペクトルより、発生 X 線の光子エネルギーは30~120keV の領域にあると評価された。

シミュレーションコード CAIN を用いて、実験条件下での発生 X 線の特性を調べた。散乱角5mrad 内の X 線スペクトルは60keV にピークを持つ準単色構造を持ち、光子数は 1.8×10^7 程度であった。実験で得られた光子数はシミュレーション結果と良く一致していた。シミュレーションでは、2倍高調波光発生、X 線ピークエネルギーの低エネルギー側へのシフト等、相対論的強度を持つレーザーと電子との相互作用による非線形現象が見られた。実験での電子散乱用レーザーパルスの集光強度は $8 \times 10^{17} \text{W/cm}^2$ (規格化ベクトルポテンシャル a_0 が0.6 に相当) であり、相対論的強度 ($a_0 > 1$) より低いが、非線形散乱の影響が無視できないことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー、標準・計測

【キーワード】高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザー加速、レーザーコンプトン散乱

【研究題目】還元反応促進型酸化物光触媒の開発

【研究代表者】平川 力 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】平川 力、西本 千郁
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

還元を受ける状態で酸素分子が吸着し易い、または過酸化水素を生成しやすい酸化物光触媒を合成し、酸素吸着能力特性、過酸化水素生成能力特性及び光触媒特性及び活性を評価して、酸素吸着能力又は過酸化水素生成能力にすぐれた表面条件を見出すと共に、高活性光触媒を開発するための光触媒反応による還元反応に着目した酸化物光触媒の合成に関する研究を行った。これまでに、 TiO_2 を基本材料として酸化物半導体特性を有する各種元素を、表面に修飾することで触媒の合成を行った。他元素酸化物および金属助触媒の修飾により、光触媒活性の変動が確認された。金属担持においては最適担持量が存在することがわかっており、酸素吸着能の観点からは、光触媒活性の向上が示唆される結果が得られている。過酸化水素は、主に酸素から生成されることがこれまでに研究で明らかになっているが、過酸化水素生成能との関連は明確にできていない。これは、生成された過酸化水素が触媒表面に吸着しており検出できない、または表面

修飾された金属などにより助触媒的または光触媒反応で迅速に分解されているためと推測された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒・表面反応・表面酸素欠損・酸化還元反応・活性酸素

【研究題目】光触媒併用型マイクロバブルによる汚染海水浄化法の開発

【研究代表者】平川 力 (環境管理技術研究部門)

【研究担当者】平川 力、西本 千郁
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

加圧溶解方式により超純水、人工海水に発生させた気泡平均径が $1 \mu\text{m}$ のマイクロバブル (mic-B) によるヒドロキシルラジカル ($\text{OH}\cdot$)、スーパーオキシドラジカル (O_2^-) および過酸化水素 (H_2O_2) の生成能についてクマリン (Cm) 蛍光プローブ法およびルミノール化学発光プローブ法を用いて調査した。超純水、人工海水中のいずれから活性酸素種は検出されなかった。pH が2~4の酸性水溶液を用いた mic-B 水からは、Cm と $\text{OH}\cdot$ の反応により生成されるウンベリフェロン (7-OH-Cm) の蛍光が観察された。これら酸性水溶液は装置内部から金属イオンを溶出させていることが ICP 測定結果から明らかになり、7-OH-Cm の生成は金属イオンによる酸化反応により生成されると考察された。これらの結果から、加圧溶解方式により発生させられた平均径 $1 \mu\text{m}$ の mic-B から活性酸素種は発生しないと結論付けた。海水汚染物質のモデル化合物としてメチレンブルー (MB) を用いて、mic-B による分解反応の試験をおこなった。MB の分解は認められなかったことから、活性酸素種による酸化分解反応および mic-B の圧壊による熱分解反応は純水および人工海水において進行しないと結論付けた。また、酸化チタン (TiO_2) 表面および SiO_2 表面に吸着した MB は、mic-B の機械的特性であるスクラビングにより脱離・回収されなかった。これらの結果は、mic-B の特性を実験的に示したものであり、汚染海水の浄化や汚染土壌の浄化利用方法を模索するために重要な化学的および物理的な知見となると考えている。また、 TiO_2 光触媒との併用においては、mic-B の使用により光触媒反応中においても溶存酸素濃度の低減を抑えられることを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】光触媒・マイクロバブル・活性酸素・水質浄化・海水利用

【研究題目】高性能蓄電デバイス創製に向けた革新的基礎研究

【研究代表者】周 豪慎 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】周 豪慎、細野 英司、大久保 将史、

北浦 弘和、岡垣 淳、王 雅蓉、
尉 海軍（常勤職員5名、他2名）

〔研究内容〕

中温領域においてイオン電導率とイオン拡散係数が著しく向上することを利用したリチウムイオン電池を開発する。平成23年度には、一部中温領域において、活物質、電解液の性能を調べた。更に、リチウムレドックスフロー二次電池／燃料電池を開発した。更に理論的に大容量を有する正極活物質 $0.50\text{Li}_2\text{MnO}_3/0.25\text{LiNi}_{0.50}\text{Mn}_{0.50}\text{O}_2/0.25\text{LiNi}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ の構造と充放電メカニズムについて、研究を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 中温領域、リチウムイオン電池、正極活物質、リチウムレドックスフロー二次電池

〔研究題目〕 小型の廃棄物処理赤外線加熱装置の開発

〔研究代表者〕 池田 伸一（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 池田 伸一、梅山 規男
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

小型で卓上の金属廃棄物溶融処理装置開発と実用化を行う。

具体的には使用直後の注射針や医学的に汚染された医療用廃棄物の溶融或いは灰化处理を想定した、小型卓上の装置を3号機まで試作し、3号機を実用化装置とする。製品として販売できるレベルの開発を進めた。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 集光加熱技術、装置開発、医療廃棄物

〔研究題目〕 水と二酸化炭素により生成する炭酸を利用する脱水反応

〔研究代表者〕 山口 有朋（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 山口 有朋（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、水と二酸化炭素（炭酸）だけを用いた環境調和型のバイオマスの資源化反応の確立を目指す。

バイオマスから得られるグルコースの水素化反応（Ni あるいは Ru 触媒）により、容易にソルビトールが得られる。近年、セルロースの水素化分解によりソルビトールが得られることが報告されているが、本研究では、ソルビトールの脱水反応を行い、イソソルビドを合成する反応を効率的に進行させることを目標とした。イソソルビドは、利尿剤等として用いられる医薬品であり、また、ポリエステルガラス転移点を高くすることが知られ、イソソルビドの添加により耐熱性の高い PET ボトルが製造できることが報告されており、バイオマス資源（セルロース）からソルビトールを経由して、高価値

物質（イソソルビド）を環境調和型プロセスで変換することが可能である。

これまでソルビトールからイソソルビドへの脱水反応は、強酸（硫酸）により進行することが知られているが、中和や精製の過程が煩雑であった。本研究では、反応後は気体として容易に系外への除去が可能であり、生成物の分離が容易であるという利点を有する二酸化炭素（炭酸）を触媒として用いた検討を行い、ソルビトールの環境調和型脱水反応システムの確立を試みた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高温水、二酸化炭素、脱水反応、バイオマス由来物、多価アルコール

〔研究題目〕 代替フロン加水分解反応速度再評価と省エネルギー処理システムの提案

〔研究代表者〕 忽那 周三（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 忽那 周三（常勤職員1名）

〔研究内容〕

ヒドロクロロフルオロカーボン類（HCFCs）は、成層圏オゾン層への影響のため国際的な規制により2020年または2030年までに放出量を全廃する必要がある。担当者らは主要な HCFCs である HCFC-22が80℃において容易に加水分解（OH⁻反応）し、その速度定数が文献値の10倍であることを見出した。本研究では、代表的な HCFCs の80℃付近の加水分解反応速度定数を実測により再評価し、加水分解反応性の高い HCFCs を対象物質として水中の吸着剤や触媒等を探索することにより、80℃のような低温において水酸化ナトリウムなど広く工業的に使用されているアルカリ水を用いる、HCFCs の省エネルギー処理システムを提案する。

23年度は、ヘッドスペース装置を用いて、HCFC-123、HCFC-142b について40℃～80℃の温度範囲でヘンリー定数を決定した。また、昨年度までに測定した HCFC-225ca のヘンリー定数について、その誤差が大きかったので追加測定を行いヘンリー定数を決定した。80℃におけるヘンリー定数から水溶性の序列は、これまでの測定結果とあわせて、HCFC-22>HCFC-141b>HCFC-123>HCFC-142b>HCFC-124>HCFC-225cb ~ HCFC-225ca であった。また、再決定したヘンリー定数を用いて、HCFC-225ca の加水分解反応速度定数とその温度依存性を求めた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 代替フロン、ヒドロクロロフルオロカーボン、HCFC、加水分解、ヘッドスペース

〔研究題目〕 炭素繊維及び粘土鉱物を用いた建築用コンポジット膜の創製

〔研究代表者〕 石井 亮（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 石井 亮（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

本研究は、耐火構造物用膜材料に資する炭素繊維と粘土鉱物からなるコンポジット膜の創製に関するものである。炭素繊維は、高強度部材として建築材料や土木材料として使用されているが、その耐熱性は高くなかった。本研究では、複合化に資する炭素繊維と粘土鉱物の間の親和性の向上及び耐熱性バインダー開発の課題について取り組み、炭素繊維の耐熱性を向上させることを目的とする。

研究計画：

平成23年度は、炭素繊維と粘土鉱物からなるコンポジット膜材料の創製のため、炭素繊維と粘土鉱物との複合化方法の検討を行った。

研究進捗状況：

炭素繊維と粘土鉱物との複合化について、貼り合わせ法及び含浸法の2種類の方法を検討した。いずれの方法を用いても炭素繊維を粘土鉱物膜で被覆したコンポジット膜が得ることができた。これらの方法により得られたコンポジット膜の耐熱試験を行ったところ、貼り合わせ法で得られたコンポジット膜は40%以上の重量減少が生じた。コンポジット膜の内部を観察したところ、炭素繊維が燃焼気化したことが分かった。他方、含浸法で得られたコンポジット膜は20%弱の重量減少で抑えられ、かつ炭素繊維はコンポジット膜内で保持されていることを確認した。これらの結果から、含浸法によるコンポジット膜の作成の方が耐火性能を有する膜を作るために適していることが分かった。今後、含浸法によりコンポジット膜作成についてさらに展開する予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 炭素繊維、粘土鉱物、耐火構造

〔研究題目〕 超早期診断技術開発プロジェクト

〔研究代表者〕 申 ウソク

（先進製造プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 申 ウソク、伊藤 敏雄、伊豆 典哉、永井 大資、中嶋 隆臣

（常勤職員3名、他2名）

〔研究内容〕

ガスセンサを用いた呼気分析は最も有望な非侵襲性生体情報計測であり、簡便で迅速に呼気中のガス成分を検出し、早期に健康状態及び疾患等を診断する技術として有望である。

本課題では、触媒燃焼熱を電圧に変換して出力する熱電式ガスセンサ原理を利用した呼気ガスセンシング技術とがん等の疾患を早期に診断できる VOC ガスセンシング技術を開発するとともに、それらのプロトタイプガス検知器を医学部グループに提供し、呼気水素濃度計測を実施する。

平成23年度は、燃焼触媒の高性能化の研究においては、呼気中 CO を高感度かつ選択的に検知するために、これまで中心として開発した Au/Co₃O₄触媒を基に担持金属として Au, Pd および Pt を組み合わせて、貴金属コロイド溶液を用いたプロセスによる触媒改良を行い、ppm レベルの可燃性ガス濃度を検知することができた。

VOC ガスセンサについては、粒径約100nm の SnO₂ 粉末に粒径数 nm の Pt, Pd, Au 各貴金属コロイドを1wt%添加した貴金属添加酸化セラミックス粉末（Pt, Pd, Au/SnO₂）を用いた0.3~6μm の膜厚のセンサ素子を開発した。センサ素子裏面の Pt ヒータで動作温度250、300、350℃に加熱し、ノナナルガスに曝露して応答評価し、55 ppb のノナナル検知を達成した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ガスセンサ、アレイ、燃焼触媒、熱電デバイス、半導体式センサ、模擬呼気ガス計測

〔研究題目〕 低温光共振器を用いた超高安定光源の開発

〔研究代表者〕 池上 健（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 池上 健、渡部 謙一、稲場 肇、洪 鋒雷（常勤職員4名）

〔研究内容〕

産総研の不安定発振器と光周波数コムを用いて、東大で開発される超高安定光源の評価を行うために今年度は下記を行った。

低温サファイア発振器から周波数合成した1GHz の基準信号の改善を行い、1秒の平均時間で 4.3×10^{-15} まで周波数安定度を向上させた。パルス管冷凍機を用いてサファイア結晶を冷却し、サファイア結晶の共振器としての共鳴の Q 値として 7×10^8 の Q 値を得、また、低温サファイア発振器としての発振が得られることを確認した。冷凍機のコールドステージの振動の影響を抑制するためのクライオスタットの検討を開始した。

東京大学でのレーザーの周波数安定度評価に用いるための高速制御可能な光周波数コムを開発し、オシレータ、光増幅器、および f-2f 干渉計が600 mm x 600 mm のブレッドボード上に収まる可搬型システムを製作した。相対周波数安定度は、光-光周波数リンクにおいては 3×10^{-16} @1秒平均であり、マイクロ波-マイクロ波周波数リンクにおいては 7×10^{-14} @1秒平均であった。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 低温サファイア発振器、光コム、不安定発振器、周波数安定化レーザー

〔研究題目〕 電子エネルギー損失分光によるアモルファス電子デバイス材料の評価

〔研究代表者〕 内田 紀行

（ナノエレクトロニクス研究部門）

〔研究担当者〕 内田 紀行（常勤職員1名）

〔研究内容〕

電子デバイスの材料として利用されている、アモルファス Si 系材料、酸化物半導体、有機物半導体、遷移金属窒化物などの導電性アモルファス材料において、原子の配列や結合状態、電子状態を評価するために、産総研の「高分解能電子エネルギー損失分光（HREELS）技術」と材料科学技術振興財団の「高分解能走査型電子顕微鏡下での電子エネルギー損失分光（STEM-EELS）技術」とを組み合わせ、電子エネルギー損失分光による新しいアモルファス材料評価方法の確立を目指すものである。

〔研究題目〕 東アジアにおけるバイオ燃料の指標およびバイオマス利活用の影響評価に関する研究

〔研究代表者〕 後藤 新一

（新燃料自動車技術研究センター）

〔研究担当者〕 後藤 新一、小熊 光晴、葭村 雄二

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

平成19年度に ERIA（東アジア・アセアン経済研究センター）Energy Project の一つとしてワーキンググループ“Benchmarking of Biodiesel Fuel Standardization in East Asia”を立ち上げ、良質なバイオディーゼル燃料の流通を目指した各国の標準化支援と基準調和活動を行っている。平成23年度も事業のワーキンググループ運営を継続した。東アジア地域実市場のためのバイオディーゼル燃料品質管理手法確立の検討に着手し、各国で対応可能な分析ラボのリストアップと、品質分析方法の統一に向けた議論を開始した。本事業により平成19年度に作成した EAS-ERIA Biodiesel fuel Standard: 2008にはバイオディーゼル燃料のベンチマーク品質のみが定義され、分析方法は定義されていない。このため、各国の分析方法をそれぞれで使うことが可能か検討を開始した。これらの議論は、3カ年で結果を出す予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 東アジア、アセアン、ERIA、バイオディーゼル燃料、BDF、FAME、脂肪酸メチルエステル、酸価安定性、ハンドブック

〔研究題目〕 東アジアにおけるバイオ燃料の指標および小規模・大規模バイオマス事業の持続性評価に関する研究

〔研究代表者〕 匂坂 正幸（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 匂坂 正幸、工藤 祐揮、定道 有頂
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

バイオマスエネルギーはその利活用により様々な便益が得られると考えられており、世界各国で利用促進が検討されている。しかしその一方でバイオマスエネルギーの GHG 削減効果や、バイオマス資源生産の拡大に伴う食料との競合や、森林破壊等の環境問題への懸念が顕在化しており、バイオマスエネルギーの持続可能性が国際的に着目されている。東アジア経済統合推進を目的として、地域の課題分析、政策立案および提言を行う国際的な研究機関である東アジア・ASEAN 経済研究センターでは、エネルギープロジェクト1つとして、産総研安全科学研究部門を中心とする国際プロジェクトを平成20年から実施しており、環境・経済・社会のトリプルボトムラインの観点から東アジア地域における持続可能なバイオマス利活用に関する研究を推進している。

プロジェクトでは平成 20-21 年にバイオマス利活用持続性に関するトリプルボトムライン評価手法のレビューおよび東アジア諸国でのケーススタディーを実施し、環境・経済・社会の3側面から考慮すべき点・評価する際の課題をとりまとめた。また平成 21-22 年には東アジア地域におけるバイオマス持続性を3側面から評価する指標（環境側面：ライフサイクル GHG 排出量、経済側面：総付加価値、社会側面：人間開発指数）を開発し、評価手法および評価にあたって必要となるデータとその取得方法をガイドラインとして提示した。さらに平成 22-23 年には開発した指標の適合可能性を確認するために東アジア4カ国でパイロットスタディーを実施し、バイオマスプロジェクトの持続性評価を行った。平成 23-24 年はパイロットスタディーから得られた経験に基づき、東アジアにおける小規模・大規模バイオマス利活用事業に適用可能な持続性評価手法・指標の改良を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマスエネルギー、東アジア、持続可能性、トリプルボトムライン、評価手法・指標、

〔研究題目〕 微燃性冷媒の燃焼爆発影響評価

〔研究代表者〕 匂坂 正幸（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 匂坂 正幸、椎名 拓海、緒方 雄二、和田 有司、久保田 士郎
（常勤職員5名）

〔研究内容〕

空調機用冷媒ガスによるオゾン層破壊が問題となり、オゾン層を破壊しない冷媒への切り替えが進んでいるが、現在使用されている冷媒の多くは地球温暖化係数（GWP）が高く、大気環境に漏えいすることで地球温暖化に寄与することが懸念され、GWP が小さい冷媒の開発と実用化が切望されている。そこでこのような冷媒として R1234yf や R32、R1234ze (E) などが開発され、

有力な代替冷媒候補として期待されているが、これらの冷媒は従来冷媒と比較して反応性が高いため、微燃性を有し、米国 ASHRAE を中心に策定された ISO817 の分類では、これらの冷媒は A2L (無毒性・微燃) または 2L (微燃) に分類されている。

これまでに用いられてきたシステムに、より危険性の高い新規のガスを導入する場合には、その新規ガスの危険性を調査するだけでなく、新たなシステムで予想される事故について発生頻度と被害程度が許容できるものであるか調査し、必要な場合にはそれらを許容範囲内におさめるための安全対策をとる等の安全性の確認が必要である。そこで本研究では、微燃性を持つ冷媒が室内で漏えい着火した場合の被害程度を評価するため、内径 1メートルの密閉型反応容器を作成し、微燃性冷媒と空気の予混合気に点火して圧力上昇を計測するとともに高速度カメラで火炎の様子を観察し、燃焼速度が遅い球形火炎が浮力を受けて上昇する効果を取り込んだ影響評価を行った。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 冷媒、代替冷媒、地球温暖化、微燃性、被害程度、影響評価

【研究題目】 微量のイオン液体に溶解したガスの体積濃度の測定

【研究代表者】 牧野 貴至 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】 牧野 貴至 (常勤職員1名)

【研究内容】

イオン液体は環境負荷の小さいガス吸収液として期待されており、イオン液体のガス吸収量が盛んに測定されている。現在、ガス吸収量の評価は主に物質基準 (モル分率) で行われており、液相体積基準の吸収量 (体積モル濃度) の情報は非常に限られている上に精度が低い。しかし、ガス分離プロセスを設計するために重要な情報は体積モル濃度である。そこで、まず、イオン液体中の CO_2 の体積モル濃度を、少量のサンプルで高精度に測定できる実験装置・手法を開発した。必要な試料は従来装置の 10%程度であり、体積モル濃度の拡張不確かさは 1.8%である。また、新規にイオン液体を合成し、その物性とガス吸収量を測定した。イオン液体の CO_2 吸収量について、モル分率と体積モル濃度の序列は一致しないことを明らかにした。また、カチオンのアルキル側鎖へエーテル基を導入することで、 CO_2 の体積モル濃度が増加することを見出した。一方、エステル基の導入やアルキル側鎖の伸張は逆効果であった。さらに、フルオロスルホニルアミドアニオンを持つイオン液体の CO_2 吸収量 (体積モル濃度) は、ビス (トリフルオロメチルスルホニル) アミドをアニオンとするイオン液体と同等である。エーテル基及びフルオロスルホニルアミドアニオンが粘性率の低下 (ガス吸収・放散速度の向上) にも有

効であるため、これらは、高性能なガス吸収液の設計において有用な置換基・イオンである。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 ガス分離精製、イオン液体、二酸化炭素、低環境負荷、省エネルギー

【研究題目】 物質や生命の機能を原子レベルで解析する低加速電子顕微鏡の開発

【研究代表者】 末永 和知

(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】 末永 和知、佐藤 雄太、劉 崢、
越野 雅至、新見 佳子、佐藤 香代子、
齋藤 昌子 (常勤職員4名、他3名)

【研究内容】

本研究加速課題では、CREST 研究の成果をもとに、製品化・市場投入を念頭に置き、装置開発と応用研究を重点的に加速する。そのために、基礎電子光学および周辺技術に立脚した電子顕微鏡の要素技術の高度化を行うとともに、早期に製造工程に移行する。

具体的には、10~100kV 程度で使用できるデルタ型球面・高次収差補正機構および軸外収差の発生を抑制した色収差補正機構など、商用機に搭載可能な次世代の収差補正装置を開発し、幅広いニーズに対応できる低加速高性能電子顕微鏡を実現する。また、これに加えて、単分子・単原子計測に特化した電子分光機能や環境制御機能を備えた世界に例のない高機能電子顕微鏡を開発する。

本研究加速課題により、軽元素材料の単分子・原子観察のみならず、有機材料、生体材料など (ソフトマター) が観察可能となり、反応の直接観察による高効率太陽電池開発や創薬への原子レベルのアプローチなど、多分野にわたる研究の飛躍的な発展が期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 電子顕微鏡、収差補正技術、単分子イメージング

【研究題目】 平成22年度活断層の地震規模及び活動性評価の精度向上に関する検討

【研究代表者】 吾妻 崇 (活断層・地震研究センター)

【研究担当者】 吾妻 崇、谷口 薫、近藤 久雄、
宮下 由香里 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

活断層から発生する地震の規模の評価および活断層の活動性に関する評価の精度を向上させることを目的として、1) 孤立した短い活断層の評価、2) 近接した断層の連動の評価、および、3) 断層破砕物質を用いた活断層の活動性の評価手法の検討、の3課題に関する研究を実施した。

1) 孤立した短い活断層の評価

「孤立した短い活断層」の該当条件を地表長15km未滿、直近の活断層からの隔離距離が5km以上とし、

既存の活断層図から対象断層を抽出してカタログを作成した。対象断層となった98の活断層について、縮尺1万分の1または2万分の1の空中写真を用いた地形判読、数値標高モデル (DEM) を用いた地形解析 (10断層のみ) を実施し、縮尺2万5千分の1の活断層分布図を作成した。さらに、地質構造や重力異常分布から推定される地下構造と地表で認められる活断層との関係性を分析し、地下の断層長を評価した。その結果に基づき、「孤立した短い活断層」の評価手法の確立と精度の向上を図った。

2) 近接した断層の連動の評価

山田断層帯を対象として、過去に複数の断層セグメントが連動した場合とそれぞれのセグメントが別々に活動した場合を分離し、近接した複数のセグメントが連動破壊する可能性とその評価手法について検討を行った。まず、断層帯に沿う約64km²の範囲で航空レーザー測量による0.5m 数値標高モデル (DEM) を作成した。得られた DEM データから地形陰影図などを作成し、断層に沿った微小な変位地形の分布と変位量を予察的に明らかにした。また、山田断層帯の東部においてトレンチ掘削調査、オールコアボーリングを実施し、得られた試料の年代測定と火山灰分析を行った。これらの調査結果をもとに山田断層の具体的な古地震像を明らかにした。

3) 断層破砕物質を用いた活断層の活動性評価手法の検討

山口県に分布する岩国断層帯を対象として、活動履歴調査及び断層破砕物質の分析を実施し、その結果および既存の調査成果に基づいて、断層破砕物質の特性に基づいた活断層の活動性評価手法の適用性について検討した。活動履歴調査としては、6孔のオールコアボーリングと2地点 (甘木地点、野口地点) でのトレンチ掘削調査および地層の年代測定と火山灰分析を実施した。また、トレンチ壁面から断層岩を20試料採取し、鉱物分析と化学組成分析を実施した。これらの結果、岩国断層帯を構成している各断層は、断層破砕物質の特徴によって活動性が区別されることと、その判断指標は鳥取県西部地域の事例研究で示されたものが適応可能であることが明らかとなった。

[分野名] 地質

[キーワード] 活断層、孤立した短い活断層、連動破壊、断層岩、活動性評価

[研究題目] 量子情報処理プロジェクト「光格子時計の絶対周波数測定及び国際原子時計への貢献」

[研究代表者] 洪 鋒雷 (計測標準研究部門)

[研究担当者] 洪 鋒雷、安田 正美、稲場 肇、保坂 一元、赤松 大輔、雨宮 正樹、今江 理人、鈴山 智也、渡部 謙一

(常勤職員9名)

[研究内容]

近い将来光格子時計の周波数精度は、秒の定義であるセシウム原子時計を上回る可能性がある。セシウム原子時計の限界を打破し、光格子時計の優位性を明らかにするために、Yb 原子及び Sr 原子を用いた光格子時計の開発及び高度化を行った。今年度まずは、平成23年3月11日に起きた東日本大震災の影響で実験室及び研究室において大きな被害が発生し、全面復旧するまでに多くの時間を要した。復旧後、Yb 光格子時計においては、時計遷移励起用レーザー周波数を掃引するための音響光学変調器のシフト周波数を計算機で制御することにより、レーザー周波数を時計遷移に安定化することに成功した。その結果、Yb 光格子時計の安定度評価が可能となった。また、昨年報告した1064 nm→578 nm への線幅転送を利用した系で、578 nm 用の光共振器を用いた場合と同様に時計遷移レーザーの周波数安定化に成功した。一方、光格子用レーザーの周波数を光コムに安定化することに成功し、1 MHz 以下の不確かさを実現した。さらに、2台の光コムを用いて光格子用レーザーの絶対周波数計測を行い、魔法波長の光格子用レーザーを実現した。Sr 光格子時計においては、まず⁸⁸Sr を1次元光格子へ導入することに成功した。また、⁸⁷Sr を冷却するために必要なレーザー光源開発を行い、それを用いて⁸⁷Sr の第二次冷却に成功した。続いて、⁸⁷Sr 原子集団を光格子へ導入することにも成功した。さらに、線幅転送法を利用した Sr 時計遷移レーザーの開発に着手した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 光格子時計、光周波数コム、光周波数測定

[研究題目] マイクロシステム融合研究開発

[研究代表者] 前田 龍太郎 (集積マイクロシステム研究センター)

[研究担当者] 前田 龍太郎、高橋 正春、高木 秀樹、小林 健、松本 壮平、岡田 浩尚、亀井 利浩、張 毅、井上 朋也、松本 純一、高田 尚樹、栗原 一真、魯 健、尹 成圓、澤田 篤昌、山本 泰之 (計測標準研究部門)、村上 直、Zhao Gang、田中 久美子、伊藤 佐千子、伊賀 秀文、Park Sang-Cheon、前田 敦彦、橋本 はる代、大瀧 憲一郎 (常勤職員16名、他9名)

[研究内容]

MEMS と微細集積回路など異種要素を融合した、高付加価値なマイクロシステムの実現を目指し東北大学と協力して開発を進めている。東北大学では「ヘテロ集積化初期試作」、「試作コインランドリ」、「超並列電子線描

画装置」をサブテーマとして実施し、「ヘテロ集積化量産試作」、「高効率 MEMS 融合製造技術」のサブテーマを産総研にて実施している。

「ヘテロ集積化量産試作」では、東北大学の「ヘテロ集積化初期試作」や産総研において開発する各種デバイスを、実際の民生機器に適用するための量産試作の場を提供する。平成23年度は、連続ゾルゲル装置を用いた PZT 薄膜の8インチウエハレベル形成に取り組み、電圧印加処理により残留分極 $2Pr$ が $50\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 以上の性能をばらつき5%以内で実現した。MEMS 粘性センサについて、幅 $40\mu\text{m}$ 、厚さ $400\mu\text{m}$ の振動体上に歪ゲージを集積化することに成功した。ポイントオブケアマイクロ流体バイオチップについて、レーザーダイオード光源部の 45° ミラー形成プロセス、配線用の TSV 形成プロセスを確立した。

「高効率 MEMS 融合製造技術」では、異種デバイス集積化のための接合プロセスやシリコン貫通配線基板、微細成形による MEMS 製造技術などの、低コスト低環境負荷の MEMS 製造プロセスの開発を進めている。大口径ウエハ対応の常温接合装置を開発し、MEMS 構造の封止保護と電気接続を同時に実現するための金属膜の接合技術について検討した。また、フレキシブルで効率的な集積化技術を実現するため、液体の表面張力を利用したセルフアセンブリにより、デバイスチップを高速に配置位置決めする技術を開発した。微細成型技術による MEMS デバイスの作製では、生産性に優れた射出成形により MEMS 構造を作製する技術を確立するとともに、テストデバイスの試作を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ヘテロ集積化、MEMS、圧電材料、微細接合、微細成型

【研究題目】 事業者の自主的リスク評価・管理を支援する環境リスク評価ツールの開発

【研究代表者】 林 彬勸（安全科学研究部門）

【研究担当者】 林 彬勸、内藤 航、加茂 将史、山田 千恵、平田 絵里子（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

化学物質による生態リスクの評価は、専門知識や情報の収集・解析が必要となり、膨大な労力・時間を必要とする。また評価手法が近年急速に発達し、個体レベルでの影響評価から、より生態学的に関連の深い「種の感受性分布」や「個体群存続影響」を評価するよう変わりつつある。しかし、国内外においてこれら手法を利用可能なツールはまだない。本研究では、前記評価手法を盛り込み、利用者の様々なニーズに対応する環境リスク評価ツールを作成・公表し、特に事業者の自主的リスク評価・管理に寄与することを目標とする。2010年度までに、デモ用に2物質のデータを実装し、暴露マージン、種の

感受性分布、個体群存続影響評価手法を搭載した初期的なプロトタイプが出来ている。

2011年度は、2010年度の研究成果を踏まえて、次の項目を中心に研究を実施した。1) PRTR・MSDS 対象385物質を含む約3500物質の関連データの収集・解析を行い、ツールにビルドインできる仕様の作成を行った。2) 新規物質の評価機能を搭載した。3) プロトタイプの視覚化作業を行った。4) ユーザマニュアルを作成した。5) 以上の成果をデモ版（β版）としてまとめ、産業界に配布・ニーズをヒアリングし、更なる開発課題の抽出を行った。産業界の主なニーズから、以下のような主な開発課題があることを明らかにした。1) 化審法、化管法や REACH 法など各種法規制へ対応可能なこと。2) 事業者が保有するデータを用いて評価可能なこと。3) データが欠乏している場合、外挿することで評価可能なこと。4) 分かりやすい用語の選定・解説によるインターフェースであること。5) 容易に理解・解釈できる評価結果を提示すること。今後、引き続き産業界のニーズをヒアリングして、産業界に真に役に立つ「ニーズ型指向」のツールを開発する。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 生態リスク評価、評価ツール、ユーザーフレンドリー、種の感受性分布、個体群存続影響

【研究題目】 通信プロトコルとその実装の安全性評価に関する研究開発

副題：形式手法によるプロトコル実装の検証技術と形式仕様に基づく網羅的ブラックボックス検査技術の開発

【研究代表者】 柴山 悦哉

（情報セキュリティ研究センター）

【研究担当者】 柴山 悦哉、須崎 有康、大岩 寛、Reynald Affeldt、David Nowak、Nicolas Marti、飯島 賢吾、八木 豊志樹（常勤職員4名、他4名）

【研究内容】

インターネットでは多様な通信プロトコルが使われている。一方で、そのソフトウェア実装の問題が脆弱性などにつながる事例も報告されている。このような問題は、仕様自体に曖昧さが含まれ、ソフトウェアを仕様通りに実装する技術も未熟なために発生する。

この問題に対処するために、(1) 形式記述によりプロトコル仕様の曖昧さを排し、(2) ソフトウェアのソースコードが入手可能な場合には形式検証を行い、(3) そうでない場合には、形式仕様からの網羅的テストケース生成と仮想環境でのフォールトインジェクションを含むテストを行う方式を考案した。

プロジェクトでは TLS (Transport Layer Security) を対象に研究開発を進めている。平成23年度は、TLS 仕様の形式記述、C 言語実装の形式検証、仮想マシン

(VM) 制御プロトコルの設計、VM のロールバックの各方式の研究を進めた。形式仕様記述では、TLS の原仕様 (RFC 5246) から曖昧な箇所を発見し、堅固な形式仕様を得た。C 言語実装の形式検証基盤では、低レベル言語に対応した分離論理で仕様を記述し、定理群のライブラリを標準的補題で補充した。網羅的テストケース生成による実装のブラックボックス解析技術では、プロトコル仕様記述言語の設計、その仕様記述を解釈・実行して正常系の通信を自動的に行うプロトコル解釈・実行器の設計・初期実装、プロトコル解釈・実行器と VM を連携させて網羅的に検査するための VM 制御プロトコルの設計を行った。この設計に基づき制御される VM として、二重の仮想化とプロキシを使うプロトタイプを作成し動作を確認した。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] 暗号通信プロトコル、形式仕様、形式検証、仮想化、ブラックボックステスト、フォールトインジェクション

(3) その他の外部資金

【研究題目】YBCO 薄膜の磁束ピン止め研究のための制御されたナノ欠陥の作製

【研究代表者】Bagarinao Katherine

(エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】Bagarinao Katherine (常勤職員1名)

【研究内容】

独自の手法でピン止め点を導入する研究では、初めの試みとしてナノメーターサイズの細孔を有する陽極酸化アルミナ (AAO) 自立膜とともにアルゴンイオンミリングを用いて、YBCO 薄膜に制御されたナノスケール欠陥 (ナノ欠陥) を導入する方法を数種類検討した。今年度は臨界電流密度 J_c の向上を目指し、欠陥の少ない YBCO のフッ素フリー有機酸塩塗布熱分解法 (MOD) 膜を中心にして、アルゴンイオンミリングの条件及びその後の酸素熱処理アニール効果を調べた。また、同様な方法で微量の希土類を添加した YBCO 膜にナノ欠陥を導入し、更に高い J_c が得られた。今まで 200A/cm 以上クラスのフッ素フリー MOD 膜 (膜厚: 700nm) の再現性が良くなかったが、ナノ欠陥の導入による最高の臨界電流の単位幅 I_c/w は $\sim 230A/cm$ を達成した。希土類添加の効果はまだ明らかではないが、ナノ欠陥の導入と合わせて臨界電流を更に大きく向上させることが分かった。ナノ欠陥を導入したフッ素フリー MOD の YBCO 薄膜のピン止め機構を解明するため、液体窒素温度 (77.3K) における J_c の角度依存性の測定及びインプレーン X 線回折測定と分析を行った。 J_c の角度依存性の評価により、 c 軸相関ピンの寄与が少ないと見かけられるが、ランダムピン及び ab 面相関ピンの寄与が大きくなることが分かった。更に、Grazing 入射角度のインプレーン X 線回折測定を行い、インプレーンマイクロストレーンを評価した。結果は、as-grown 膜に比較してナノ欠陥を導入した YBCO 膜の方が酸素欠損によるインプレーンマイクロストレーンは高いことを確認した。そして YBCO 薄膜の微細構造を調べたところ、多くの積層欠陥の存在が確認されたため、ランダムピンと ab 相関ピンは、イオンミリングで引き起こす積層欠陥周辺部における酸素欠損に起因すると考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高温超電導、薄膜、ピン止め、臨界電流密度、欠陥、陽極酸化アルミナ自立膜、アルゴンイオンミリング、酸素熱処理アニール

【研究題目】不凍タンパク質及び不凍合成高分子の凍結抑制メカニズムの解明

【研究代表者】稲田 孝明 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】稲田 孝明、平野 聡、小山 寿恵 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

不凍タンパク質 (AFP) や不凍合成高分子 (AFSP) は、平衡融解点以下で氷の結晶成長を完全に止めたり、また氷の再結晶を抑制したり、氷の核生成を抑制するなど、氷に対して特殊な効果を持つことで知られているが、それらの効果の統一的な理解は進んでいない。本研究は、AF(S)P の凍結抑制メカニズムの解明を目的としている。平成23年度は、氷核活性物質としてよう化銀の微粒子を使用して、AF(S)P がよう化銀の氷核活性に及ぼす影響を、水/油 (W/O) エマルジョンと顕微鏡観察を利用した核生成温度の測定によって調べ、AF(S)P の凍結抑制メカニズムを考察した。その結果、AF(S)P 分子は、よう化銀の表面に選択的に作用することによって氷の核生成を抑制していることがわかり、その選択的な作用は AF(S)P の種類によってさまざまであるため、AF(S)P の種類によって氷核活性の抑制効果が異なることがわかった。また、氷核活性を抑制するいくつかの合成高分子や生体物質を新たに確認することができた。さらに、氷核活性の抑制効果を示す AFSP のほとんどで、氷の結晶成長を抑制する効果が見られなかったことから、氷核活性抑制効果と氷の結晶成長抑制効果は、別のメカニズムで発生している可能性が高いことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】氷、核生成、タンパク質

【研究題目】CO₂を作動媒体とする地中熱利用ヒートポンプの実験および数値解析による研究

【研究代表者】遠藤 尚樹 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】遠藤 尚樹、Seghouani Lotfi (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

現在、普及が促進されつつある地中熱利用ヒートポンプの地中熱交換器部分はブラインを利用したシステムが主流である。一方で、地中熱交換器内で作動媒体が直接膨張或いは直接凝縮するシステム (以下直膨システムと呼ぶ) は、ブラインシステムにおいて生じる作動媒体とブラインとの熱交換の際のエクセルギー損失がなく、また、ブラインポンプが省略できる。現在主に使われている作動媒体は、フロン系冷媒であるが、この冷媒は、地球温暖化係数が問題となっており、これが無視できるような作動媒体を用いることが望ましい。本研究では二酸化炭素を作動媒体としたシステムを対象に研究を行う。実験では、直接凝縮或いは膨張のシステムにおいて媒体の分布状態を考慮に入れて、特に臨界温度以下の凝縮が可能になるかどうかの検討を行い、また、数値シミュレーションでは、直接実験を行わない土中条件のシミュレーションを行う計画である。

実験的研究では、直膨システムのための模擬熱交換器として、二重円筒の容器を製作した。内側の円筒には水を張り、ブライン熱交換器および直接凝縮・膨張熱交換

器を挿入し、外側の円筒には内側の円筒内の水が土中温度条件になるように、温度調整のための水を循環させる。内管、外管ともに塩ビ製であり長さは4m弱、内径はそれぞれ146mm、201mmであり、ブラインを使用するときの伝熱促進法の検討を行った。ブライン用の熱交換器はポリエチレン製の管であり、内径23mm外径26mmのものを使用した。

シミュレーションは二酸化炭素の管内鉛直管内蒸発の過程を評価するための計算コードの作成を進めた。数多くある実験式の中から、Shah の式と Gungor-Winterton の式を優れたものとして選んだ。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ヒートポンプ、作動媒体、二酸化炭素、地中熱、数値シミュレーション

〔研究題目〕 太陽光・風力発電大量導入のための直接負荷制御法に関する研究

〔研究代表者〕 近藤 潤次（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 近藤 潤次（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

太陽光・風力発電は主に電力系統に連系して運転されるが、その発電出力は激しく変動することから、大量導入すると電力系統への悪影響が懸念される。本研究は、情報家電等が普及し、個別機器との情報通信が容易になる将来を想定し、電力系統に繋がる負荷の消費電力を通信手段を用いて制御し、太陽光・風力発電の出力変動を系統全体で補わせることで、太陽光・風力発電の導入可能量を増大させる技術を確認する。

研究計画：

昨年度までに、提案手法に従い系統周波数計測に基づく自律制御、かつ双方向通信による直接制御をできる制御ボードを開発した。それを青森県六ヶ所村にある実際の戸建住宅3軒に設置された CO₂ヒートポンプ給湯機にそれぞれ組み込み、実使用状況下での実証試験を行う。年度進捗状況：

各住宅のヒートポンプユニット（室外）の上に計測器箱を設け、その中に試験用の機器を設置した。NTT 東日本のフレッツ光ネクストおよびフレッツ VPN ワイドに加入することで、茨城県つくば市の実験室内に設置したパソコンにより、計測機器および制御ボードが取得したデータの1秒毎リアルタイム監視と、制御ボードの遠隔操作（直接制御）を可能とした。これにより、2011年6月から2012年3月まで実証試験を実施した。試験の結果、まず自律制御モードにより系統周波数の増減と共に3台のヒートポンプ給湯機の総消費電力を増減できていることが確認できた。また、青森県にある住宅のヒートポンプ給湯機を茨城県にあるパソコンからの遠隔操作で強制的に ON することに成功した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 風力発電、出力変動、電力系統、周波数変動、ヒートポンプ給湯機

〔研究題目〕 微細構造による蓄熱材の過冷却度制御の研究

〔研究代表者〕 平野 聡（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 平野 聡（常勤職員1名）

〔研究内容〕

エネルギー有効利用の観点から、物質の相変化を利用して高密度かつ高有効熱エネルギー効率で蓄熱可能な技術の重要性が高まっている。相変化蓄熱材の過冷却度を能動的に制御できれば、貯蔵された熱の抽出が需要に応じて可能な高効率蓄熱・熱利用システムを実現することができる。そこで、高融点の相変化蓄熱材候補物質の固液臨界半径を推定するとともに、微細構造が過冷却度に及ぼす影響を調べる実験を行った。

高融点の蓄熱材候補の有機化合物としてエリスリトール（融点118℃）、マンニトール（融点167℃）を取り上げ、融点、融解熱等の熱物性、粘性係数の温度依存性等を測定し、均一核生成理論から固液平衡の臨界となる半径を推定した。その結果、過冷却度5K~1K までの臨界核半径は、エリスリトールが20nm~110nm 程度、マンニトールが30nm~140nm 程度になるものと推定され、数十~数百ナノメートル程度のサイズでの凝固促進が、これら物質の発核制御に有効であることがわかった。また、微細構造が過冷却度に及ぼす影響を調べるため、300~500nm ピッチの回折格子を複数種用いて、磷酸水素二ナトリウム十二水和物（融点36℃）の凝固促進を試みたが、それら規則的微小構造物の単純な接触では明白な効果を観察するに至らなかった。

糖アルコールは給湯・暖房温度に適した安全な相変化蓄熱材として有望視されている。本研究結果は、カプセル型蓄熱材の最大過冷却度をナノオーダーの分子クラスターの発核によって制御できる可能性を示しており、相変化蓄熱材の過冷却制御、最適設計に有用な知見となる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 蓄熱、過冷却、核生成、表面・界面物性

〔研究題目〕 鉄系超伝導体の強い電子-格子相互作用の研究

〔研究代表者〕 李 哲虎（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 李 哲虎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

2008年に新型超伝導体 LaFeAsO_{1-x}F_x が発見されたのを契機に鉄系超伝導が一躍注目を浴びるようになった。現在、超伝導転移温度は T_c=56K にまで達しているが、この高い T_c を単純な BCS 理論で説明することは難しい。超伝導の発現機構解明に向けた研究が現在盛んに行われている。

本研究では主に中性子散乱を用いて、鉄系超伝導体の

結晶構造及び素励起を調べることにより、超伝導の発現機構解明を目指している。これまでの研究により、結晶構造と T_c の間に強い相関関係があることを見いだしている。その結果に基づき、 T_c をさらに上げるための戦略も提案している。本研究ではまた、中性子散乱実験に必要な大型単結晶を数多く作製している。作製が難しいとされているアルカリ金属元素を含有した単結晶の作製にも成功している。これらの単結晶を用いることにより中性子非弾性散乱実験が可能となり、磁性と超伝導の相関関係が明らかとなった。また、格子ダイナミクスと超伝導の強い相関関係も明らかにした。このように、本研究によって鉄系超伝導体では格子、磁性と超伝導が互いに強く相関し合うことが明らかとなった。現在、超伝導の機構解明に向けてさらなる研究を進めているところである。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 超伝導、中性子散乱

〔研究題目〕 高強度超短パルスレーザーによって駆動された電離波の構造と安定性に関する理論的研究

〔研究代表者〕 加藤 進 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 進 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

高強度レーザーを用いた粒子加速や高速点火核融合では、レーザーとターゲットとの相互作用によって発生した大電流密度の高エネルギー電子ビームが中性媒質中を伝播する。この時に生成される電場によって中性媒質は急速に電離する。プラズマが生成されると、その分極によって静電場は遮蔽される。一方、プラズマが加熱されることにより、衝突過程による電離が進む。このような過程で、中性媒質からプラズマへの遷移過程で励起された電離波が、プラズマへの発展を支配し、最終的な粒子のエネルギー、量、品質を決定する大きな役割を担っている。本研究の目的は、このようなプラズマ生成すなわち電離過程に伴う複雑な現象を理解することである。

本研究では、高エネルギー電子の伝播と電離波を記述する運動論に基づいたモデルを構築し、シミュレーションによる電離波の構造、安定性、及びその高エネルギー電子伝播への影響を解明する。

大電流電子ビームが中性媒質中を伝播することによる電離面の形成では、電子ビームによる直接衝突電離、背景電子による衝突電離、電場による直接電離過程が重要となる。電離の素過程として、静電場による直接電離には Landau モデル、背景電子による衝突電離には放電モデルで広く利用される Boltzmann 方程式に基づくモデルを用いることにより、電離波面の1次元的な構造を背景物質の電離係数と衝突周波数のみに依存する形で決定した。電離面の構造は、主に電離によって生じた背景電子による電場の遮蔽と衝突電離過程に支配されてい

る。しかし、電子ビームの密度があるしきい値を超えると、電場による直接イオン化の影響が重要となることを明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 プラズマ、核融合、粒子加速、高エネルギー電子、原子・分子物理、電離過程、高強度レーザー

〔研究題目〕 レーザープラズマ加速電子線を用いたフェムト秒 X 線パルス生成と時間分解 X 線回折応用

〔研究代表者〕 三浦 永祐 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 三浦 永祐、田中 健治、柏屋 駿、黒田 隆之助、豊川 弘之
(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、レーザープラズマ加速で得られるフェムト秒電子線パルスとフェムト秒レーザーパルスを相互作用させ、レーザーコンプトン散乱を用いてフェムト秒 X 線パルスを発生し、それを時間分解 X 線回折等の高速現象観測に応用することを目的としている。

レーザーコンプトン散乱を用いて X 線を発生するには、電子加速用レーザーパルスと電子散乱用レーザーパルスの高精度の同期衝突が必要である。プラズマ中で2レーザーパルスの重ね合わせで起こる非線形トムソン散乱による2倍高調波光発生を用いた同期衝突法の確立に着手した。1パルスを用いた予備的実験を実施し、2倍高調波光の発生を観測した。2倍高調波光の強度がレーザー強度のほぼ2乗に比例していることから、非線形トムソン散乱によって発生したことが確認され、その観測手法を確立した。また、2倍高調波光の強度と同時に発生するエネルギーの揃った準単色電子線のピークエネルギー、電荷量には相関があることを明らかにした。

また、X 線検出系の構築を進めた。これまで電子線の検出器として用いていた蛍光板の X 線に対する感度を、シミュレーションコード EGS5を用いて評価した。蛍光板は15~150keV の X 線に対して感度があるが、エネルギー10MeV 以上の電子線に対する感度の1/10程度であることがわかった。1パルスあたり 10^7 程度の光子数が得られれば、シングルショットで電子像と X 線像の同時計測が可能であり、蛍光板を検出器とした電子、X 線の同時計測系を構築した。

〔分野名〕 環境・エネルギー、標準・計測

〔キーワード〕 高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザープラズマ加速、レーザーコンプトン散乱

〔研究題目〕 電子とのハイブリッド加速を用いたレーザー陽子ビーム生成

〔研究代表者〕 三浦 永祐 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 三浦 永祐、田中 健治、柏屋 駿
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、レーザープラズマ加速を用いて高エネルギー電子ビームを発生し、その電子群を陰極としてレーザー照射薄膜の裏面との間に電場を形成し、陽子を加速するレーザー陽子ビーム生成新手法の原理を実証することを目的としている。

本手法では、薄膜ターゲットへのレーザー照射で裏面に放射される電子が形成する電場よりも、レーザープラズマ加速で発生する電子ビームが形成する電場が支配的であることが必要である。そのためには、高エネルギーで、電荷量が高く、発散角の小さなエネルギーの揃った準単色電子ビームが必要となる。本年度は、陽子の加速電場の陰極を形成する準単色電子ビームを安定に発生することを試みた。

波長800nm、エネルギー750mJ、パルス幅50fsのレーザーパルスを長さ2mmのヘリウムガスジェットに照射し、電子ビームを発生した。プラズマの電子密度が $1.3 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ の時に、ピークエネルギーが50~100MeV、単色ピークの電荷量が10pC程度、発散角が10mrad程度の準単色電子ビームが得られた。電子ビームのエネルギースペクトルをシングルショットで観測して準単色電子ビーム発生時の安定性を評価した。10pC程度の電荷量を持つ準単色電子ビームを90%程度の高い確率で得ることに成功した。

固体飛跡検出器 CR39を積層して用い、エネルギー損失フィルター法によって陽子ビームのエネルギー分析を行うため、検出器の設計に着手した。シミュレーションを用いて陽子のエネルギー阻止能を評価した。エネルギー3MeVの陽子の飛程は200 μm 程度であり、1MeV程度のエネルギー分解能を得るには、100 μm 程度のCR39を積層して用いる必要があることがわかった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 高出力レーザー、プラズマ、量子ビーム、レーザープラズマ加速、レーザー陽子ビーム生成

〔研究題目〕 フェロアロイを用いたV系水素貯蔵材料の創製と貯蔵水素の挙動の解明

〔研究代表者〕 浅野 耕太 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 浅野 耕太 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

燃料電池車の本格普及に向けて、現在開発が進められている水素貯蔵材料に体心立方(BCC)構造をもつV基合金がある。BCC合金の開発には、量産には向かない高コストの高純度V金属素材が用いられることが一般的である。本研究では、高純度Vに比べて酸素および鉄などの不純物元素濃度は高いが、コストが低いフェ

ロバナジウムをベースとした合金開発を行う。固体核磁気共鳴(NMR)およびX線実験などを駆使して、作製した合金あるいはその水素化物の結晶構造、水素の占有サイトおよび拡散挙動に不純物元素が及ぼす影響を解明する。得られる結果を基に合金作製方法を検討して、実用に適した水素吸蔵放出性能をもつ合金の開発を目指す。研究計画：

はじめに、酸素濃度および鉄濃度が異なる種々のV金属素材を購入あるいは作製して、それらの水素吸蔵放出性、水素化物中の水素の占有サイトおよび拡散挙動などを解明する。また、フェロバナジウムを用いて合金を作製し、合金構成元素が前述の諸性能および物性に及ぼす影響を明らかにする。得られる知見より合金の組成および金属組織等を最適化して、フェロバナジウムベースの水素貯蔵材料を試作する。

年度進捗状況：

酸素濃度が100~12000mass ppmのV金属と3規格のフェロバナジウムを準備して、それぞれの不純物濃度および水素吸蔵放出性を明らかにした。室温付近において、V金属は低水素吸蔵量側から1水素化物相および2水素化物相を生成する。1水素化物相の安定性は2水素化物相に比べて極めて高く、大気圧から数MPaの水素圧力範囲では、1水素化物相-2水素化物相間の相転移によりVは水素を吸蔵あるいは放出する。V中の酸素濃度が約4000mass ppm以上になると、少なくとも10MPa以下の水素圧力では2水素化物相の生成はほぼ見られなくなり、Vの水素吸蔵量が大幅に減少することが分かった。また、酸素濃度が異なる3種類のVについて、1水素化物相試料を作製して固体NMR実験を行った結果、水素の拡散の活性化エネルギーは酸素濃度の上昇によって増加することが明らかになった。これらの結果は、V中の酸素濃度がある量以上になると、水素吸蔵量が大幅に減少し、かつ、水素の拡散が遅くなることを示している。

一方、3規格のフェロバナジウムには鉄および酸素以外の不純物元素として、アルミニウムおよびシリコンも含まれていることが元素分析によって明らかになった。3規格のうち最もV量が多い組成のフェロバナジウム($\text{V}_{80}\text{Fe}_{10}\text{Al}_8\text{Si}_2$)でも、室温および10MPaの水素圧力下において2水素化物相の生成は確認されなかった。固体NMR実験により、1水素化物相中の水素の拡散の活性化エネルギーを見積もった結果、酸素濃度100mass ppmのVの1水素化物中のものに比べて値は大きいことが分かった。しかし、フェロバナジウムがVに比べて水素吸蔵量が少ないことおよび水素化物相中の水素の拡散速度が遅いことに関する詳細なメカニズムは未解明であり、今後継続して明らかにしていく予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 水素エネルギー、水素貯蔵材料、固体核磁気共鳴(NMR)法、フェロアロイ

〔研究題目〕 燐光寿命を利用した気体流れの温度速度 関連計測

〔研究代表者〕 染矢 聡 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 染矢 聡 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では燐光粒子の燐光寿命 (明るさの時間変化) を利用し、1台の紫外線レーザーと高速カメラで、共通の画像から任意の作動流体 (空気、水、油など) の温度と速度を二次元高精度同時計測する手法を確立する。燐光寿命に基づく温度測定では、粒子の移動を考慮し、これまでより適用可能範囲を広げる。加熱気体流れの基礎実験に適用し、温度精度 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、時間分解能 $100\mu\text{s}$ を達成する。また、シミュレーション画像を利用して精度評価を行う。

これらの研究目的達成に向けて、平成23年度は画像処理プログラムの高度化、試験装置試作と予備実験、シミュレーション画像による精度評価に着手した。画像処理プログラムについては、これまでよりも速い流れに対応できるよう、粒子を追跡しながら燐光寿命を評価することを可能とした。今後、改善を続けつつ完成度を高める。基礎実験装置の試作については完了した。装置内流れに燐光粒子をシーディングした結果、気流に追従して流れることを確認できた。ただし、特に低速条件で装置内流れを起こすための内臓ファンの回転数が不安定になり、流速が安定しない問題点が見つかったため、現在、対策を講じている。シミュレーション画像による精度評価については、シミュレーション画像の作成ツール開発を完了した。改良した画像処理プログラムを用いてシミュレーション画像の解析を行い、適用可能範囲に関する検討に着手した。

本研究では開発手法を、内燃機関シリンダ内の温度・速度計測に適用し、予混合圧縮着火 (HCCI) 燃焼方式の高度化に寄与することも目的の一つとしている。これについて内燃機関試験システムに燐光粒子をシーディングする装置の開発を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 可視化、温度分布、蛍光

〔研究題目〕 原子クラスターの形態を制御した硫化物 熱電材料の開発

〔研究代表者〕 太田 道広 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 太田 道広 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

熱電発電デバイスは、産業・民生・運輸部門から棄てられている膨大な廃熱を再生可能な電気エネルギーとして回収できるため、省エネルギーと CO_2 排出量削減の観点から大きな注目を浴びている。本研究では、モリブデン (Mo) と硫黄 (S) から成る原子クラスターを骨格構造として持つモリブデン硫化物において、原子クラスターとその間に存在する空隙の形態を制御すること

で、熱と電気の輸送特性の同時制御を実現して、優れたp型の熱電特性を発現させることを目的としている。本年度は、 Mo_6S_6 一次元ワイヤーを基本構造としている $\text{K}_3\text{Mo}_6\text{S}_6$ 、 Mo_9S_{11} クラスターを基本構造としている $\text{K}_{2.4}\text{Mo}_9\text{S}_{11}$ 、 Mo_6S_8 と Mo_9S_{11} クラスターを基本構造としている $\text{K}_{2.2}\text{Mo}_{15}\text{S}_{19}$ を合成して、原子クラスターの形態と熱の輸送特性 (熱伝導率) の関係を明らかにした。

出発原料である Mo、 MoS_2 、 K_2MoS_4 を所定の割合で混合して Mo るつぼに入れ、真空中で 1413K 、8時間の条件で反応させることで、上記三種類のモリブデン硫化物の合成に成功した。ここで、 K_2MoS_4 は、対応する酸化物 (K_2MoO_4) を石英ボートに入れて、 673K 、8時間の条件で CS_2 ガスを用いて硫化させることで作製した。次に合成した $\text{K}_3\text{Mo}_6\text{S}_6$ 、 $\text{K}_{2.4}\text{Mo}_9\text{S}_{11}$ 、 $\text{K}_{2.2}\text{Mo}_{15}\text{S}_{19}$ 粉末をグラファイト型に入れて、真空中で 40MPa 、 1373K 、2時間の条件で焼結して緻密な焼結体を作製し、その熱伝導率を評価した。熱伝導率は各試料で異なる値を示し、この結果は原子クラスターの制御を通じて熱伝導率を調整できることを示唆している。ユニット・セルがもっとも大きく、かつ二つの原子クラスター (Mo_6S_8 と Mo_9S_{11}) から成る複雑な結晶構造を有している $\text{K}_{2.2}\text{Mo}_{15}\text{S}_{19}$ において、熱電材料として有利な低い熱伝導率を見出した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 熱電発電、熱電変換材料、廃熱利用、低環境負荷材料、硫化物、クラスター構造

〔研究題目〕 リチウム電池用電極材料の二相共存反応 における核発生と相境界移動メカニズム の解明

〔研究代表者〕 大久保 将史

(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 大久保 将史 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の開発が期待されている。本研究では、2相共存反応を示す電極材料における電気化学反応メカニズムの解明を目指す。

平成23年度においては、2相共存反応を示す LiMn_2O_4 におけるポテンシャルステップ印加後の電流応答を解析するためのモデル開発を行い、特に、Scharifker-Hillsモデルを応用することで実測データの再現が可能であることを示した。このことは、微視的な核発生メカニズムを理解する上で非常に重要であり、様々な材料系へのモデル応用を行う必要性が示唆される。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 2次電池、正極材料、ナノ材料

〔研究題目〕 水蒸気由来水素による水素化を伴う重質油からの軽質燃料油製造技術の開発

〔研究代表者〕 麓 恵里（エネルギー技術研究部門）

〔研究担当者〕 麓 恵里（常勤職員1名）

〔研究内容〕

有限な石油資源を有効活用するため、石油精製過程で副生する常圧・減圧残油等の重質油から軽質燃料油を製造する技術開発が求められている。重質油の分解においてアルケンの少ない高品質な軽質油を製造するには水素化分解が有望である。しかし、水素は高価であるため、本研究では水蒸気を水素源として利用する重質油の軽質化について検討し、アルケンの少ない高品質な軽質燃料油の製造を目指す。

固定層型流通式反応器にジルコニアとアルミナを含む酸化鉄触媒を充填し、常圧残油と水蒸気を供給し、重質油分解実験を大気圧、475℃で行った結果、ガソリン、灯油、軽油等の軽質油と二酸化炭素が生成した。原料供給量に対する水蒸気の供給割合が増加すると、二酸化炭素の生成量が増加した。本反応では、水蒸気由来の酸素種が酸化鉄の格子酸素を介して重質油と反応して軽質油と二酸化炭素が生成し、同時に水蒸気由来の水素種が生成すると考えられる。そこで、二酸化炭素の生成量から水蒸気由来水素種量を求めた。水蒸気由来水素種は硫化水素、気体炭化水素、及び軽質油へ添加されると考えられる。硫化水素と気体炭化水素を定量した結果、両者へ添加される水蒸気由来水素種は20%以下であった。従って、残りの水蒸気由来水素種が軽質油へ添加されれば、アルケンの生成割合が低下する。そこで、軽質油のアルケン／アルカン比を測定した結果、水蒸気雰囲気下ではアルケン／アルカン比が減少した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 重質油、水蒸気、酸化鉄触媒

〔研究題目〕 規則性2次元ナノポーラス材料を用いた揮発性芳香族化合物ガスセンサ用検知膜の創製

〔研究代表者〕 石井 亮（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 石井 亮、長縄 竜一（環境管理技術研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

目標：

本研究は、揮発性芳香族化合物（以下、AVOC）用ガスセンサにおいて求められる検知膜開発において、提案者が新規に合成した規則性2次元ナノポーラス材料を検知膜素材として適用し、感度向上に資する親AVOC的な細孔の設計構築と成膜による高集積化の課題を検討することにより、AVOCガス用高感度検知膜を創製するための方法を確立する。

研究計画：

AVOC用ガスセンサに資する規則性2次元ナノポーラス材料からなる検知膜の創製のため感度向上に寄与する2つの課題；（1）規則性2次元ナノポーラス材料を用いた均一膜形成条件の最適化と多層化、（2）新規規則性ナノポーラス材料であるアミノフェニル部位導入型材料の合成と高表面積化、について検討を行った。

研究進捗状況：

（1）の課題については、均一膜作成のため各種膜作成方法を用いた膜形成の検討を行った。具体的には、キャスト法や引き上げ法、溶液中での吸着法等について検討した。その結果、水晶振動子電極を材料粒子の懸濁液に浸漬させ、その後粒子の沈降によって電極上に粒子を積層させる方法が最も効果的に均一膜を形成できることが分かった。さらに、電極と当該粒子との結合を安定化させるための電極の前処理法についても検討した。その結果、アミノエタンチオールを電極に被覆した後、上記方法により膜を形成させると感度が向上することが分かった。この方法により、トルエンガスの感度を検討したところ、センサ感度は1.8ppm/Hzであった。これは、去年得られた感度（4ppm/Hz）より2倍程度高い値である。他方、材料粒子の多層化については、感度について向上が見られなかった。

（2）の課題については、アミノフェニル部位を有する新規シラン化合物材料の合成を行った。アミノ基とアルデヒド基の結合形成反応（イミン結合）を利用することにより、アミノフェニルシラン化合物とテレフタルアルデヒドの両端にアミノフェニルシラン化合物を結合した化合物を合成した。得られた化合物を層状化合物であるアイラライトの層間に架橋させることにより、層間距離2.52nmを有する新規アミノフェニル部位導入型材料を合成することに成功した。他方、本材料の比表面積は30m²/gであり、既存のビフェニル型の規則性ナノポーラス材料の比表面積（500m²/g）に比べて小さかった。これはアミノフェニル部位の層間導入量が多すぎるためである。今後、導入量の制御により比表面積を向上させAVOCガス用高感度検知膜を作成する予定である。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 AVOC、トルエン、ガスセンサ、多孔体、水晶振動子

〔研究題目〕 リサイクルプロセス構築のための高温水中でのモノマー類の熱安定性評価と基礎物性測定

〔研究代表者〕 佐藤 修（コンパクト化学システム研究センター）

〔研究担当者〕 佐藤 修、増田 善雄（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究では、高温水によるポリエステル樹脂のケミカルリサイクルプロセスの設計に必要な、反応条件下における原料モノマーの存在形態、平衡定数、熱安定性及び

に微量副生物の検出確認、高温水への溶解度測定を行う。得られた知見を基に、コンピューターシミュレーションによるエネルギー計算を行い、ケミカルリサイクルプロセス実用化のモデル提案を行う。

1) ポリマー及びモノマーの高温水中での安定性評価

エンジニアプラスチックとして利用される代表的なポリエステル樹脂である PBT の分解実験を行い、275℃、30分の条件でほぼ完全に分解できることを確認した。主な分解生成物は、TPA とテトラヒドロフラン (THF) で、収率90%及び80%で回収することができた。原料モノマーのうち、ジカルボン酸である TPA がほぼ定量的に回収されるのに対し、ジオールの1,4-ブタンジオール (1,4-BDO) の収率は2%にとどまった。そこで、1,4-BDO の高温水中での安定性を検討した。水のみでは250℃、30分間の処理で、1,4-BDO が分子内脱水して生成する THF が収率10%で得られたが、大部分の1,4-BDO はそのまま回収された。一方、同条件で TPA を1,4-BDO と同モル量を共存させたところ、1,4-BDO はほぼ定量的に、THF に変換された (収率85%)。このことから、PBT は高温水中で、原料モノマーである TPA と1,4-BDO に加水分解されるが、生成した TPA が高温水中で酸触媒と作用することで、1,4-BDO の分子内脱水反応が同時に進行し、結果的に TPA と THF が生成物として回収されたものと考えられる。

2) プロセスシミュレーション評価

PBT の分解実験を基に、シミュレーションソフトによる PBT の加水分解・生成 TPA 及び THF 回収システムのプロセスモデルを構築、必要なエネルギー試算を行った。微量生成する1,4-BDO を分離せず、再利用水とともに反応系に戻すことで、蒸留にかかるエネルギーが大幅に減少することを見出した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】化学工学、シミュレーション工学、廃棄物再資源化

【研究題目】膜型反応器とマイクロ波照射の融合による化学反応の高効率化

【研究代表者】佐藤 剛一 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】佐藤 剛一、西岡 将輝、東 英生、夏井 真由美 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究は、ガス流通式の固体触媒反応をより効率よく進行させるため、膜型反応器とマイクロ波照射技術を組み合わせた新規な反応手法を提案し、その実現に向けた基盤研究を行うものである。平成23年度は、前年度までの成果をベースとして、マイクロ波照射を膜型反応器に適用するにあたっての制御技術の改善、マイクロ波照射による膜型反応効率化の実証について研究を実施した。

前年度までに膜表面を均一に加熱することが可能な装置を作成しているが、膜触媒反応への最適化を考慮して温度制御等を改善した。すなわち、マイクロ波利用反応においては、照射空間内に熱電対等の導体を設置することが不可能なため、温度測定は放射温度計等を用いた非接触測定が主となる。そこで、特に、照射したマイクロ波の反射波を解析することで、触媒の温度を非接触で測定する手法を見出した。

さらに、前年度までの成果を踏まえて、流通式固体触媒反応、流通式膜型触媒反応のマイクロ波による効率化を図った。その結果、反応系と触媒の組み合わせによっては、マイクロ波の照射効果が顕著に現れる系があることが分かった。また、気相流通反応では触媒吸着水の影響が著しいこと等を明らかにした。前述の温度測定の精密化を利用し、触媒層温度を測定したところ、ガス流通の影響で温度分布が生じること等が分かった。これらの影響を低減するために、適切な温度制御、もしくは温度勾配を利用した反応場の構築を行い、流通触媒反応の新しい制御方法となること等を明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】固体触媒、膜触媒、マイクロ波、誘電加熱、センシング

【研究題目】アルキルフェノール類の立体選択的水素化法の開発

【研究代表者】日吉 範人 (コンパクト化学システム研究センター)

【研究担当者】日吉 範人 (常勤職員1名)

【研究内容】

環境負荷低減の観点から、有機溶媒を使用しない化学合成プロセスの開発が望まれている。アルキルフェノール類の水素化反応により得られるアルキルシクロヘキサノール類は、香料原料として有用な化合物であり、工業的には担持貴金属触媒と有機溶媒を使用した液相水素化法で製造されている。本研究では、有機溶媒の代替として、超臨界二酸化炭素を溶媒として利用し、香気の点から望まれるシス体のアルキルシクロヘキサノール類を高選択的に、かつ、低環境負荷で合成するための触媒開発を行う。

平成23年度は、主に臨界二酸化炭素溶媒と担持ロジウム触媒を用いた4-*tert*-ブチルフェノール水素化反応に対する触媒担体、リン酸修飾、及び触媒還元温度の影響を調べた。種々の担体に担持したロジウム触媒を用いて反応を行ったところ、触媒担体による *cis*-4-*tert*-ブチルシクロヘキサノール選択率の序列は、活性炭>アルミナ>H-Yゼオライト>シリカの順となった。しかし、これらをリン酸で修飾した場合、選択率の序列は、シリカ>活性炭>H-Yゼオライト>アルミナの順となり、シリカ担体の場合にリン酸添加の効果が大きくなることが分かった。一方、アルミナ担体では、リン酸添加の効果がほ

とんど無いことが分かった。また、触媒の還元条件の影響を検討し、還元温度を低下させると *cis-4-tert*-ブチルシクロヘキサノールの選択率が向上することを見出した。リン酸で修飾したシリカ担持ロジウム触媒の還元温度を検討し、93%の *cis-4-tert*-ブチルシクロヘキサノール選択率を達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】超臨界二酸化炭素、水素化、担持金属触媒

【研究題目】一細胞ゲノム解析へ向けた高性能 DNA 増幅マイクロチップの開発

【研究代表者】松浦 俊一（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】松浦 俊一（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、規則性細孔を有するシリカ系ナノ多孔材料とDNA合成酵素を複合化することにより、ナノ多孔を反応場とした高効率・長寿命のDNA増幅システムを構築することを目的としている。また、ナノ多孔とDNA合成酵素から成る複合材料の流通式マイクロチップ化による連続的なDNA生産を目指し、最終的には、南極大陸由来の難培養性微生物の遺伝子解析を実現するために、一細胞ゲノムDNAからのDNA増幅法の開拓を試みる。

本年度は、ナノ多孔材料と耐熱性 DNA 合成酵素の複合材料を用いたバッチ式 PCR (polymerase chain reaction) において、手始めとして、100塩基対の DNA を鋳型とした DNA 増幅反応を試みた。具体的には、細孔径の異なる7種類のナノ多孔材料を合成し、これらシリカ材料に対する PCR 用 DNA 合成酵素の吸着挙動を解析するとともに、固定化酵素による DNA 増幅反応を評価した。その結果、DNA 合成酵素はいずれのナノ多孔材料に対しても強固に吸着しており、また、固定化酵素による DNA 増幅活性はシリカ材料の細孔径に大きく依存することが分かった。固定化酵素の繰り返し使用による耐久性試験を実施した結果、DNA の増幅効率は徐々に低下したものの4度の繰り返し耐久性を示した。また、本系が、1本鎖 DNA ではなく、2本鎖 DNA に対して選択的に作用することを明らかにした。以上の結果より、DNA 合成酵素の反応活性は細孔径の違いによって制御可能であり、また、本酵素が繰り返し利用可能な状態でナノ多孔材料に安定に固定化されていることを示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】ナノ多孔材料、DNA 合成酵素、マイクロチップ、ゲノム解析

【研究題目】CO₂ハイドレート蓄熱システムの開発に向けた基礎研究

【研究代表者】牧野 貴至（コンパクト化学システム研

究センター）

【研究担当者】牧野 貴至（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、CO₂ハイドレートを利用する省エネルギーな蓄熱システムの開発を目指す。一般にガスハイドレートは、平衡温度付近では発生せず、その発生のために大きな過冷却環境を必要とする。製造に要するエネルギー量が多くなるため、過冷却を抑制することが求められる。そこで、二酸化炭素の溶解量が大きく、界面活性剤としても機能するイオン液体に注目し、二酸化炭素+イオン液体水溶液を対象として、ガスハイドレートの安定存在条件、ガスハイドレートの融解エンタルピーを測定した。また、当初は高圧示差走査熱量計を用いて過冷却抑制を評価する予定であったが、震災の影響で実験を遂行できなかったため、相平衡測定装置を用いて、ガスハイドレート発生までの時間（誘導時間）により、間接的に過冷却抑制効果を評価した。イオン液体の濃度が1mol%を超えると、蒸留水系と比べてガスハイドレートの分解温度が低下（製造圧力の上昇）するが、0.1mol%程度では変化がないことを明らかにした。したがって、0.1mol%程度の濃度であれば、製造圧力を高くすることなく、ガスハイドレートを製造可能である。また、相平衡条件に変化がないことから、ガスハイドレートの融解エンタルピーも、蒸留水系と同等である。二酸化炭素+0.1mol%水溶液系で誘導時間を測定したところ、イオン液体を添加することで、誘導時間を、蒸留水系の1/2から1/3程度に抑制できることを見出した。イオン液体を用いることで、製造時の過冷却の抑制が可能である。また、誘導時間はイオン液体の種類に依存しており、イオン液体の最適化により、製造に要する時間とエネルギーを、さらに低減できる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】蓄熱技術、ガスハイドレート、二酸化炭素、省エネルギー、高圧相平衡

【研究題目】同心球構造を有するハイブリッドナノ粒子の作製と閉じた空間空隙材料としての応用

【研究代表者】浦田 千尋

（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】浦田 千尋（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、層状構造を有する有機-無機ハイブリッドを作製し、層状構造体の“閉じた空間空隙材料”としての特性を調査した。具体的には、アルキルシランとテトラアルコキシシランを僅かの酸を含むエタノール溶液中で加水分解・縮重合させた後に、防錆剤を添加し、銅板上へスピンコートし、ハイブリッド膜（層状膜）を得た。比較として、防錆剤を含有したアモルファスな膜（アモルファス膜）も作製した。評価は、層状膜およびアモル

ファス膜でコーティングした銅板をそれぞれ、塩水噴霧に暴露し（塩水噴霧試験：JIS Z 2371）、その防錆効果を調査した。アモルファス膜の場合、塩水噴霧試験後24時間以内に発錆が確認されが、層状膜の場合は、2000時間以上の塩水試験後も発錆しないことが明らかとなった。アモルファス膜の場合には、防錆剤分子が膜内部を自由に移動できることから、塩水噴霧によって膜外へ徐々に漏出し、24時間以内に発錆したと考えられる。一方で、層状膜の場合は、層状構造が防錆剤分子の膜厚方向の移動を阻害したため、塩水噴霧環境下でも防錆剤が漏出せず、長時間防錆効果を発現したと考えられる。これより、層状構造が閉じた空間空隙材料として機能することを確認した。

さらに、本層状膜が優れたはつ水性およびはつ油性を示すことを発見した。一般に、はつ油表面を得るためには、高コスト・高環境負荷の有機フッ素化合物の使用が不可欠とされている。有機フッ素化合物を必要としない本層状膜は、低コスト・低環境負荷型はつ油コーティングとしての利用が期待できる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 層状化合物、有機-無機ハイブリッド、防錆、腐食防止、はつ水/はつ油

【研究題目】 金属複合化合物を経由する新規な白金族金属の再資源化プロセスの確立

【研究代表者】 粕谷 亮

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 粕谷 亮 (常勤職員1名)

【研究内容】

白金をはじめとする白金族金属 (PGM) の回収では、PGM を強力な酸化剤を含む王水によって酸化、溶解した後に各元素を分離・抽出する方法が主流である。しかし、この方法では PGM の溶解中に塩素ガスや NO_x ガスといった有害ガスが発生するほか、後の分離・抽出工程のために王水中の硝酸を除去する必要があるなどの問題があった。そこで本研究では、酸溶解の前に PGM とアルカリ金属源とを混合、加熱して PGM があらかじめ酸化された PGM 含有複合酸化物とすることで、酸化力の強い酸を用いることなく、より簡便に効率よく PGM を回収することを目的とする。

本研究では、白金とリチウムの複合酸化物に着目し、その合成条件と酸溶解について検討した。この結果、金属状態の白金粉末と炭酸リチウムを混合して600℃以上に加熱することで、白金とリチウムの複合酸化物である Li₂PtO₃ が形成できたことがわかった。また、この試料を塩酸中で溶解処理したところ、白金の溶解率は約75%に達した。これに対して、原料に用いた白金粉末を同様の条件で塩酸に溶解させたところ、その溶解率は10%未満に留まった。以上の結果から、複合酸化物を用いることで塩酸への溶解率を飛躍的に増大できたことがわかつ

た。

また、Li₂PtO₃ の塩酸に対する白金の溶解率は、Li₂PtO₃ の形成温度が高くなるとともに減少した。この理由について検討するため、加熱試料の X 線回折プロファイルからシェラーの式によって Li₂PtO₃ の結晶子径を算出した。この結果、複合酸化物の形成温度が600℃、700℃、800℃と高くなるとともに試料の結晶子径が増大した。一方、走査型電子顕微鏡で加熱試料を観察したところ、加熱温度が高くなるとともに粒子径が増大したことがわかった。以上の結果から、複合酸化物の結晶子径、および粒子径が増大することで塩酸との接触面積が減少し、白金の溶解率が低下したと考えられる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 白金族金属、アルカリ金属、複合酸化物、リサイクル

【研究題目】 Mg-Zn-RE 合金の衝撃安全特性および破壊メカニズムの解明

【研究代表者】 千野 靖正

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 千野 靖正 (常勤職員1名)

【研究内容】

Mg-Zn-RE 合金圧延材の準静的歪み速度域及び衝撃速度域での機械的特性を調査した。Mg-1.5wt%Zn-0.2wt%Sm 合金押し出し材を供試材とし、試料温度450℃、圧下率20%/pass で厚み1.0mm まで圧延を行い、圧延後に焼鈍を行った試料を調査用試料とした。XRD による集合組織測定の結果、調査用試料には Mg-Zn-Ce 合金と同様に TD-split texture (底面が板幅方向に約35° 傾く集合組織) が観察された。

準静的歪み速度域 (10⁻³s⁻¹) で引張り試験を行った結果、圧延方向 (RD) に変形した試料は、引張り強度 (UTS) 187MPa、降伏応力 (YS) 86MPa、破断伸び (FE) 25%を示し、板幅方向 (TD) に変形した試料は UTS 203MPa、YS 77MPa、FE32%を示した。衝撃速度下域 (10³s⁻¹) で試験を行った結果、RD に変形した試料は UTS 308MPa、YS 252MPa、FE 22%を示し、TD に変形した試料は UTS 291MPa、YS 160MPa、FE 32%を示した。この様に、歪み速度に依存せず、TD に変形すると相対的に低い YS と高い FE が得られた。また、衝撃速度域では、準静的な歪み速度域と比較して、YS 及び UTS の顕著な増加が確認された。次に、引張り試験後の試料断面を Electron Back Scattering Pattern 法により測定し、試験中の組織変化を調査した。その結果、準静的歪み速度域で試験を行った試料には高密度の局所変形帯が観察された。一方、衝撃速度域で試験を行った試料には高密度の局所変形帯は観察されなかった。この様に、歪み速度の大小に伴い変形メカニズムが遷移することが確認された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マグネシウム合金、集合組織、成形性、
圧延、再結晶、双晶

【研究題目】 粒子アセンブリ法によるフォトニック結
晶テラヘルツレーザの創製

【研究代表者】 高木 健太

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 高木 健太 (常勤職員1名)

【研究内容】

3次元フォトニック結晶は電磁波を完全に閉じ込める
(局在化) ことが可能であるため、結晶内部で電磁波を
発生させれば、理論的には特定の周波数を局在させること
ができる。これをテラヘルツ波に適用できれば、これまで
困難であったコヒーレントなテラヘルツ波の発振が期待
できる。本プロジェクトでは、テラヘルツ波波長に対
応する球形誘電体粒子から3次元フォトニック結晶を構
築し、かつ、その結晶内部に発振素子を埋め込んだ構造
を作製できる独自の粒子アセンブリ技術を開発し、これ
によるテラヘルツレーザの創製を目指す。

本年度は発振素子の結晶内への埋込みが可能な新規粒
子配列システムの製作を行った。昨年度の研究において、
フォトニック結晶のバンドギャップ周波数が GaP 素子
の発振下限周波数を超えるためには、結晶格子となる粒
子の粒径が従来より小径 (200 μm 以下) とする必要で
あることが判明したことから、小径粒子の3次元アセン
ブリが可能な配列システムの設計・製作を実施した。こ
の配列システムには、小径粒子の過剰溶解変形を抑制し
て粒子間を微小レーザ溶接するため、焦点径が既存の半
分以下の約20 μm に集光できるファイバーレーザを製作
し導入した。また、小径粒子を高精度に配列するため、
粒子形状および直径を in-situ で測定し、マニピュレ
ータ動作に反映させるための高解像度画像解析システムも
導入されている。このマニピュレータは、高精度3次元
ステージにより1 μm の精度で動作できる。加えて、結
晶格子構成する粒子および発振素子の2種類を配列す
るための2つの粒子供給機およびマニピュレータが設置
できる構成となっている。これまでに、上記構成部を合
わせたシステムの組立が完了している。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 フォトニック結晶、テラヘルツ材料・素
子、粒子アセンブリ

【研究題目】 熱電薄膜表面への反射防止構造の作製

【研究代表者】 溝尻 瑞枝

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 溝尻 瑞枝 (常勤職員1名)

【研究内容】

太陽光を熱源とした熱電薄膜発電モジュールにおいて、
熱電薄膜表面に形成した周期構造により反射率を制御し
て熱電薄膜の平面方向に温度差をつけるため、評価用熱

電薄膜モジュールを作製した。更に、同モジュール表面
に周期構造を付与するためのプロセスとして、ピコ秒レ
ーザパルスに誘起される非線形光吸収をリソグラフィブ
ロセスに適用した微細加工プロセスを提案し、加工基礎
特性を評価した。これまでに開発されてきた、フェムト
秒レーザパルスに誘起される非線形光吸収を半導体プロ
セスへ導入した微細加工プロセスは、立体表面上への微
細構造形成に大変有用なプロセスであった。本研究では、
その利点を熱電薄膜モジュールの pn 接合部の段差上へ
の周期構造形成に利用する一方で、大面積にパターン
ニングが必要な熱電薄膜発電モジュールへの展開を可能に
するため、フェムト秒レーザよりも安価に高出力が得ら
れるピコ秒レーザを利用することでマルチビームによる構
造形成の大面積化を目指し、非線形光吸収によるパター
ニングの検討を行った。SiO₂基板上に塗布したレジ
ストに波長1064nm のピコ秒レーザパルスを集光し、パ
ターンニング特性を調べた。i 線用化学増幅型ネガレジ
ストに集光したところ吸収はなく、ベイク処理・現像後
にレジストパターンは形成されなかったが、
photosensitizer と photoacid generator を加えて吸
収端を長波長側へシフトさせたところ、非線形的な光吸
収が生じ、回折限界以下の線幅を有するレジストパター
ンの形成することに成功した。また、周期構造を付与し
てその効果を検証するための評価用熱電薄膜発電モジ
ュールを作製し、特性評価を行った。Bi-Te 系熱電薄膜
をリソグラフィプロセスで形成し、モジュールの基本特
性を評価した。これらの研究成果は、熱電や MEMS に関
する国際会議、応用物理学会で発表するとともに、国際
的な学術論文に投稿した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 反射防止構造、熱電薄膜、スパッタリ
ング

【研究題目】 ナノ空隙の吸着サイト改質とマイクロ界面
すべり制御による木材の超塑性加工法の
開発

【研究代表者】 三木 恒久

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 三木 恒久、金山 公三、杉元 宏行
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究では、“木材の超塑性挙動”に着目し、ナノ～
マイクロレベルでの微細構造変化の観点から変形メカ
ニズムを解明するとともに、木材の超塑性現象を利用した
変形加工技術の開発を目指す。具体的には、木材の非結
晶領域に多く分布するナノ空隙と吸着サイトを把握・制
御して、種々の界面状態を変化させ、木材に超塑性的
変形を生じさせる。また、吸着サイトや吸着剤のナノ表
面処理によって、変形と同時に寸法安定性や強度、難燃
性を付与することを目的とする。当該年度は以下の3つ

の項目を検討した。

1. ナノ空隙の把握と制御：超塑性現象発現に必要な材料内部における「すべり面」生成の起点となるナノ空隙の量や大きさが、主に温度や含有水分等の「履歴」によって変化することを見出した。160℃までの熱処理を行い、ガス吸着測定（物理吸着）により一定温度における空隙量を把握した。その結果、解析によって計算された空隙サイズでは、熱処理温度が高くなるにつれてサブナノメートルの空隙量が減少することが分かった。また、水銀圧入法による空隙測定においても、数ナノメートルの空隙の存在が確認され、木材調整条件と空隙構造の変化に関してガス吸着測定と水銀圧入法を併用して定量的データを得る準備が整った。
2. 吸着サイトの把握と制御：分子量を400程度に調整した低分子フェノール樹脂（水溶性）を木材に導入し、木材中に存在する空隙量の増加を試みた。熱流測定（DSC）の結果から、無処理木材に比較して、ガラス転移における比熱容量の変化が大きく現れること、FT-IRにおいてリグニンやヘミセルロースの波数域の変化が顕著に現れることなどから、非結晶領域の吸着サイトの改質が確認された。更に分子量の大きなポリエチレングリコール（分子量20000）までの導入を試み、より大きな空隙の導入を図るための実験方法が確立された。
3. 界面すべりの制御：数種の添加剤（グリコール類、フェノール樹脂）を導入した木材の熱軟化特性を動的粘弾性測定により評価した。また、細胞間すべり特性を評価する円柱試験の方法をほぼ確立した。SPMによって細胞実質と細胞間層の物性値に変化があることが確認された。これらの軟化挙動、すべり現象（降伏挙動）、組織構造における物性値の差を総合的に検討することによって、木材で生じる超塑性的変形挙動の発生についての検討を行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超塑性、ナノ空隙、塑性加工、木質材料

【研究題目】 高速度光源を用いたアクティブビジョンセンシングによる運動物体の形状解析

【研究代表者】 山崎 俊太郎（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】 山崎 俊太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、高速度カメラとデータプロジェクタを用いて、高速度3次元形状計測システムを実現する。復元計算にGPUを用いることで、計測対象の全周形状を、実時間で獲得することを目指している。2年間の研究期間で、基礎的な技術の開発と、人体の運動機能解析を行う。最終年度である平成23年度は、前年度の研究成果を元に、以下の3つのテーマで研究を遂行した。

第一に、初年度に開発した単一プロジェクタ・単一カ

メラの計測システムを2組用いて、運動中の物体の表面形状を全周から計測する方法論を研究した。2進符号化コードを利用した頑健な対応点計算により、高精度かつ高速度の全周計測を実現した。また、DLPプロジェクタの高周波ノイズを用いてアクティブステレオを実現する方法に関しても並行して研究を進め、距離計測、反射光分離、高速度多重露光撮影などの分野に応用し、学術雑誌（International Journal of Computer Vision）上で成果を発表した。

第二に、複数のGPUを用いた並列計算によって、距離画像計算を高速化した。初年度に開発したGPUによる並列動的計画法のアルゴリズムを改良し、CPUによる計算と比較して最大150倍の高速化を実現した。さらに、8つのGPUコアを持つ計算機を構築し、コア数に比例した速度向上を得ることによって、30Hzでの実時間距離画像計測を実現した。研究成果はBritish Machine Vision Conference (BMVC) 2011で発表した。

第三に、上記の計測システムを用いて、実際に人間の手の動作、顔の表情、全身運動などを計測し、人体の表面形状の時系列データを取得した。ただし2組のプロジェクタカメラシステムでは、計測対象の姿勢によって観測できない部分が多く存在し、隠れのない計測手法の実現は研究課題として残った。また本研究では計測技術の研究に焦点を当てたため、計測後のデータ処理に関しては研究の余地が多い。今後、人間の動作解析のための計測データベースを構築するためには、ノイズ除去、遮蔽の検出などの、形状処理の研究が必要である。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

【研究題目】 系統的な接触状態制御による把持姿勢データベース構築と手姿勢生成

【研究代表者】 宮田 なつき（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】 宮田 なつき、清水 裕貴（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、手が物体を把持する姿勢を、手の関節の動きうる範囲という観点から整理して収集し、データベース化することを目指す。23年度は、把持姿勢を系統的に制御するために必要な、手指関節の動きうる範囲（関節可動領域）のモデル化を行った。関節可動領域は従来、関節ごとに独立に、最大伸展角度や最大屈曲角度といった限界値で表現されており、この二つの値に挟まれた領域が可動域であるとされていた。しかし、実際には隣り合う関節は連動しており、そのすべての姿勢を独立制御することはできないため、真に動きうる領域を知りたければ、このような連動関係を含めた関節可動領域の表現方法が必要となる。手がとりうるあらゆる姿勢を計

測することができるかと仮定すると、そのあらゆる姿勢データの集合が関節可動領域を形成する。各手姿勢データは30個近い姿勢変数で表現されることから、すべての関節の連動性を一度にまとめて表現することは難しい。そこで、あらゆる二つの姿勢変数の組み合わせの集合体として表現することにした。各組み合わせでは、計測された姿勢データは二つの姿勢変数のなす2次元平面内の点として表現される。姿勢データ点の存在する領域をアルファ Hull を用いて表現し、連動を考慮した関節可動領域の表現とすることを提案した。実際に20種程度の運動中の姿勢を計測し領域を求めたところ、解剖学的に連動関係が強いことが既知である指節間関節同士では、計測された姿勢データ点は最大値および最小値のなす矩形に比べ非常に限られた領域に分布した。提案した表現内におさまる姿勢をランダムに求めた姿勢は被験者が再現可能であったことから、提案する表現手法は妥当といえる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】デジタルヒューマンモデル、手、姿勢データベース、把持

【研究題目】歩行中の転倒リスク評価・警告装置の開発—日常の歩容を見守ることによる転倒数減少策

【研究代表者】小林 吉之（デジタルヒューマン工学研究センター）

【研究担当者】小林 吉之（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、これまで申請者が実施してきた「歩行中の転倒に関する研究」で得られた知見に、近年（独）産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センター（産総研 DHRC）で開発が進む「健康サービスのための歩行評価技術」を組み込み、これまでの転倒予防・健康増進に関する研究や製品でターゲットとされてこなかった者を主な対象とした、『日常生活の歩容を見守り転倒リスクを利用者にフィードバックすることで、転倒の発生件数を減少させる仕組み』を検討し、このような仕組みを実現する装置の開発を行うことを目的とした。

この目標を達成するために、本年度は研究計画に基づいて1) 簡易的に計測可能なセンサを用いて歩容を評価し、先行研究で報告されている転倒のリスク因子を抽出するための手法の検討、及び2) リスク因子を精度高く抽出するために必要なデータベースの作成の2つの課題を行った。まず1) については、既に産総研 DHRC が保有する歩行データベースを用いて、先行研究でつまずきやすさを表す指標として報告されているつま先クリアランスを歩行中の床反力から予測する回帰式を導出した。その結果、誤差が約3.8mm の精度でつま先クリアランスを予測できるようになった。また2) については、上記データベースに登録されているデータが若年健常者のデ

ータであったため、今後よりつま先クリアランスを精度高く推定するために65歳以上の高齢健常者20名分のデータを計測し、データベースの拡充を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】人体形状、人間計測、デジタルヒューマン

【研究題目】マイクロレンズ一体型フィールドエミッタの構造最適化

【研究代表者】長尾 昌善

（ナノエレクトロニクス研究部門）

【研究担当者】長尾 昌善、吉田 知也、西 孝、
神田 信子（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本年度の目標は次の3点であった。マイクロレンズ一体型フィールドエミッタを、①エラーなく作製することができるプロセス技術の構築。②構築したプロセスによりデバイスを実際に試作すること。③試作したデバイスのビーム径の評価。

①プロセスエラーの主な原因は次の2つであった。一つは、多段の電極を形成するときに起きる薄膜の剥離。もう一つは、フッ酸で絶縁膜のエッチングの際に、本来はエッチングされない金属が腐食されてしまうことである。絶縁膜の剥離に関しては、成膜方法のプラズマ CVD の条件を制御し、薄膜の内部応力を引張応力から圧縮応力へ制御することで解決した。金属膜の腐食に関しては、金属膜内部に発生する応力が原因で腐食が起こる事がわかり、金属膜にアルゴンイオンを照射することで腐食が起こらない薄膜を形成できた。これらにより、絶縁膜の膜厚の自由度が格段に向上したマイクロレンズが形成できるようになった。

②これまでに開発したプロセスを結集し、各電極の開口径を制御し、絶縁膜の厚さも電子ビームの集束に最適な厚い膜のデバイスを歩留まりよく作製することに成功した。作製したマイクロレンズ一体型フィールドエミッタは電極の数は4段で、絶縁膜と電極膜を合わせたトータルの膜厚は10 μm 程度となり、電子ビームを収束させるに十分な厚いレンズを形成できた。

③試作したデバイスの電子ビームの収束特性を測定した結果、デバイスから1mm 離れたところにおいて、電子ビームの広がりのないほぼ平行ビームが形成できていることを確認した。この結果に、昨年度開発したウエネルト電極を付け加えれば、ナノメートルオーダーのビーム径も視野に入ってくるものと思われる。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マイクロレンズ、フィールドエミッタ、電子ビーム、微細加工

【研究題目】超伝導光子検出器の多画素化のための広帯域・広ダイナミックレンジ読出回路

〔研究代表者〕 神代 暁

(ナノエレクトロニクス研究部門)

〔研究担当者〕 神代 暁、平山 文紀、山森 弘毅、
福田 大治 (常勤職員4名)

〔研究内容〕

半導体検出器の30倍優れたエネルギー分解能を持ちながら、受光面積が2桁以上小さいゆえに応用の限られていた超伝導転移端検出器 (TES) カロリメータの受光面積拡大に必要な、多画素 TES からの読出信号の極低温下での周波数多重化技術を開発する。16画素からの読出信号の4-8GHz 帯における多重化実証を目標とし、初年度は、周波数多重回路を構成する二大要素素子のうち超伝導共振器のみを含むチップ (5mm×5mm) の設計・試作・特性評価を行った。各共振器は長さの異なる終端短絡のコプレーナ線路から成り、その線路は、チップ寸法との兼ね合いから、途中で複数の屈曲部を持つ。周波数軸上の多重化にとって最も重要な共振周波数実測値と設計値の比、および両者不一致の原因解明のため、同一の長さを持ち、屈曲部の数や曲率が異なる線路から成る複数組の共振器を準備し、それらの共振周波数を比較した。その結果、設計値で規格化した共振周波数実測値は、1.00以上1.10以下であり、共振線路屈曲部の数や曲率に対する依存性と周波数依存性を示したが、共振器長補正により、理論通り周波数無依存となることを見出した。今後、標記補正値の採用により、共振周波数の実測値と設計値の差を0.02%以内に抑えられる見通しを得た。

一連の評価実験に先立ち、十分な制御性・再現性を持つ二オブ系チップ作製技術を確立した。次に、チップ透過率の周波数依存性 (4-8GHz 帯) 測定系を、4K の機械式冷凍機ベースのクライオスタット内に構築し、チップ内グランド配線の工夫により、周波数軸上の共振ディップ深さの定量的評価に十分な、peak-to-peak 値2dB以下のバックグランドレベル平坦性を実現した。また、共振周波数の温度依存性から、機械式冷凍機起因の温度ゆらぎを、それと等価な周波数雑音電力に換算する理論式を導き、チップの動作温度を TES と同じ0.4K 以下とする指針を得るとともに、これを実現可能な冷却系の検討に着手した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス、標準・計測

〔キーワード〕 超伝導、ジョセフソン素子、マイクロ波、マルチプレクス (周波数多重)、センサ、放射線計測

〔研究題目〕 糖アルコール骨格をもつ液晶化合物の合成

〔研究代表者〕 秋山 陽久 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 秋山 陽久 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究課題においては、安価に入手可能な糖類を基盤とする、新しい液晶材料の可能性を吟味し、実用的な化合物群として提供するとともに、高分子量液晶材料の新たな合成指針を確立することを主たる目的としている。糖アルコールの複数の水酸基をすべてメソゲン性アルキルアゾベンゼン誘導体で置換して合成した新規化合物は、従来型の側鎖型高分子液晶と類似構造をもちながら単一分子で分子量分布が存在しないため、液晶性の制御が可能である。実際に、側鎖の置換基数が2から8と増すことで液晶としての性質がより安定的に現れ、液晶性を示した物質では、室温において固体粉末状態から紫外線の照射により液化することと、さらなる可視光線照射により再び固化することを見出している。本年度、その詳細な転移挙動の検討から、固体状態では、アゾベンゼン分子が分子間で強く会合していることと光照射によってその会合状態が変化していることを明らかにした。次に、この液体固体間の光相転移が0-60℃という広い温度範囲でも可能であることを確かめ、一般的な温度環境下でこの材料を用いることができることを明らかにした。さらに、この材料の応用例として光で接着と脱着が可能な接着剤として利用を提案し、実際に接着強度が光で変化することを実験的に確かめた。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 高分子合成、高分子構造・物性、合成化学、液晶

〔研究題目〕 高次の電子-光子相互作用を考慮した光電子放出理論

〔研究代表者〕 荒井 礼子 (ナノシステム研究部門)

〔研究担当者〕 荒井 礼子 (他1名)

〔研究内容〕

原子間共鳴光電子放出 (MARPE) は注目する元素 A の最近接原子 B を直接決定できる手法として注目されている。原子番号が近い元素が近接して存在する場合には特に有効である。しかしながらすべての系について共鳴現象が観測されるわけではなく、観測されるための条件は原子 B の局所的な対称性が重要であることが分かっている。また MARPE の理論計算を行うにあたって、輻射遮蔽が重要な役割を果たすことも分かっている。輻射遮蔽は高次の電子-光子相互作用で、内殻励起領域においては多くの場合、補正的に寄与すると考えられるが、MARPE は輻射遮蔽が直接的に引き起こす現象である。そのため MARPE を通して輻射遮蔽の基礎研究を推進することが効果的である。

MARPE スペクトルの強度は (1) 局所構造と (2) X 線吸収に関わる因子に起因する。本研究課題では (2) の部分を対象とした。この因子は X 線異常散乱因子と関係づけられるので、データベースとして提供されている異常散乱因子をシミュレーションに取り入れて MARPE 強

度を予測する方法について検討してきた。今年度はシミュレーション結果を改善するための方法について検討したが、データベースをもとにした方法をとる限りではさらなる改善は難しく、より高い精度向上を目指す場合には理論的な進展を要することが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光電子分光

【研究題目】 単分子膜形成技術の応用によるペロブスカイト蛍光体発光機構の解明

【研究代表者】 池上 敬一（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 池上 敬一、陸 明

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究課題では、耐環境性に優れ長寿命で且つ省資源型の新規発光材料として注目を集めている、ペロブスカイト型酸化物蛍光体における発光機構を解明することを目的としている。

実験では、前年度までに導入したポリクロメータ式蛍光測定装置を用い、 $\text{Ca}_2\text{Nb}_3\text{O}_{10}$ ナノシートの単分子膜をシード層として利用することで石英基板上に作製したペロブスカイト蛍光体 ($\text{Pr}_{0.002}(\text{Ca}_{0.6}\text{Sr}_{0.4})_{0.997}\text{TiO}_3$) 薄膜の蛍光スペクトルを測定した。ついで、同物質の薄膜を電極で挟んだ試料を用意し、これに交流電圧を印加してその発光スペクトルを上記ポリクロメータで測定した。その結果、印加する交流電圧の大きさや周波数に依存することなく、電界発光スペクトルが蛍光スペクトルと一致する（610nm 付近の主ピークの形状だけでなく、500, 700, 820, 880nm 付近の小さい発光帯の形状や強度比まで）ことが確かめられた。

また、フィッティングによるデータ解析を進めたところ、発光現象を生じせしめるのに必要な最低限の電圧が約4V であり、母結晶のバンド間励起に必要なエネルギー（3.9eV）と極めて良く対応していることが分かった。

これらの結果から、上記ペロブスカイト蛍光体においては、紫外線励起の場合でも電界励起の場合でも、母結晶の電子正孔対から発光中心へのエネルギー移動によって発光現象が生じていると結論できた。なお、上記で電界発光を観測した試料に対し、直流バイアスに微小交流電圧を重畳した電圧を印加し、交流部分に対する複素インピーダンスを周波数の関数として解析するインピーダンス分光法を用いた検討も行い、上述の結論と矛盾しない結果を得ている。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超薄膜、発光材料、電界発光

【研究題目】 形状基板によるエバネッセント光の空気伝播光変換技術の研究

【研究代表者】 王 学論（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 王 学論、清水 三聡（先進パワーエレ

クトロニクス研究センター）、

高橋 言緒（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

半導体内部で発生した自然放光は、半導体と空気との界面における光の全反射現象の存在によって、半導体内部に閉じ込められやすく、高い効率で空気中に取り出すことが非常に難しい。例えば、通常の平坦な基板上に形成した半導体発光材料では、全発光量の数%しか空気中に取り出すことができない。これは、発光ダイオードなど各種の半導体光デバイスの発光効率の向上を妨げる大きな要因の一つである。我々は、予め V 字型の溝形状加工を施した基板上に形成した微細な半導体リッジ構造において、リッジ構造の二つの傾斜面で全反射に伴い発生したエバネッセント光が波長より寸法の小さいリッジ頂上面で互いに干渉し、非常に高い効率で空気伝播光に変換される現象を発見した。本研究の目的は、光学的評価法を用いてこの現象の基本的性質を明らかにすることによって取り出し効率の更なる向上を目指すとともに、応用上重要な基板形状や材料系において同現象を発見させることを目的とする。平成23年度では、角度分解フォトルミネセンスによる発光パターンの温度依存性測定および電磁波強度分布の有限差分時間領域法（FDTD）シミュレーションにより、GaAs/AlGaAs リッジ構造のエバネッセント光の結合効果の光源位置依存性を調べた。その結果、キャリア、すなわち発光領域をリッジ構造の中心付近の上部平坦面より幅の狭い領域に局在させるに従って、光はリッジに垂直な面内において高い空間指向性（半値全角度幅：30度以下）を持って放出されるようになる現象を明らかにした。これは、発光領域のサイズ・位置を制御することによって、自然放光の空間指向性を制御できることを意味する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、取り出し効率、リッジ構造、エバネッセント光、指向性

【研究題目】 自己組織化マイクロリンクルにおける欠陥構造の時空間制御

【研究代表者】 大園 拓哉（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 大園 拓哉（常勤職員1名）

【研究内容】

シリコンゴム表面に密着する比較的硬い薄膜表面は側方応力下において固有な空間波長（200nm-20um）を有するマイクロリンクル（シワ）が自発的に発生する。この微小スケールでのメカニカル不安定性により形成した自発的凹凸構造は、パターンの鋳型、マイクロ流路、細胞の制御培養、光学材料などの幅広い応用が考えられる。本研究の目的は、マイクロリンクルのストライプ凹凸構造における不規則構造であるトポロジカル欠陥の時空間配置を外部応力で制御することである。まず等方的な平面圧縮場における複雑な迷路状の欠陥構造をそのス

トライブパターンの統計的性質を調べることを行った。

その結果、ストライブ方向はそのストライブの向きに対して45度方向に対して優位は空間相関があることが見出された。この結果はすなわち、欠陥構造についても関連して同様な方向相関性があることの証拠であるが、その欠陥についての解析（密度、欠陥の種類、欠陥の異方性極性、空間相関性など）は引き続き調査中であり、特徴を上手く抽出する評価法を検討中である。また動的に変化する応力場を資料に加えるための装置の作製を行い、今後はストライブパターンの時空間応答を検討する予定である。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリンクル、トポロジカル欠陥、動的表面、自己組織化

【研究 題 目】 再生医療のための遺伝子導入の空間的・時間的コントロール

【研究代表者】 大矢根 綾子（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 大矢根 綾子、荒木 裕子、鶴嶋 英夫（常勤職員1名、他2名）

【研究 内 容】

目標：

目的の場所の細胞内に意図したタイミングで遺伝子を導入する技術は、再生医療を行う上で重要である。本研究の最終目標は、細胞接着因子およびDNAを担持させたアパタイト層（CD-Ap 層）を利用して、遺伝子導入の空間的・時間的コントロールを行うための技術を確立することである。

研究計画：

当該年度においては、遺伝子導入の時間的コントロールを行うための CD-Ap 層の設計について検討した。具体的には、バイオミネティックコーティング法を利用して CD-Ap 層にフッ化物イオンや炭酸イオンを添加し、同層の溶解速度に与える影響を調べた。さらに、同層表面で細胞を培養して遺伝子導入を行い、培養細胞の遺伝子発現量を経時的に調べた。

年度進捗状況：

CD-Ap 層に炭酸イオンを添加すると、同層の溶解速度が増大し、それにより培養細胞の遺伝子発現量が増大することが分かった。一方、CD-Ap 層にフッ化物イオンを添加すると、添加量に比例して同層の溶解速度が低減し、それにより培養細胞の遺伝子発現量が低減するとともに、遺伝子発現の時期が遅延することが分かった。すなわち、CD-Ap 層へのイオンの添加により、同層表面における遺伝子導入の効率と時期をコントロールできることを示した。本 CD-Ap 層による遺伝子導入技術は、未分化な細胞をより効率よく目的の細胞へと分化させるための技術として有用と期待される。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造、ライフサイエンス

【キーワード】 アパタイト、細胞接着因子、遺伝子導入、再生医療、複合層

【研究 題 目】 高温超伝導体・強磁性体ハイブリッド素子の量子輸送と量子ビットへの応用

【研究代表者】 川畑 史郎（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 川畑 史郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

本提案においては、強磁性絶縁体を介したジョセフソン接合の量子輸送理論の構築及び量子コンピュータへの応用に関して研究を行うことを目的とする。本年度は昨年度開発した高温超伝導体/強磁性絶縁体/高温超伝導体接合におけるジョセフソン電流計算プログラムを利用して現実的構造（エネルギーバンド、素子構造）や有限温度効果を考慮した大規模数値シミュレーションを行った。その結果、BCS 超伝導体接合だけでなく異方的オーダーパラメーターを有する高温超伝導体接合であっても、原子スケールで 0π 転移が発現することが明らかとなった。さらに転送行列法及びトンネルハミルトニアンの手法を用いて転移の起源を解明した。またこの結果に基づいて人工酸化物超格子を用いて 0π 転移を観測する方法及びそれを利用したコヒーレント量子ビットの提唱を行った。これらのアイデアに関してオランダ及びイギリスの実験グループと協同研究を開始した。さらに、Beenakker 公式を用いることにより有限温度領域におけるジョセフソン電流の計算を行い、温度変化によって π 接合から 0 接合へ転移が生じることを示した。またさらに、ジョセフソン臨界電流が極めて異常な温度依存性を示すことが明らかとなった。このことは実験的に接合の温度依存性を測定するだけで π 接合の検証が可能になることを意味する。そして、Bogoliubov-de Gennes 方程式を対角化することによりアンドレーフ束縛状態の観点から、温度誘起 0π 転移の起源を明らかにした。これらの重要な成果に関して国際会議（ロシア）において2件の招待講演を行った。以上の成果により、強磁性絶縁体/超伝導体接合の量子情報デバイスとしての高いコヒーレンス性能が明らかとなった。さらに今後は電子冷却デバイスや量子標準、高感度磁気センサーへの応用について検討を行っていく。

【分 野 名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 強磁性絶縁体、スピントロニクス、ジョセフソン素子、高温超伝導体、酸化物エレクトロニクス、量子コンピュータ

【研究 題 目】 対称性の破れた磁性体・超伝導体ナノ接合系における量子輸送理論

【研究代表者】 川畑 史郎（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 川畑 史郎（常勤職員1名）

【研究 内 容】

近年、対称性の破れた微小超伝導接合を舞台としてト

ボロジカルに非自明な量子状態の実現及び応用を目指した研究が盛んに行われている。本提案においては、時間反転対称性の破れた磁性半導体/超伝導接合の量子輸送現象理論の構築及び界面に発現する特異な量子状態である奇周波数クーパー対の物理に関する理論研究を行うことを目的とする。これまで奇周波数クーパー対の研究は、強磁性金属/超伝導接合のみを舞台として研究が行われてきたのであるが、この奇妙な量子状態が強磁性金属接合以外でも出現するのか今のところ分かっていない。一方最近になって NTT の赤崎らにより磁性半導体/超伝導接合系においてゼロバイアスコンダクタンスピークが発現することが明らかとなった。さらに、ゼロバイアスコンダクタンスピークの背後に奇周波数ペアリングが関わっていると期待されているが、その起源は未解決のままであった。本年度は磁性半導体/超伝導/超伝導接合系における超伝導近接効果に関して準古典グリーン関数法を用いた解析を行った。その結果以下の重要な事実を明らかにした。[1]磁性体の磁化が一樣な場合は、磁性体のサウレスエネルギーと交換エネルギーが（偶然にも）一致した場合のみゼロエネルギーピークが発現する。[2]磁性体の磁化が非一樣で非コリニアな場合、幅広いパラメータ領域でゼロエネルギーピークが発現する。これにより、NTT の赤崎らが観測したゼロバイアスコンダクタンスピークは[2]に対応していることが強く示唆される。本年度は奇周波数ペアリングの産業応用を目指して、超伝導/磁性体1/磁性体2接合におけるスピントロニクス効果についても理論的に解析を行った。その結果、奇周波数ペアリングのおかげで100%の完全スピントロニクス効果が実現可能になることが明らかとなった。さらに単一分子磁性体及びスピントロニクスを利用したジョセフソン効果についても理論解析を行い、異常な相転移現象が発現することを明らかにした。以上の成果について国内及び国際会議において発表をおこなった。また4件の招待講演を国際会議において行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ジョセフソン素子、磁性半導体、近接効果、スピントロニクス、分子エレクトロニクス、単一分子磁性体

【研究題目】 精密構造制御された Au-酸化物ハイブリッドナノ粒子の生成と触媒作用の研究

【研究代表者】 古賀 健司（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 古賀 健司、櫻井 宏昭、越崎 直人（常勤職員3名）

【研究内容】

Au は不活性な金属と考えられてきたが、ナノサイズの Au を様々な酸化物表面上に担持させると CO 酸化などの触媒活性を発現することが知られてきた。従来の研究から、Au/酸化物の接合界面でのペリメータ部分が触媒活性発現に最も重要と言われてきたが、一

般的な試料では、Au ナノ粒子は酸化物粒子上にランダムに分散しているため、個々の Au ナノ粒子と酸化物結晶とのヘテロ接合構造は結晶学的には不均一である。より定量的な研究を行うために、個々の粒子で均一な Au/Cu₂O 接合構造を有する Au-Cu₂O 複合ナノ粒子を作成することによって触媒活性の研究を行った。当該年度では、Au と Cu₂O の体積比を変化させ、ヘテロ接合構造を変化させた2種の Au-Cu₂O 複合ナノ粒子を作成した。1つは Cu₂O に対して相対的に Au が小さい「目玉型」粒子（金属元素中の Au の割合が 4at.%）であり、もう1つは Au が相対的に大きい「ドングリ型」粒子（Au の割合が 32at.%）である。閉鎖循環反応装置を用いて CO 酸化触媒活性を測定した結果、「ドングリ型」粒子の試料の方が相対的に高い反応速度を示した。一方、CO₃反応中間体の活性点への蓄積速度は「ドングリ型」粒子の方が相対的に速く、触媒活性の高さに強く相関していた。以上の結果は、接合構造を含めた粒子構造形態と触媒活性との強い相関を示す結果と見ることができ、Au 部分に微量に Cu が残留している割合が両試料で異なることがわかったため、その影響を解明するために、引き続き検証実験を行う予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ナノ粒子、触媒、構造制御

【研究題目】 階層的シミュレーションによる球状錯体創発過程の解明

【研究代表者】 米谷 慎（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 米谷 慎（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

本研究は、分子レベルの高次構造創発のメカニズムを、階層的シミュレーションを用いることにより分子論の観点から解明することを目的とするものである。

研究計画・年度進捗状況：

平成23年度は、二配座配位子24分子と、平面4配位遷移金属 Pb(II) 12原子との計36個の要素から形成される球状錯体 $M_{12}L_{24}$ をターゲットとして、X 線回折実験から得られている錯体構造等を参照することにより、リアリスティックな全原子モデルによる錯体相互作用のモデリングを行う計画であった。錯体相互作用のモデル化については、研究計画の通り、Pang らにより提唱されている手法を用いた Pd(II) モデルを適用することにより、回折実験により得られている錯体構造を妥当な精度で再現することを確認した。研究計画の次のステップとして、配位子分子および溶媒分子を球状錯体の安定性を検証しながら段階的に粗視化し、得られた粗視化モデルを用いて自己集合シミュレーションを行ったが、当初計画した配位子分子の分子モデルへの粗視化モデルの適用は、結果として本来の目的である、球状錯体の創発過程の重要

な要素を損なう事が検討の結果明らかとなった。そのため、当初の計画を一部見直し、粗視化を溶媒モデルにのみとどめたモデリングに於いて目的とする球状錯体の構造創発が、当初ターゲットとした球状錯体系より構成要素数の少ない M_6L_8 系に於いて再現させることに成功した。

自発形成した M_6L_8 錯体中の6つの Pd(II)の配位数の時間変化を解析すると、最初の約50ns まではほぼ単調に配位数が増加し（自己集合）、その後の50-80ns の期間では煩雑な配位数の変化に伴う構造の組み換えが起こり（構造進化）、80ns 以降は配位数がほぼ4に固定化されている（構造捕捉）。言い換えると、第2ステージで増加した配位子交換速度が、第3ステージで2桁以上変化して非常に低い値となっており、この交換速度の大きな変化は、成長途中の不完全な錯体クラスターと完成した球状錯体との間に寿命（半減期）の大きな差があることを意味し、実験系で得られている知見とも一致する。上記の寿命の大きな差は、球状ウイルス殻モデルの形成シミュレーションでも見出されており、一義構造の構造創発に共通する特徴である重要な可能性が示唆された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 錯体、自己組織化、シミュレーション、配位結合、粗視化

【研究題目】 第一原理的固体光物性の提唱：分子性結晶の特徴づけとその光誘起相転移

【研究代表者】 下位 幸弘（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 下位 幸弘、岩野 薫（高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所）
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

光誘起相転移現象を中心に固体光物性について、「環境場を無撞着に取り入れた第一原理計算」を用いて解明することを目標に、平成23年度は以下の研究を実施した。

- 光誘起相転移現象初期過程のダイナミクスを解明することを目的に、光誘起相転移物質 $(EDO-TTF)_2PF_6$ を対象に、前年度に着手した励起状態に対する原子緩和の計算を進めた。光誘起相転移で重要と考えられる変形に対する配位座標を仮定し、ポテンシャル曲面を計算した。その結果、CT2と呼ばれる吸収バンドに対応する比較的高い励起状態が、大きな構造緩和を引き起こすことがわかった。この CT2励起をさらに詳しく調べるため、配位座標を仮定せず時間依存密度汎関数法で得られるエネルギー勾配を用いて構造緩和の計算もおこなった。これらの研究により、CT2励起緩和が、実験で観測される1.5eVの光励起による光誘起相転移の前駆体とみなすことができ、この系の光誘起相転移の理論的な理解に非常に重要な成果が得られた。
- 本課題で進めてきたクラスターベースの密度汎関数（DFT）計算と比較、検討することを念頭に、2次元

的な性格を持つ有機導体 $(BEDT-TTF)_2I_3$ について周期境界条件下での DFT 計算を行った。この物質は、低温で水平ストライプ型電荷秩序状態を形成することが知られている。低温相の結晶構造を用いて DFT 計算した結果、実際の分子構造や分子配列を基にした計算として初めて、この型の電荷秩序が得られることに成功した。ハイブリッド型汎関数である B3LYP を用いると、電荷秩序の大きさが実験と同程度であり、反強磁性スピン構造を伴うことがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 光物性、分子性固体、物性理論、計算物理、有機導体

【研究題目】 ナノチューブデバイスにおける量子輸送現象の理論

【研究代表者】 中西 毅（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 中西 毅、宮本 良之（常勤職員2名）

【研究内容】

カーボンナノチューブは特異な伝導特性を持つ天然の量子細線である。電子の運動はディラック方程式で記述され、金属的ナノチューブの電子状態は線形の分散で特徴付けられる。電気伝導はバリスティックであり、フェブリ・ペロー振動、アハラノフ・ボーム効果など様々な量子干渉効果が理論的に予言され、また実験的に測定されている。ところが、一次元伝導体であるため、電極接合が電気伝導測定に与える影響は極めて重大である。また伝導チャンネルが少ないため、格子欠陥は電気伝導に大きな効果を及ぼす。一方 STM による欠陥周りの状態の詳細な測定により、特異な干渉効果が報告されている。

この研究では、ナノチューブと電極界面、格子欠陥さらには疑似エッジ状態の問題を中心に、ナノチューブの示す量子干渉効果など興味深く特異な伝導現象を理論的に解明し予言することを目標とする。次のテーマを中心に研究目標として進めている。

- ナノチューブにおける格子欠陥、欠陥列と電気伝導
- 量子干渉現象における電極接合効果
- 多層ナノチューブにおけるゲート電場効果

この研究は特定領域研究「カーボンナノチューブナノエレクトロニクス」（代表：水谷 孝、名古屋大学）の公募研究である。カーボン・ナノチューブ電極接合およびそれに密接に関連したグラフェンの電気伝導について本領域の研究者と連携しながらダイナミカルに研究が進捗している。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、電気伝導、量子効果

【研究題目】 ナノ接合での非弾性電流、局所加熱、熱散逸の第一原理シミュレーション

【研究代表者】 中村 恒夫（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】中村 恒夫（常勤職員1名）

【研究内容】

非平衡グリーン関数法と密度汎関数法を用いて、バイアス電圧の方向と非平衡電子状態由来の整流作用、散乱領域での伝導電子-フォノン（接合分子振動）相互作用による非弾性電流、局所加熱、基板電極への熱散逸といった過程を第一原理計算する為の基礎理論構築とプログラム HiRUNE の開発を行った。精密計測との比較も行いながら実在系分子・分子膜-電極接合複合構造体の非平衡電気伝導を解明した。

p型分子ブロックとn型分子ブロックを直接結合させたブロック分子を分子デバイスとして用いると、pn接合と全く同じ整流作用が低バイアス領域でもおこることが実証された。本研究で、HiRUNEを用いて低バイアス領域での整流特性を再現し、伝導性軌道の特定とナノ接合での整流特性の物理を明らかにした。また、電圧による非対称電流が電子相関により増強される可能性を示すことにも成功した。一方で電子-フォノン散乱による非弾性電流は、低バイアス領域でも単純な線形応答から期待される、増強された整流性がおこらないことをシミュレーションから示し、計測でもこれが確認された。

電気伝導、電子-フォノン散乱による非弾性電流と同じ精度（第一原理）での熱流、ジュール熱生成のシミュレーション基礎理論の確立に向けて研究を継続中である。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】第一原理シミュレーション、非平衡伝導理論、ナノエレクトロニクス

【研究題目】電子顕微鏡による高分子接着機構の解析と接着制御

【研究代表者】堀内 伸（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】堀内 伸（常勤職員1名）

【研究内容】

高分子-高分子の接着において、界面での分子鎖からみ合いが重要な役割を果たすことが知られている。我々は、接着剥離表面を低加速 SEM により高分解能観察すると、分子鎖の一部の絡み合いにより形成された接着強度の低い界面のはく離により形成された表面に、太さが10~20nmの微細なフィブリルが形成することを見出した。このフィブリル構造を詳細に検討すると、界面における絡み合い構造に関する知見が得られることが明らかになった。低加速高分解能 SEM により初めて明らかになった破面構造の特徴の定量的な解析を進めるため、白金-カーボンレプリカにより表面構造をカーボン薄膜に転写し、透過型顕微鏡（TEM）による電子線トモグラフィにより、3次元構造の構築を検討した。特に、走査透過型電子顕微鏡（STEM）による環状暗視野像（ADF）により、SEM で見られた構造を再現することが可能となり、3次元立体構築化により、表面構造の定量的な解析が可能となった。今後は、本手法により、破

面構造を系統的に解析し、高分子界面構造と接着破面構造との相関を詳細に検討する。

さらに、真空紫外光により表面改質したシクロオレフィンポリマー（COP）の低温接着挙動の界面と接着の解析を検討したところ、熔融接着での剥離面と同様のフィブリル構造が得られることが明らかになった。このことから、ナノフィブリル構造と接着界面との相関は幅広い高分子系に適用することが可能であることが示唆され、接着機構の解明に役立つことが明らかになった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】接着、高分子、電子顕微鏡

【研究題目】光応答性自己組織体のフォトメカニカル効果・機構解明と展開

【研究代表者】松澤 洋子（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】松澤 洋子、秋山 陽久、加藤 あづさ（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

光幾何異性化反応によって分子構造や極性が大きく変化する代表的な光反応性分子であるアゾベンゼンは、機能材料創出に多く利用されている。本研究では、アゾベンゼンが光幾何異性化することによって励起されるマクロな構造変化、いわゆる「フォトメカニカル効果」に焦点を絞り、これまでに開発した微細な構造を有する自己組織体を用いて、光に高感度に応答して駆動する分子系を創出するための基盤技術確立を最終目標としている。昨年度から、効果的にフォトメカニカル効果を発現する超構造の創製に向けて、分子設計の観点から検討を行っているが、本年度はクロモフォア部位の組織体中における分子間相互作用について詳細な知見を得るために、蛍光性官能基を置換したオリゴペプチド誘導体を設計合成し、各種溶媒（酢酸エチル、アセトニトリル、i-プロパノール、n-プロパノール、ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、ジオキササン、テトラヒドロフラン、メタノール、エタノール、水等）を用いて組織体形成の溶媒組成依存性について詳細に調べた。その結果、一定量の水を含む極性溶媒系において良好な組織体形成をすることがわかった。さらに、最適化した混合溶媒において、蛍光性官能基の分子間相互作用は溶媒比率に依存することがわかり、その効果は蛍光スペクトルに反映されることがわかった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】自己組織化・ペプチド・ゲル・蛍光

【研究題目】有機電解質におけるゲル化機構の解明と高機能材料化

【研究代表者】吉田 勝（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】吉田 勝、長沢 順一（常勤職員2名）

【研究内容】

当該研究の目的は、機能材料として新規な物質系であ

る『ゲル形成能をもつ有機電解質（電解質ゲル化剤）』の自己組織化過程を詳細に解析することにより、その知見に基づいて新たな有用材料系を創出することを主たる目的としている。具体的には、電解質ゲル化剤の誘導体として、コアとなる主鎖ユニットおよび置換基を系統的に変えた種々のモデル電解質化合物を作成し、その物性を明らかにすることで、産業化に適した高機能を有する新たな電解質ゲル化剤を創製するものである。今年度は、昨年見出したイオン液体に特異的に作用する新規構造の電解質ゲル化剤について、適切なアニオン交換を種々行うことにより、その特異な物性をさらに発展させた。具体的には、イオン液体の構造とアニオンの選択により、ゲル化に適用できるイオン液体の種類をさらに拡大することに成功した。また、ゲルから熱的にゾルに融解する温度について系統的に調べたところ、イオン液体とゲル化剤の組み合わせ、およびゲル化剤濃度を適切に選択することにより、従来よりも数十度高いゾルへの転移温度が観測され、耐熱性の向上が達成できることも明らかとなった。また、ゲル化剤の濃度と温度を変えながら、イオン電導度測定を行った結果、イオン液体固有の電導度がゲル化後もほとんど低下せず、十分保持されることが明らかとなった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ゲル・電解質・イオン液体・電導度

【研究題目】 in situ 非線形分光法による有機金属界面分子配向と界面相互作用の研究

【研究代表者】 宮前 孝行（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 宮前 孝行（常勤職員1名）

【研究内容】

有機 EL などの有機デバイスにおける有機材料と金属電極界面の相互作用を詳細に解析するために、界面選択性の高い和周波発生（SFG）分光によるその場計測を進めた。真空蒸着直後の状態を解析するため真空中での SFG 計測を可能にする小型高真空チャンバーの設計及び製作を行った。この SFG 測定装置は励起用の可視光波長を420から640nm の間で波長を選択できるよう改良されたものであるが、本システムを用いて、有機 EL 素子において電子輸送・発光材料として用いられる Alq_3 分子を用いた SFG 計測を行った。アルミ蒸着膜の上に Alq_3 を積層させると、 Alq_3 の最低励起エネルギーとほぼ一致するところで Alq_3 のキノリノールの C=C 伸縮、CH 変角などの極大が見られたが、 Alq_3 の上にアルミを直接積層させた後、透明基板側から界面を SFG で測定した場合、この極大がほぼ消失した。これはアルミと Alq_3 が直接化学反応を起こし、分子の最高被占準位が置き換わったためであると考えられる。また Alq_3 とアルミの間にフッ化リチウム層を挿入すると Alq_3 の C=C 伸縮が低振動数側へシフトする挙動が観測されたが、これはフッ化リチウムとアルミの反応により単離したリチウ

ムが Alq_3 に電子を受け渡している、すなわち界面でのリチウムドーピングによるものと結論した。このように有機材料と金属との界面の相互作用を知る手法として SFG が非常に有効な手法であることを示した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 有機デバイス、界面、非線形分光

【研究題目】 非整数階微積分の工学応用

【研究代表者】 黒田 雅治（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 黒田 雅治（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、非整数階微積分によって記述されるダイナミクスを状態空間表示し、非整数階微積分応答の計測および非整数階微積分に基づく制御器の設計方法について明らかにする。

新しく提案するマルチセンサ法とは、付加的な特殊なアナログ・デバイスやデジタル・フィルタなどを必要とせず、既存のセンサ（変位計、速度計、加速度計）を用いて、構造物上の複数点での応答から、それら応答信号の実係数の線形結合として、ある1点での非整数階微積分応答を求める手法である。

当該年度は、カンチレバー（片持ち梁）の振動に関する有理数階の微分応答を測定することを目標とした。例えば、カンチレバー上のある点での $(1/n)$ 階（ここで n は自然数）微分応答を測定するとしよう。まず、系を記述する運動方程式を状態空間表示した時に現れるシステム行列 A を用いてマルチセンサ法のための拡大システム行列 A を求める。しかし、システム行列 A を $(1/n)$ 乗すべきか、逆に拡大システム行列 A を n 乗すべきかは、十分な検討を要した。前者の場合、必ずしも行列 A の n 乗根に相当する行列が求まるとは限らないが、これはマルチセンサ法の実現において想定済みの課題であった。問題は後者の場合で、ある点での $(1/n)$ 階微分応答が複数の点での整数階微分応答の実係数の線形結合で表されるか否かについて検討した。

しかし、行列 A かの n 乗を求めるのは比較的容易であるので、実験装置の製作において問題にはならないと判断した。したがって、現段階ではシステム行列 A を $(1/n)$ 乗すべき場合にも拡大システム行列 A を n 乗すべき場合にも対応できる実験装置を作る必要があると結論した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ダイナミクス、運動方程式、制御工学

【研究題目】 創発化学の自己組織化的デザイン

【研究代表者】 山口 智彦（ナノシステム研究部門）

【研究担当者】 山口 智彦、西村 聡、谷田部 哲夫、真原 仁、鈴木 航祐、Chen Yongjun（常勤職員3名、他3名）

〔研究内容〕

本研究では、分子ナノシステムの創発化学における自己組織化の役割を明らかにするために、自己組織化を熱力学的立場から一元的に捉える学理の充実を図るとともに、時空間的ゆらぎの下でのコロイド系の秩序化条件を実験的に探る。本年度は以下の理論研究ならびに実験的研究を行った。

理論研究では、昨年度に引き続いてミニマルモデルである可逆3分子反応（ r -GS モデル： $U+2V\rightleftharpoons 3V$ ）を用いて、決定論的な内因性ゆらぎの創発現象における役割について以下の考察を行った。 r -GS モデルで構成される反応拡散系では、系が定常点から不安定定常点に遷移しても系は直ちに不安定化せず、当面は安定なように見えるという現象がしばしば観測される。相空間における軌道のベクトル解析を行った結果、この擬安定状態は系と環境との相互作用に由来するものであることが示された。このことはまた、階層性を持つシステムでは、決定論的な内因性ゆらぎを積極的に利用する（環境と系の微弱な相互作用を制御する）ことにより、系単独では実現しえない状態を作る方法論を示唆するものと考えられる。なお、環境と系との相互作用はエントロピー流によって定量的に議論できる。

実験的研究では、フラーレン分子（ C_{60} ）やコロイド粒子の形状因子（球形、非球形）が巨視的構造の創発に及ぼす影響についてさらなる検討を進めた。 C_{60} 溶液の脱ぬれ系では、基板上にガラスビーズ等を置くことにより、 C_{60} 微結晶からなる対数ラセン配列形成という階層を超えた構造の創発が一層容易になった。さらに、溶媒蒸発ならびにスティック・スリップ・モーションを考慮に入れたメニスカスのダイナミクスを記述する数理モデルを構築した。同モデルは、対数ラセンの幾何学的構造に特徴的なバンド間隔の等比級数関係を矛盾なく説明することが示された。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 自己組織化、分子デバイス、計算科学

〔研究題目〕 液晶の自己組織化を利用した省エネルギー有機半導体薄膜製造技術の開発

〔研究代表者〕 山本 貴広（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 山本 貴広、川田 友紀

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究は、低分子有機半導体材料を用いた薄膜デバイスの製造において、従来困難であった配向制御可能な溶液プロセスを実現するため、液晶の自己組織化を利用した薄膜作製の基盤技術を開発し、低炭素社会の実現に学術・応用の両面で貢献することを目的としている。低分子有機半導体材料としては、大気中での耐酸化性に優れ、且つ最高のキャリア移動度が報告されているペンタセンと同程度の半導体特性を有するピセンを用いた。まず、

溶媒として用いる液晶の相構造に与えるピセン添加の影響を、ネマチック（N）相および、層構造の分子配列を有するスメクチック C（SmC）相について検討を行った。N 相を示す4-n-プロポキシ安息香酸（30BA）および N 相と SmC 相の両方を示す4-n-オクチルオキシ安息香酸（80BA）を溶媒とし、それぞれにピセンを添加して、示差走査熱量測定により液晶相温度範囲を評価した。ピセンを添加すると、30BA と80BA の N 相温度範囲は若干拡大したが、80BA の SmC 相温度範囲は縮小傾向を示した。これより、ピセンは N 相のような対称性が高い液晶相においては相構造を不安定化する効果は小さいが、対称性が低い結晶相や SmC 相においては相構造を大きく不安定化することが明らかとなった。そして、30BA を溶媒としてピセン薄膜の作製を検討し、溶液プロセスによるピセン薄膜の作製に成功した。さらに、薄膜の表面形状に与える液晶溶媒の効果を検討したところ、30BA がネマチック相を発現する温度で製膜すると、等方相を発現する温度で製膜した時に比べて、平滑な表面を有する薄膜を作製できることがわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 液晶、有機半導体、溶液プロセス、薄膜

〔研究題目〕 階層的分子モデリングによる生体膜融合過程の研究

〔研究代表者〕 篠田 渉（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 篠田 渉、都築 誠二、川本 周平

（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

生体系における情報・物質伝搬の大変重要なプロセスである膜融合について、脂質分子の種類・組成変化の影響及び融合タンパクの役割を分子論的に解明することを目指す。この目的のため、全原子及び粗視化分子モデルを併用した階層的分子モデリング技術を構築・応用し、50-100nm の系を分子シミュレーションによって解析可能とする技術開発に取り組んでいる。特に本年度は膜融合における脂質組成の影響を調べるため、開発した双極性脂質の粗視化分子モデルを用い、ベシクル-ベシクル間の相互作用を自由エネルギー計算によって調べた。その結果、脂質の自発曲率やヘッドグループの官能基によって、ベシクル間相互作用が大きく変わり、ホスファチジルコリン（PC）をヘッドグループに持つベシクル間は単純な斥力相互作用を示したが、ホスファチジルエタノールアミン（PE）をヘッドグループに持つベシクル間では接触距離で引力相互作用を示した。この結果はジャイアントベシクル間で観測された実験結果と一致し、PE 膜間で付着性を示すことがわかった。また、PC/PE の混合ベシクルではその変形の自由エネルギーが低くなることが分かった。さらに融合中間体（ベシクル外膜間が繋がった状態）を人工的に形成させ、そのストーク構造の安定性を観測した。PE ベシクル間のストークは成

長し中央に逆ミセル相を作ったのに対し、PC ベシクルのストークは不安定で消滅した。PC/PE 混合系では PE がストークのネックの部分に集まることでストーク構造が安定となった。このように融合過程は脂質種によって大きく影響を受け、また混合系では融合中間体が安定に保たれやすいことが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造、ライフサイエンス

【キーワード】 分子シミュレーション、膜融合、脂質

【研究題目】 気-液界面を起点として合成されるゼオライト AFI の配向自立膜

【研究代表者】 小平 哲也 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 小平 哲也、池田 卓史 (コンパクト化学システム研究センター)
(常勤職員2名)

【研究内容】

多孔質結晶の一種であるゼオライト AFI の配向自立膜は研究代表者が発見した特異的な合成機構に由来したものである。本研究の第1目標は、この配向自立膜の形成過程の解明と高品質配向自立膜合成条件の探索である。第2目標として、軽量であるが機械的強度に劣る自立膜の従来にない発想に基づく機能の付与・利用法の開発である。

研究は自立膜の配向性に関する定量的かつ精度の高い X 線結晶学的手法による評価、更に膜の最適合成条件探索の一助ともなる膜形成過程の解明を目的とした合成環境その場観察装置の開発などからなる。既に自立膜形成の起点は気-液界面であることを研究会支持に解明したが、その子細がその場観察により明らかになると期待される。また応用として、従来のゼオライト膜の用途 (例えば混合ガス・液体の分離) とは異なる非接触・非破壊型の用途開発を狙う。

研究初年度は、合成反応その場観察装置の設計と立ち上げ、及び自立膜の配向度を X 線回折法 (薄膜 X 線回折法、Schulz の反射法による極点図測定) による定量的評価を実施した。自立膜は内径 0.7nm の一次元ナノ細孔を有する AFI 型ゼオライトから形成されるが、この一次元細孔が膜平面に対して直角 (90°) から約 10° の範囲内、即ち 90±10° の範囲で配向分布していることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ゼオライト、配向自立膜

【研究題目】 血管内皮細胞と骨髄細胞の共存培養系による骨再生に関する研究

【研究代表者】 植村 寿公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 寿公 (常勤職員1名)

【研究内容】

近年、自家骨移植の代替法の一つとして、組織工学的

に再生させた骨の移植が目目されているが、酸素や栄養素が組織内で拡散できる範囲は 100-200µm と考えられており、血管が無い組織では中央部が壊死することが問題となっている。そこで組織内に血管を導入する試みがきわめて重要である。本研究では、RWV (Rotation Wall Vessel) バイオリクターを用いた3次元培養法を用い、骨髄由来血管内皮細胞-間葉系幹細胞共培養系から、血管を備えた骨組織の再生を目指し、本年度はウサギ骨髄細胞を用いたインビトロ骨組織構築技術を確立した。日本白色家兔 (JW/SCK、10日令、メス) より骨髄細胞を採取し、内皮細胞用培地 (EGM-2-MV medium) で培養を行い CD31 による FACS 解析、anti-von Willebrand factor antibody による免疫染色により内皮細胞への分化を確認後、ポリマー多孔性スキャホールドに播種後、RWV バイオリクターによる回転培養を1週間行った後、間葉系幹細胞を播き足し、骨分化誘導培地で回転培養をさらに1週間継続した。組織をパラフィン包埋し、Toluidin blue、Hematoxylin and eosin (HE)、Alizarin Red S、Tomato lectin、osteopontin 抗体、osteocalcin 抗体で染色し、組織学的評価を行った。最初の1週間の RWV 培養により、血管様の構造を確認することができ、さらに間葉系幹細胞の追加と骨分化誘導培地による回転培養により骨様組織がコントロールに比して優位に構築できていることが組織化学、免疫組織化学的結果から明らかになり、本手法による培養法の条件が確立できたとと言える。インビボ実験 (骨欠損モデルへの移植) に向けた予備実験も行った。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 血管、骨再生、共培養

【研究題目】 間葉系幹細胞への高効率量子ドット導入法と間葉系細胞・組織の分化過程に関する研究

【研究代表者】 植村 寿公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 寿公、ワダワ レヌー、西 正統 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

脂肪組織由来間葉系幹細胞を用いた骨組織再生、脂肪組織再生に関する研究

脂肪組織由来の幹細胞は、骨再生、乳房再建などのための脂肪組織再生に利用され得る重要な細胞ソースである。以上の期待される応用例をかながみ、Q-dot 導入脂肪組織由来間葉系幹細胞を用いた骨再生、脂肪再生モデルの検討を行った。ラット (Fisher rat (F344/Jcl)、8週齢、雄) より脂肪細胞を採取し、DMEM with 10% FBS 中で初期培養、継代後は骨分化誘導培地中 {デキサメタゾン、アスコルビン酸、β-グリセロフォスフェート}、脂肪細胞誘導培地中で培養を行った。骨分化誘導は ALP 活性、アリザリンレッド染色などで確認し、Q-dot 導入効率は80%以上で、Q-dot 導入による影響は無

視できた。脂肪細胞への分化は良好で、オイルレッド O 染色などにより確認した。Q-dot 導入率は80%を超えていた。また、分化培地に EGM-2-MV を用いることにより血管内皮細胞への分化誘導を vWF を用いた免疫蛍光染色により確認した。我々の過去の研究から、脂肪組織由来間葉系幹細胞はインビトロで骨分化させてもインビボに戻すと脱分化しやすいことが分かっている。つまり、分化誘導因子を除くと分化状態が維持されにくく、分化は脂肪へと向かう傾向がある。そこで、脂肪幹細胞から骨細胞へ分化させたのち、内皮細胞との共存培養を行うことによる効果を検討したところ、内皮細胞との共存培養が骨分化をより長く維持する傾向を持つことが分かった。

【分野名】 バイオテクノロジー

【キーワード】 量子ドット、間葉系幹細胞、脂肪細胞

【研究題目】 量子ドットマルチカラーラベリングによる間葉系幹細胞を用いたがん治療の基礎研究

【研究代表者】 植村 寿公 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 植村 寿公、X.Long

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

間葉系幹細胞 (MSCs; Mesenchymal stem cells) は、骨髄などに豊富に存在し、骨、軟骨、脂肪などの間葉系細胞に分化する多能性幹細胞であるが、最近、この MSCs とがん細胞の相互作用が注目を集めている。MSCs がガン化の起こっている組織部位にホーミングし、がん細胞の増殖に影響を与えることが発表されたからである。また研究グループによってがん細胞への増殖効果が異なる。細胞治療など臨床学的にも重要な問題であるが故に、信頼できるモデル系の構築が重要である。外国人特別研究員の Dr.Long は、このメカニズムを明らかにするため、癌細胞として肝癌細胞 (HepG2)、子宮がん (HeLa) 由来樹立細胞株、MSCs として、ヒト骨髄由来間葉系幹細胞 (hMSCs) を用いて、培養液を隔した相互作用、インサートチャンバーを用いた実験系、および異なる波長特性をもった量子ドットをがん細胞、MSCs に導入し共培養した直接相互作用観察系では FACS を用いて詳しく両者の相互作用を検討した。その結果、がん細胞の増殖性は、MSCs との共培養系では、細胞比に依存し、MSCs の低比率での存在下では、がん細胞の増殖は亢進されるが、MSCs の高比率存在下では、むしろ増殖は抑制されアポトーシスが誘導される。この増殖への影響は、さらに定量的 PCR, immunoblot 解析などを行い、シグナル伝達系として ERK/MAPK, P13K パスウェイが強く関与することを、この実験モデル系から見出し、モデル系の有効性を示した。この詳細な原因遺伝子、タンパク質を調べるため、プロテオミクス解析を行い、候補タンパク質の検索を行った。

【分野名】 バイオテクノロジー

【キーワード】 量子ドット、間葉系幹細胞、ガン細胞

【研究題目】 高分子-液体間ナノ界面における高分子鎖シミュレーション解析

【研究代表者】 森田 裕史 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 森田 裕史 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

近年、九州大学の田中らの実験研究によって、本来水に溶けないポリメチルメタクリレート (PMMA) における PMMA-水界面において、厚さが10nm を超えるナノ膨潤層が報告されている。そこで、粗視化シミュレーションを用いて、高分子-液体間ナノ界面における界面場中における高分子鎖のコンフォメーションとダイナミクスを明らかにし、1分子鎖のサイエンスの観点から、高分子-液体間界面がソフト界面となりうるメカニズムを明らかにすることを目的とする。本研究では、高分子の粗視化モデルを用いたシミュレーションを用い、高分子と液体の間の相互作用パラメータを変えることで、非溶解状態・膨潤状態・溶解状態の3つの状態の相境界について分子鎖がわかるシミュレーションを用いて研究する。

平成23年度は、1) 液体-高分子薄膜界面のモデル化、及び、2) 1) で決定したモデルを用い、高分子の各粒子と溶媒との間の相互作用等を変えながら、非溶解状態から膨潤状態、溶解状態への状態の転移をシミュレーションで記述することを行った。結果として、平均場法を用いたモデル、及び散逸粒子動力学 (DPD) 法を用いたモデルの2つの粗視化モデルを用いることで、非溶解状態、膨潤状態、溶解状態を記述できることが示された。平均場法を用いたモデルにおいては、密度分布によって、3つの状態の記述に成功した。また、DPD 法を用いたモデル化においては、分子鎖で可視化できるモデルとして、3つの状態の記述に成功した。これらは、九州大学で行われている実験に見られる非平衡な膨潤状態の記述をまとめの研究として行うことに適用できるものであり、次年度引き続き適用を検討する。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 界面、シミュレーション、高分子

【研究題目】 超分子単分子膜作製と刺激応答素子への応用

【研究代表者】 石田 敬雄 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 石田 敬雄、寺田 恵一、大山 真紀子 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

23年度は、Ru 錯体分子膜を利用した液晶駆動、錯体分子膜への異種分子内包による機能創発、特に色素増感太陽電池へのデバイス展開について研究を行った。刺激応答素子への展開として酸化還元能を持つ Ru 錯体分子膜から生じる大きな電気化学電流を利用した液晶セルの

研究では、Ru 錯体と絶縁分子の混合によって液晶が様々なパターンを形成することがわかった。特に Ru 錯体分子を絶縁分子膜中に自己組織的に埋め込むことで、パターンサイズの制御が可能であることが分かった。これは支持電解質質量などにも依存する現象であった。また前年度までに Ru 錯体分子膜中にあるナノ空間に C60誘導体を取り込むことで、平坦な ITO 基板上で光照射時の光電流増強に成功していたが、これを23年度は酸化チタンを利用する色素増感太陽電池へ展開した。平坦な酸化チタン表面での Ru 錯体分子膜の光電流挙動を確認したのち、5マイクロメートル厚の酸化チタン微粒子薄膜表面を用いて太陽電池を試作した。微粒子上での白色光での変換効率は0.1%以下であったが、C60を Ru 錯体と混合した膜では混合しない膜に比べて光電流の増大が確認された。また Ru 錯体の多層化による光電流の増大も検討し、2層化によって C60混合膜よりも光電流を大きくすることができた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 表面コーティング、分子素子、超分子、自己組織化

【研究題目】 タンパク質機能の自由エネルギー解析と機能制御の分子基盤

【研究代表者】 石田 豊和 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 石田 豊和 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究課題では、非経験的量子化学計算と分子動力学計算を組み合わせた複合シミュレーション技術の開発と拡張を基礎として、生体内化学反応過程の自由エネルギー解析を通して、タンパク質機能発現過程を分子レベルで解明する事を目的としている。特に代謝過程で働く酵素の基質認識と触媒反応サイクルの自由エネルギー変化を大規模高精度計算から評価して、酵素反応の基本概念である「遷移状態の相対的な安定化」に分子論的な解釈を与え、タンパク質機能改変の指針となる分子基盤を創出する事が最終的な目標である。

研究開始年度では、「基底状態を不安定化する事により触媒反応を加速する」という作業仮説で注目される酵素 (Orotidine 5'-phosphate decarboxylase, ODCase) を取り上げて、タンパク質環境を露に考慮した分子モデリング、複合シミュレーションを実行する事で、ODCase 触媒活性の起源を議論した。タンパク質本体が基質に対して立体的な歪みを加えて、ES 錯体形成時において基質構造を不安定化する効果が実際に確認出来た一方、脱炭酸過程の反応自由エネルギー解析からは、タンパク質環境に由来する静電効果が反応中間体を安定化する要素も無視出来ない事が確かめられ、タンパク質反応場の複合的な要因で酵素活性が生まれる事が明らかとなった。より定量的なエネルギー収支を見積もるため、大規模分子動力学計算と量子化学計算を組み合わせた複

合シミュレーション計算を継続して実行しており、アミノ酸残基レベルで酵素活性の要因を特定する事が次のステップの目標である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 量子化学計算、自由エネルギー計算、生体分子機能、酵素反応、分子認識

【研究題目】 ゲルを用いた金属型カーボンナノチューブの単一構造分離

【研究代表者】 田中 丈士 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 田中 丈士 (常勤職員1名)

【研究内容】

平成23年度は、単一構造の金属型カーボンナノチューブを得ることを目的に実験を行った。カーボンナノチューブをカラムに吸着させたのち段階溶出方法と、大量のカーボンナノチューブ分散液を直列に連結したカラムに投入することによる分離を行ったが、顕著な分離を認めることが出来なかった。一方で、デオキシコール酸で分散したカーボンナノチューブを用いて、ゲルに対する吸着と脱着により、カーボンナノチューブとその他不純物 (アモルファスカーボンなど) を分離できることを見出した。興味深いことに、分離した金属型カーボンナノチューブを出発材料にして、このデオキシコール酸を用いた系で分離を行うと、金属型カーボンナノチューブとその他不純物の分離に加えて、分離前後で金属型カーボンナノチューブのカイラリティ分布が変化することを明らかにした。本手法を最適化することで、単一構造の金属型カーボンナノチューブの取得に繋がる可能性がある。また、金属型・半導体型分離が可能な新たなゲルと界面活性剤の組合せも見出した。

一方、ゲルを用いた金属型・半導体型カーボンナノチューブの分離原理解明に関する研究も行った。これまでに行ってきた金属型・半導体型カーボンナノチューブの分離に使用出来る界面活性剤のスクリーニングを行った結果の解析から、コール酸やデオキシコール酸の様な平面状分子でカーボンナノチューブに面で強固に結合し、非常に高い分散能を持つ界面活性剤と異なり、ドデシル硫酸ナトリウムを筆頭とする分離に使用可能な直鎖アルキルの疎水基をもつイオン性界面活性剤は、カーボンナノチューブに対する親和性があまり高くなく、そのあまり高くない分散能が金属型と半導体型のカーボンナノチューブの違いを見分けることを可能としているというモデルを導いた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 カーボンナノチューブ、金属、半導体、分離、ゲル

【研究題目】 高品質酸化ナノ粒子製造のための核発生と成長過程の厳密評価用マイクロデバイス開発

〔研究代表者〕 陶 究（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 陶 究（常勤職員1名）

〔研究内容〕

粒子特性（粒径、分布、組成等）を制御した高品質酸化ナノ粒子製造法としてマイクロミキサとマイクロリアクタを用いた連続式水熱合成法が注目を集めている。しかし、実用化を視野に入れて高濃度条件で合成すると、流路内壁面での不均質核発生／成長による粒径分布の拡大・多峰化、副生成物の生成等の問題が生じる。本研究ではこの問題を解決可能な構造を有するマイクロデバイスを開発し、各種条件（温度、滞在時間、原料金属塩種、濃度等）で合成を行い、平衡論、速度論の両面から核発生／成長機構を解析するとともに、所望の粒子特性を有するナノ粒子の設計指針を明らかにすることを目的としている。平成23年度は以下の2点を実施した。

1. 不均質核生成／成長回避型マイクロデバイスの開発
不均質核生成／成長を回避するためのマイクロデバイスを開発した。マイクロミキサ内壁面での不均質核発生や混合前の原料溶液の加熱の回避を可能とする中心衝突型マイクロミキサ（改良型）の構造を決定した。また、反応管内壁面での粒子付着や結晶成長の回避を可能とするデバイスの構造を決定し試作した。さらに、従来のデバイスを用いたナノ粒子合成実験と並行して、適宜 CFD 解析を積極的に行い、デバイス各部のサイズ、細孔の径と間隔、レイアウト、流量などのパラメータの最適化を実施し、最終的なデバイス構造を決定した。
2. In-situ 分析用電極設置型マイクロデバイスの開発
装置の流路内に電気伝導度測定用のマイクロ電極を複数個設置することで個々の滞在時間での残存金属塩濃度を In-situ で分析・定量し、高効率な速度論データの蓄積を行うためのデバイスを開発した。また、電気伝導度測定システムも開発した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 金属酸化物、ナノ粒子、高温高圧水、オンデマンド製造、マイクロ流体デバイス

〔研究題目〕 蛍光体ナノ結晶の合成と EL デバイスへの応用

〔研究代表者〕 伯田 幸也（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 伯田 幸也、陶 究（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究は、粒子径を制御された希土類元素ドーパ型のペロブスカイト蛍光体ナノ結晶の合成と得られたナノ蛍光体の素子、デバイスへの応用の可能性を明らかにすることを目的とする。

本年度は、実験に先立ち、本研究で用いる合成装置の設計および製作を行った。その際、次の2点、(1) EL デバイスの試作を行うために20～30g 程度のナノ粒子が必要である、(2) 反応管由来の不純物の抑制することを留意し設計を行った。ナノ粒子合成量を増加するために高

出力の加熱炉等を導入し、ナノ粒子が毎時5～10g 生産できる仕様とした。反応管には耐食を考慮し、チタン内張り管を使用した。実際に、装置を製作し、以下の実験的検討を行った。

まず、Pr イオンをドーパしたチタン酸カルシウム系ナノ粒子を合成対象とし、温度、原料組成、反応時間を操作変数とした広範条件の合成実験を行い、ペロブスカイト相が生成する条件および粒子サイズ制御因子の検討を行った。その結果、ペロブスカイト相が単一相で合成できる溶液や温度条件を明らかにできた。また、粒子サイズは、反応温度によって10～30nm の範囲で制御できることがわかった。得られた粒子の PL 発光強度は合成温度が高温ほど高くなり、特に、水の臨界温度を超えると数倍程度発光強度が高くなる傾向が確認できた。

また、得られた結果に基づき、より発光特性の優れているストロンチウム・カルシウムチタネートナノ粒子の合成を試みた結果、粒子サイズの制御性や発光強度の温度依存性は、ほぼ同様の傾向があることを確認できた。

一方、得られた結果をジルコン酸カルシウム系粒子に適用したところ、PL 発光は確認できたが、ペロブスカイト相は得られないことがわかった。ジルコン酸系の場合、合成条件等を再検討が必要であることがわかった。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 ナノ蛍光体、ペロブスカイト、超臨界水熱合成

〔研究題目〕 キラリティを有する液晶が形成する3次元秩序構造

〔研究代表者〕 福田 順一（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕 福田 順一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

- (1) コレステリックブルー相と呼ばれる複雑な相を示すキラル液晶を平行平板からなるセルに閉じ込めた系の連続体理論に基づくシミュレーションを行なった。ブルー相の周期構造を反映して平行平板間には周期的な力が働くこと、平行平板間に電場を印加するとその強さに応じて複雑な動的プロセスを経て液晶配向欠陥の構造が変化すること、セルにコロイド粒子を添加するとコロイド粒子が周期的な規則構造を形成するが、その位置が粒子の大きさに依存して変化しうることなどを明らかにした。
- (2) コレステリックブルー相が安定な温度範囲に、液晶の広がり、ねじれ、曲げの Frank の弾性定数がどのような影響を与えるかについて、過去の議論を拡張する試みを行なった。その結果、曲げの弾性定数を小さくすることがブルー相の安定な温度範囲を広げる最も有効な手段であることを、解析的な理論により明らかにした。この結果は、ブルー相の安定性について実験的に得られている結果を、ある程度定量的に説明するものである。

(3) ネマチック液晶を三角関数のような断面を持つ直線状の溝に入れると、キララな対称性が局所的に破れた、ねじれ配向とジグザグ状の欠陥からなる周期的な構造をとることが、ナノシステム研究部門ソフトメカニクスグループの大園グループリーダーの実験により明らかになった。この実験事実に対して、配向構造についての簡単なモデルを考えることにより、理論的な説明を与えた。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、シミュレーション、コレステリックブルー相、位相欠陥、液晶セル、電場応答、安定性

【研究題目】 光二量化反応に基づいた有機化合物の可逆的な相構造制御とその応用に関する研究

【研究代表者】 木原 秀元 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 木原 秀元、吉田 勝 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究課題では、我々が見出した光二量化によりアモルファス相へ変化する結晶性(液晶性)アントラセン化合物について、その化学構造および光照射条件と物性の相間関係を系統的に調べ、アモルファス相発現のメカニズムを明らかにする。また、アントラセンに機能性置換基を導入することにより新規化合物を合成し、室温における安定なアモルファス相の発現が要求される有機機能性材料を開発する。これにより、アントラセンが有機機能性材料の開発において固体構造制御のための汎用なプラットフォームになり得るかどうか検討する。本年度は、種々のアントラセン誘導体を系統的に合成し、様々な条件下で光二量化させ、得られた光二量体の室温における相状態および構造異性体成分について調べた。その結果、光二量体において2種類以上の構造異性体が形成していることが、固体アモルファス相発現にとって必要条件であることが分かった。9-アントラセンカルボン酸誘導体モノマーから得られた光二量体や、結晶相において光二量化させた2-アントラセンカルボン酸誘導体の光二量体は、構造異性体が存在せず、ただ1種類の光二量体しか生成しなかったが、この光二量体は比較的高温でも結晶相を示し、固体アモルファス相は示さなかった。また、固体アモルファス相を示したアントラセン光二量体は室温より高い温度でガラス転移点を示し、熔融状態でも非常に粘度が高いことが分かった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 アントラセン、光二量化、アモルファス、相変化

【研究題目】 不揮発性トランジスタ開発のための半導体へのスピン偏極電子注入

【研究代表者】 齋藤 秀和

(ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 齋藤 秀和 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

電子のスピン自由度を利用して不揮発的に情報を記憶するトランジスタ(スピントランジスタ)は、その導入によりあらゆるIT機器の消費電力の劇的な削減につながるため、世界的に熾烈な開発競争の只中にある。スピントランジスタを実現するためには、半導体中へのスピン注入技術を確立する必要がある。スピン注入とは、強磁性体からスピン偏極電子を半導体へ注入し、そのスピン情報をトランジスタのベース層幅程度(数十~百nm)を伝搬させる技術である。

IV属半導体であるGeは半導体技術の将来指針を与えるITRSロードマップでも次世代のMOS-FETのチャネル材料の有力候補とされており、スピン注入技術の確立が期待される。高効率のスピン注入のためには、高品位の強磁性体/Ge接合を可能とする材料・成長技術が必要であると考えられるため、新規障壁層材料や強磁性体を用いたトンネル接合技術を開発する必要がある。

本研究では将来のGe基不揮発性トランジスタの実現のために必要である、Geへの高効率のスピン注入技術のための高品位接合の開発を行う。特に今年度は1)磁性半導体(Ga,Mn)AsからGeへのスピン注入、2)新障壁層材料GeO₂を用いた金属/絶縁体/Ge接合膜の作製を行う。

磁性半導体(Ga, Mn)Asは極めて高いスピン偏極状態を有する物質として知られており、かつ、Geと格子定数がほぼ等しくエピタキシャル成長が期待されるため、高性能のスピン注入源としての利用できる可能性がある。しかしながら、これまでスピン注入実験はおろか、Ge基板上の結晶成長すら報告はなされていない。そこで、昨年度本(Ga, Mn)As/Ge(001)エピタキシャル膜の作製を試みたところ、世界で初めてそのエピタキシャル成長に成功した。今後は、本年度で得られた膜試料を用いて、実際にGeへのスピン注入の実証実験を行う。状況に応じて、AlAs等をベースとした低温バッファ層の導入も試みる。

一方、絶縁体GeO₂はGeとの間に非常に界面準位密度(スピン注入を阻害する原因と考えられている)の低い接合を形成できることが最近のトランジスタの研究により明らかになっている。このため、この材料を用いることにより、高品位のトンネル接合が形成できることが十分に見込まれる。作製した接合品位はTEM観察やRHEED観察等により評価する。また、膜に微細加工を施して電流電圧測定用の素子を作製し、効率的なスピン注入に必須であるトンネル伝導の有無を調べる。予備的実験として既にFe/GeO/p-Ge構造の電流電圧特性の評価より、トンネル伝導が支配的であることを確認している。さらに、この試料を用いてスピン注入実験を行う。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、スピン注入、ゲルマニウム

【研究題目】ナノチューブ近赤外発光を利用した次世代臨床検査システム

【研究代表者】湯田坂 雅子
(ナノチューブ応用研究センター)

【研究担当者】湯田坂 雅子、岡崎 俊也、池原 譲、
小倉 睦郎、飯泉 陽子、佐藤 亜実
(常勤職員4名、他2名)

【研究内容】

現在の血液検査で使われている光の波長は400-500 nm である。この波長域では、血球などによる強い光吸収と非特異的発光ノイズが、検出されるべき疾患バイオマーカーの蛍光検出を妨害し、疾患検出感度を下げる。そこで、本研究では、血球などに対して透過性が高い近赤外光を使い、臨床検査の高感度化を目指す。

この目的に最適な素材は、唯一、単層カーボンナノチューブ (SWCNT) である。よって、1) SWCNT を抗体とカップリングさせ新規プローブを作製し、それを用いた ELISA による疾病バイオマーカーの検出法を最適化する。2) 次世代型フォトトランジスタを用いて、SWCNT の発光量計測に最適化した近赤外光検出機器の開発を進める。

また、疾病バイオマーカーの高感度検出を実践利用につなげるため、プロトタイプ臨床検査装置を製作する。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、近赤外発光、臨床検査

【研究題目】水熱粉碎前処理によるリグノセルロースの糖化特性

【研究代表者】美濃輪 智朗
(バイオマス研究センター)

【研究担当者】美濃輪 智朗 (常勤職員1名)

【研究内容】

水熱反応と微粉碎処理によりリグノセルロースの酵素糖化特性が向上することが知られており、本テーマでは、両処理を同時に行うことによる酵素糖化特性の変化を広島大学と共同で解明した。基礎的データを収集することを目的に、前年度までに作製したボールミルを加熱できる水熱粉碎装置を用いて、ユーカリを原料とし、ボールミルのボール荷重、回転数、反応温度、試料濃度を変化させた実験を行った。ボール荷重250~750g まではグルコース収率等にさほど変化が見られなかったが、ボールの荷重が1,000g になるとグルコース収率が上昇し、変化が見られた。この結果から試料の量とそれに対するボールの量は重要な関係であると考えられる。回転数の影響は、100rpm で最も良いグルコース収率を得る事ができ、200rpm 以上ではグルコースの収率が減少していた。

反応温度の影響は、180~220℃まではグルコースの収率が上昇していき240℃でグルコースの収率が低下し過分解物質が急激に増加した。これはセルロースの熱分解温度が240℃であると言われていることと一致している。試料濃度の影響は、10wt%で最も良い結果を得られた。15wt%ではグルコース収率が低下し、過分解物質が増加していた。この結果からボールの量に対する最適な試料の量が存在すると考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】リグノセルロース、前処理、水熱、微粉碎、酵素糖化

【研究題目】細胞内在化機能を有する抗体を利用した安定かつ無毒性生体内イメージング技術

【研究代表者】カウル スニル
(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】カウル スニル、ワダワ レヌー
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究は、幹細胞、再生医療、診断の研究分野において、広い応用性のあるイメージング技術を開発することを目的としている。当研究室で見出したモータリン抗体は細胞内在化の性質を持つことから、*in vitro*、*in vivo* を問わず、遺伝子導入やイメージング実験の強力なツールとなることが予想される。しかし、モータリンを抗原とする全ての抗体がこの性質を示すわけではなく、特異性と抗体価が同じでも内在化しない抗体があるため、高い細胞内在化機能を有するモータリン抗体の作製が必要である。そこで、初年度、より内在化効率の高いモータリン抗体を得るために、モータリンに対する新しい抗体の作製に着手した。His で標識化した組換えモータリンタンパク質をバクテリア内で発現させ、NTA アガロースを用いて精製した。SDS ゲルにより確認した高純度のタンパク質をウサギおよびマウスへの免疫に使用し、モータリンに対するポリクローナル抗体、モノクローナル抗体の作製に成功した。ウェスタンブロットングおよび免疫染色により、抗体がヒト細胞モータリンに対し高い特異性を有することを確認した。また、細胞内在化機能を検討したところ、新規に作製した抗体は、過去に作製した細胞内在化抗体と同様、培養液に加えるだけで内在化する特徴的な機能を示した。初年度の解析から、本プロジェクトにおいて作製した抗体は、過去に作製した抗体に比べ、モータリンタンパク質に対する特異性が高く、細胞内在化能も高いことが示唆された。新規抗体の細胞内在化の分子機構についてさらに解析を進め、モータリン抗体をナノキャリアとして用いたバイオイメージングや遺伝子導入ツールの開発を目指していく。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】モータリン、抗体、イメージング

[研究題目] FGF 受容体の変異による骨・軟骨形成不全疾患発症メカニズムの分子レベルでの解析

[研究代表者] 浅田 真弘

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 浅田 真弘、中村 悠、今村 亨、鈴木 理 (常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

繊維芽細胞増殖因子 (FGF) は受容体 (FGFR) と結合することで様々な生理活性を発揮する。この際、ヘパラン硫酸をはじめとするグリコサミノグリカン (GAG) の共存が必須であると考えられている。近年、先天性奇形である Apert 症候群に見られる FGFR2 の点突然変異によって、FGFR がヘパラン硫酸非依存的にリガンドと結合する例が報告され、FGFR の突然変異による受容体活性の亢進をヘパラン硫酸への依存性の消失で説明できる可能性が考えられた。本研究では、他の類似の疾患における FGFR の変異が三者 (リガンド、受容体、GAG) 複合体の形成や細胞内でのシグナル伝達に及ぼす影響を解析し、FGFR の変異がもたらす疾患の発症メカニズムを分子レベルで解明することを目的とした。

これまでに、複数の変異型の受容体遺伝子を構築し、これらを組換え体可溶性蛋白質として調製した。これらを用いて、*in vitro* のリガンド結合試験を行った結果、野生型 FGFR2 はヘパリン存在下でのみ FGF1 と結合するのに対し、Apert 症候群の原因変異を導入した FGFR2 はヘパリン非存在下でも FGF1 と結合した。一方、Jackson-Weiss 症候群や Pfeiffer 症候群の原因変異を持つ FGFR2 は、野生型 FGFR2 と同様、ヘパリン存在下でのみ FGF1 と結合することが判明した。

本年度は、Apert 症候群の原因変異を導入した FGFR2 を発現する細胞株を構築し、その細胞増殖に与える FGF と HP の効果を検証した。その結果、野生型 FGFR2c 導入細胞の増殖には FGF と HP の両者が必要であったが、変異型 FGFR2c (S252W、P253R) 導入細胞は、FGF1 のみで細胞増殖が惹起されることを観察した。

今後は、細胞内シグナルに注目して、変異型 FGFR2c の作用メカニズムを解析する予定である。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 繊維芽細胞増殖因子、Apert 症候群、先天性奇形、グリコサミノグリカン

[研究題目] ナトリウムチャネルの E3 領域をターゲットにしたペプチド系鎮痛剤の開発

[研究代表者] 稲垣 英利

(バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 稲垣 英利 (常勤職員1名)

[研究内容]

本研究は、ナトリウムチャネル阻害ペプチド SKTX の誘導体ライブラリーを、哺乳類ナトリウムチャネル 1.3 (Nav1.3) の3番目の細胞外領域 (E3 領域) への結合を指標としてスクリーニングし、Nav1.3 の活性を特異的に阻害する SKTX ペプチド誘導体の開発を目的とするものであった。

本年度は、SKTX の誘導体ライブラリーより選択した5種類のペプチドを、大腸菌により6×His と GST との融合ペプチドとして発現させて精製した。この組換えペプチドを用いて、ナトリウムチャネル E3 領域を用いたプルダウンアッセイを行ったところ、5種類のペプチドの中でも、我々が A タイプ、B タイプと名付けたものが、結合活性が強いことが示された。そこで、この種類のペプチドに絞り込んで BIAcore による解析を行った。2種類のペプチドは、マイクロモルオーダーで加えた場合に、センサーグラムの乱れはあるものの、ナトリウムチャネル E3 領域へ結合することが示された。今後、ペプチドのナトリウムチャネルに対する阻害活性を電気生理学的に確認したいと考えている。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] ナトリウムチャネル、E3 領域、ペプチド

[研究題目] 休止期の毛包に高発現する細胞増殖因子は毛成長をどのように制御するか?

[研究代表者] 今村 亨 (バイオメディカル研究部門)

[研究担当者] 今村 亨、植木 美穂、織田 裕子 (常勤職員1名、他2名)

[研究内容]

研究実施者らは、マウスの休止期毛包において高発現することを見出した細胞増殖因子 FGF18 が、周期的な毛成長とどのように関わるかを明らかにするため、本研究を行っている。本研究では、①皮膚特異的に Fgf18 遺伝子をノックアウトしたマウスを Cre-loxP 法により作成してその表現型など生物現象を解析すること、②毛包構成細胞の増殖分化と *in vitro* 毛包形成への FGF18 の影響を解析すること、③脱毛症と FGF18 の関連を解析すること、を目的としている。

本年度は、①において、平成22年度までに作製した皮膚特異的 Fgf18 遺伝子欠損マウス同士を交配し、多数個体の遺伝子型からホモノックアウト体を選択し、継代交配を重ねた。並行して、マウスの日齢と毛成長周期の各相-成長期、退行期、休止期-の関係について詳細な解析を行った。その結果、野生型マウスでは8週間ほど持続する毛成長周期の休止期が、ホモ Fgf18 欠損マウスでは1週間ほどに劇的に短縮することを見出した。そして、この効果と、背部毛成長周期の頭尾軸での時間差とから、加齢した個体においては、顕著な縮状に移動する発毛パターンが出現することを発見した。これらの結果は、Fgf18 がマウス背部毛包の休止期を維持する決定的に重

要な因子であることを明確に示す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 繊維芽細胞増殖因子、毛成長周期、毛包形態形成、組織幹細胞

【研究題目】 アクチンフィラメントの構造多型と機能分化

【研究代表者】 上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 上田 太郎、梅木 伸久、

ンゴー・キエン (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

アクチンは真核細胞に最も多量に存在するタンパク質で、その重合体は、細胞内で様々な重要機能を果たしている。これまでに、アクチン繊維の協同的構造変化がその機能発現に重要であるという状況証拠が得られつつあるが、アクチン繊維は極性を持った重合体であり、たとえばミオシンはその極性に依存して運動することから、アクチン繊維の協同的構造変化にも極性があるか否かという知見は、その生理的意義を考える上で不可欠な情報である。そこで本研究は、この点を明らかにすることを目的としている。

本研究開始以前に、B 端キャッピングタンパク質、アクト S1 融合タンパク質、およびピレン標識アクチンをファロイジン存在下で順次重合させることでアクト S1 融合タンパク質とピレンアクチンの位置関係を規定したブロック共重合体の作製に成功していた。さらにそうしたブロック共重合体において、アクト S1 融合タンパク質がピレンアクチンの B 端側にあるときは ATP 添加によってピレン蛍光が増大するが、アクト S1 融合タンパク質がピレンアクチンの P 端側にあるときは蛍光強度は変化しないことから、構造変化が P 端方向に一方向的に伝播するという予備的な成果を得ていた。しかし前者においてもピレン蛍光の変化幅が小さく、説得力に欠けるきらいがあった。そこで電顕観察を行ったところ、ピレンアクチンのみが重合したホモ重合体が大量に存在することが判明し、これが ATP 添加に反応しないピレン蛍光の原因であろうと推察された。そこで、ブロック共重合体とピレンアクチンホモ重合体を分離する方法の開発に着手した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 アクチン繊維、協同的構造変化、水和

【研究題目】 アクチンフィラメントの B 端方向への協同的構造変化とハイパーモバイル水の機能解明

【研究代表者】 上田 太郎

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 上田 太郎、長崎 晃、梅木 伸久、

中嶋 潤 (常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

アクチンフィラメントは、細胞運動や細胞内物質輸送等のさまざまな現象で非常に重要な機能を果たしている。われわれは、細胞内アクチンフィラメントのこうした機能分化には、外力や特異的アクチン結合タンパク質によるフィラメントの構造変化が重要な機能を果たしているのではないかと仮説の検証に取り組んだ。

昨年度までに、蛍光標識した HMM (ミオシン II のモーター領域断片) とコフィリンが互いに排他的にアクチンフィラメントと協同的結合することを発見していた。しかしこの実験では、HMM とコフィリンがアクチン上の結合サイトを競合している可能性を否定できなかった。そこで今年度は、アクチン-S1 融合タンパク質とコフィリン-アクチン融合タンパク質をそれぞれ正常アクチンと共重合させ、融合タンパク質が近傍の正常アクチンに及ぼす影響を共沈実験により調べたところ、アクチン-S1 融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を阻害する一方、HMM との結合を促進すること、逆にコフィリン-アクチン融合タンパク質は、近傍の正常アクチンとコフィリンの結合を促進することを見出した。これらの実験においては、結合部位の競合による影響を考慮する必要はない。したがって、昨年度までの蛍光顕微鏡観察とあわせ、ミオシン II モーター領域やコフィリンとアクチンフィラメントの結合は、フィラメントの協同的な構造変化をひきおこし、ミオシンモーター領域やコフィリンとの親和性が正または負に制御されることが示された。これにより、本研究の主要目的の一つが達成されたことになる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞極性、メカノバイオロジー、協同的結合

【研究題目】 FGF21による体内時計及び体温調節機構の解明

【研究代表者】 大石 勝隆

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 大石 勝隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

哺乳類の体内時計制御における FGF21 の関与を明らかにする。

研究計画：

Fgf21 遺伝子の発現制御及び *Fgf21* 欠損マウスを用いた体内時計機能の解析を行う。

年度進捗状況：

肝臓は、FGF21 の主要な産生臓器として考えられており、*Fgf21* 遺伝子の発現は、核内受容体である PPAR α によってポジティブに転写調節されていることが知られているが、ヒト及びマウス由来の培養肝細胞を用いた解析により、PPAR γ の特異的リガンドであるロシグリ

タゾンやピオグリタゾンによってもその発現が顕著に誘導されることが判明した。マウス個体を用いた検討からも、PPAR α のリガンドであるベザフィブラートのみならず、ピオグリタゾンによる発現誘導が確認された。脂肪肝においては、PPAR γ の発現量が増大することが知られており、PPAR α とともに PPAR γ が FGF21の発現制御に関与しているものと思われる。

*Fgf21*遺伝子欠損マウスを用いて、行動リズムに対する影響を検討したが、恒暗条件下における活動周期には特に影響が認められなかった。給餌性のリズム形成機構における FGF21の関与を調べる目的で、本来の休息期である明期の特定時間帯に給餌を行ったところ、給餌に対する予知行動にも特に影響は認められなかった。末梢組織に存在する末梢時計に対する FGF21の関与を明らかにする目的で、自由摂餌下及び制限給餌下における時計遺伝子の発現を、肝臓及び白色脂肪組織において検討した。肝臓での時計遺伝子発現には大きな影響が認められなかったものの、脂肪組織における *Per1*及び *Per2*遺伝子の日周発現は、自由摂餌下、野生型マウスと *Fgf21*遺伝子の欠損マウスで大きく異なっており、*Per1*、*Per2*ともに、発現位相の前進及び振幅の増大が認められた。受容体の発現分布などから、脂肪組織が FGF21の標的組織である可能性が指摘されており、脂肪組織での時計遺伝子発現に FGF21が何らかの役割を担っている可能性が考えられる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】体内時計、FGF21、時計遺伝子、核内受容体

【研究題目】tRNA 揺らぎ塩基のカルボキシメチルアミノメチル化反応機構の構造機能解析

【研究代表者】大澤 拓生

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】大澤 拓生、沼田 倫征

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

tRNA のアンチコドン一文字目を修飾する酵素を pET ベクターを用いて、大腸菌内で大量発現させることを試みた。C41を宿主として発現を行ったところ、結晶化や機能解析等に使用できる十分量を得ることに成功した。組み換えタンパク質は、HiTrap Heparin によるアフィニティークロマトグラフィーおよび Superdex200を用いたゲル過クロマトグラフィーによって精製した。次に T7 RNA ポリメラーゼを用いた *in vitro* 転写によって tRNA を合成した。タンパク質と tRNA はモル比が1:1.2となるようにして混合し、一定温度でインキュベーションした後、結晶化スクリーニングに使用した。得られた結晶を用いて、放射光施設において回折実験を行ったところ3Å 程度の分解能のデータが得られた。そこで、メチオニン生合成阻害法によって

メチオニンをセレノメチオニンに置換した組み換えタンパク質を調製し、精製・結晶化を行った。セレノメチオニン置換体の結晶を使用して、SAD および MAD のデータ測定を行った。得られたデータに対して SnB を用いて、重原子サイトのサーチを行い、SHARP による位相決定を試みた。その結果、SAD データにおいて位相決定に成功し、良好な電子密度を得ることができた。この電子密度に対して、モデル構築を行い、構造精密化を行った。修飾酵素は4つのドメインから構成されていた。4つの内の1つが tRNA のアクセプターアームを認識し、残りの3つがアンチコドンアームを認識していた。さらに、活性に必要な不可欠な ATP もアンチコドンアームを認識するドメインに結合していることが明らかとなった。これら、ATP や tRNA との相互作用情報を基に、酵素の部位特異的なアミノ酸変異体を作製し、それを用いて酵素活性の測定を行った。その結果、活性および基質選択に重要な役割を果たしているアミノ酸を同定し、触媒反応機構に関する知見を得ることに成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質、核酸、酵素、RNA、結晶構造解析

【研究題目】ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズム

【研究代表者】大塚 幸雄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】大塚 幸雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

ホヤ初期発生過程における Nodal シグナル伝達経路を解析し、ホヤ幼生末梢神経の誘導メカニズムを明らかにする。

研究計画：

Chordin、snail、Pax3/7はホヤ幼生末梢神経の前駆細胞に発現する Nodal 標的因子である。これら3遺伝子の発現制御領域を単離・解析することで、ホヤ幼生末梢神経の誘導に関わる転写因子・シグナル因子を同定する。また、単離した Chordin、snail、Pax3/7の遺伝子発現制御領域をもとに、ホヤ幼生末梢神経に外来遺伝子を発現させるためのツール開発を行う。

年度進捗状況：

ci-chordin、ci-Pax3/7の遺伝子発現制御領域に存在する Nodal シグナル応答部位を同定するために、昨年度までに単離した ci-chordin、ci-Pax3/7遺伝子の発現制御領域について、カタユレイボヤ胚を用いたプロモーター解析を行った。Nodal シグナル阻害剤の処理により、ci-chordin については5' 上流域の119bp、ci-Pax3/7についてはイントロン内の134bp の転写活性が神経板で阻害されることを明らかにした。これまで、Nodal シグナル応答に関与する転写因子として Smad、FoxH1、Mixer が報告されているが、本研究で同定した ci-

chordin、ci-Pax3/7遺伝子の Nodal シグナル応答領域に FoxH1、Mixer は結合しないと予測されることから、これまで知られていない新たな Nodal シグナル伝達経路の存在が示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経誘導、シグナル伝達、転写制御

【研究題目】 蜘蛛類毒腺の生理活性ペプチドの探索・解析および新規ペプチド創製の試み

【研究代表者】 木村 忠史

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 木村 忠史、久保 泰 (常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

毒産生生物の毒液には様々な生理活性ペプチドが含まれている。我々はこれまでに南米産タランチュラ毒腺から30個以上の新規生理活性ペプチドを発見している。本研究の目的は、更に多くの新規生理活性ペプチドを発見し、様々な細胞・脳神経機能研究などに適用できるペプチドライブラリーや低分子ケミカルライブラリーの基盤となることである。

研究計画：

今年度の研究計画は、平成22年度に得たシーケンスデータとこれまでに得ていたデータを整理し「クモ毒腺のトランスクリプトーム解析」の論文を作成することを目標とした。

年度進捗状況：

これまでにタランチュラ毒腺の cDNA ライブラリーの中から制限酵素切断パターンに基づき約1500個のクローンを選択し DNA 配列の解析を行い869個の高い品質の配列データを得た。このうち284個 (=32.7%) が毒様の配列を示していた。これは他種のクモで報告されている30.6%や32.5%とほぼ同等の値であり本研究の妥当性が示された。更に PCR クローニングにより34個の毒様配列を得た。これらから重複無く48個の独立した新規の毒様配列を得、GTx1～GTx7, GTx-TCTP, GTx-CRISP の9つのグループに分類した。この中で特にGTx3系のペプチドは哺乳類の MIT1 や Bv8, Prokineticins に加え無脊椎動物の astakines にも相同性が認められたことからその生理活性の一部は造血能である可能性について予想をした。これらについてまとめた論文を出版した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タランチュラ、毒腺、cDNA ライブラリー、トランスクリプトーム、生理活性ペプチド

【研究題目】 エストロゲン様化学物質影響評価のための膜共役経路の解明

【研究代表者】 木山 亮一

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 木山 亮一 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

エストロゲンは女性ホルモンとして、性分化、妊娠、性行動などに関わっている。本研究では、エストロゲンの細胞内シグナル伝達系に関して、膜受容体経路とは別の膜経路について注目し、様々な成長因子に対する膜受容体経路のシグナル伝達経路との共役経路を明らかにすることで、従来明らかにされた核内受容体経路だけでは説明できない化学物質による生理作用のメカニズムを明らかにすることを目標にした。

我々は、まず、(1)エストロゲン応答遺伝子によるシグナルカスケードの同定を行ない、次に、(2)様々な化学物質 (ビスフェノール A など) を用いた膜共役系を含めた遺伝子応答のプロファイリングを取得し、ビスフェノール A について新しい GPR30受容体経路のシグナル伝達経路を明らかにした。また、連携研究者と共同で、(3)ラット脳の分化におけるエストロゲン応答シグナル伝達系の解析を進め、性分化に関与するエストロゲンシグナル伝達経路について解析を行った。さらに、本研究課題の最終年度として、上記の(1)～(3)項の成果をもとに、(4)天然試料などの混合物を用いた遺伝子応答のプロファイリングを進め、様々な天然試料や環境試料 (アガリクス抽出物及び石油分解物)、及び、その成分や植物エストロゲンについて、エストロゲン活性評価を行った。その結果、いくつかの試料について、細胞増殖活性は無いがエストロゲン様プロファイルを示したので、これらの化学物質を総称して「サイレントエストロゲン」と命名した。これらの新しいタイプのエストロゲン様化合物は、膜共役系や細胞増殖シグナル伝達経路を含めてエストロゲンシグナル伝達経路に特徴があると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 エストロゲン、シグナル伝達、脳神経系、遺伝子発現プロファイリング、遺伝子機能

【研究題目】 シグナル制御複合体の構造と細胞内局在の電子顕微鏡解析

【研究代表者】 佐藤 主税

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 佐藤 主税、三尾 和弘、川田 正晃 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

目標：

細胞におけるシグナル伝達と制御の主役を担うのはタンパク質複合体である。本研究では複合体構造を、精製タンパク質の透過電子顕微鏡 (TEM) 画像から情報学的再構成により立体構造を導き出す単粒子解析法と、細胞を水溶液中で固定・ラベルするだけで複合体の局在を

高分解能で決定する大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を組み合わせて解析し、その機能を明らかにする。

研究計画：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、不安定な複合体で完全会合体の割合がある程度低くとも、その構造が解明できる方法へと改良する。

シグナル制御を行うタンパク質複合体の機能を理解するためには、大気圧電子顕微鏡 ASEM によって細胞内での局在と離合集散とを高分解能で観察することが必要である。タンパク質3次元微小結晶を ASEM を用いて高分解能で観察することで、微小3次元結晶染色法を開発し、シグナル制御複合体のより良い3次元結晶化条件を ASEM を用いて探す。

年度進捗状況：

単粒子解析の画像解析プログラムの精度を向上させ、完全会合体の割合が低い不安定なチャンネル複合体でも、解析できる方法を開発した。この方法を用いて、実際に安定性が低い複合体である Orail を解析した。シグナル制御を行う複合体の多くは、動的に離合集散を繰り返し、細胞内での配置を換えながら機能する。これらの局在を観察するために、新たに開発した大気圧走査電子顕微鏡 (ASEM) を用いた水中免疫電顕法の開発に成功した。離合集散を繰り返す複合体である細胞骨格のチューブリン・Actin と、イオンチャンネル複合体における Ca 濃度センサーサブユニットである Stim1 の水中免疫電顕撮影に成功した。さらには、神経細胞を初代培養して観察することと、マイコプラズマの高分解能撮影に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】シグナル伝達、分子複合体、電子顕微鏡、タンパク質構造、イオンチャンネル

【研究題目】3次元ナノ相分離膜構造と高感度分子認識能の動的解析

【研究代表者】佐藤 縁 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】佐藤 縁、吉岡 恭子、田中 睦生 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究では、生体分子を高感度に認識する部位を有する分子と、ノイズ応答の要因となる夾雑物による非特異的な吸着を効率よく押さえる分子とで、複合単分子膜を構築し、高感度なタンパク質認識表面の構築を進め、糖鎖-タンパクなどの弱い相互作用の検出を効率よく行ってきている。昨年度に引き続いて、タンパク質 (レクチン) を認識する糖鎖分子と各種アルカンチオール分子とでナノ相分離膜を作製し、昨年度より検討を行っていた、電気化学手法による検出の高感度化をさらに具体的に測定系にとり入れるための検証を行った。具体的には、電気化学表面プラズモン共鳴測定と電気化学水晶振動子マイクロバランス法による、糖-レクチン相互作用検出、特異的認識についての測定を行い、膜構造の変化と応答

効率の関係について確認した。糖鎖含有分子の周りを電気化学活性分子であるフェロセニアルカンチオール類で埋める形でハイブリッド膜を作製した場合、電位を与えてフェロセン基を酸化させた場合に、認識応答が増強されることが確認された。この現象は、特異的認識のある組み合わせの場合 (マルトシドとコンカナバリン A など) にのみ起こり、他の組み合わせを増強することはないことも確認した。電気化学増強により、数倍から十数倍の応答増強が確認できた。糖鎖ハイブリッド膜構造の微細な3次元的構造が、レクチン認識に大きく影響する現象について、非特異吸着抑制分子として単純な水酸基末端のアルカンチオールをモデル分子として用い、分子膜構造の原子レベルでの観察結果をフィードバックさせながら詳細に検討した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ソフト界面、自己組織化膜、分子認識、レクチン、糖、非特異吸着抑制、金、表面プラズモン共鳴、電気化学

【研究題目】人工細胞膜を目指した安定なナノ構造分子膜構築に関する研究

【研究代表者】澤口 隆博

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】澤口 隆博、田中 睦生

(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究は、表面修飾材料として新規に開発したホスホリルコリン系分子を電極基板上に単分子膜形成させ、膜タンパク等の生体分子を捕捉し安定に機能発現しうる、生体膜類似のナノ構造分子膜を構築することを目的としている。チオール基等を介した結合形成により電極上での膜構造の安定化を図り、膜の集積状態の解析、膜を介した物質移動や電子移動反応を解析する。膜の基本特性の評価および膜構造の分子レベル解析により、膜タンパクを非変性的かつ安定に補足しうるナノ構造分子膜の詳細を検討し、ホスホリルコリン系分子による人工細胞膜の構築を目指している。

平成23年度は、高純度 Au 線を火炎溶解して作製した原子的に平滑な単結晶電極 (Au(111)) 上に、新規開発した一連のホスホリルコリン誘導体のナノ構造分子膜を構築して、膜の基本構造、即ち、膜の密度、分子配列や配向等についての評価を行った。これにより、ホスホリルコリン部位がアルキル鎖に比べてかなりかさ高いこと、そのためホスホリルコリン系分子はダブルストライプ状の配列構造を有している可能性が高いこと、その表面濃度は約 $5 \times 10^{-10} \text{ mol/cm}^2$ 程度であること等が判明し、ホスホリルコリン系分子によるナノ構造分子膜の基本構造が概ね明らかになった。また、膜タンパクのナノ構造分子膜内への導入時に用いる膜タンパク補足のためのリンカー分子について、電極表面での固定状態を検討したと

ころ、極めて緻密に固定化されることが分かった。このことは膜タンパク補足用リンカー分子のナノ構造分子膜内への分散が可能であることを示しており、膜タンパクの非変性導入に向けた技術要素の一端が明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 構造・機能材料、機能性超薄膜、走査プローブ顕微鏡、自己組織化、表面・界面物性

【研究題目】 多種の血管新生因子を同時検出するための蛍光プローブの創製と医療診断への展開

【研究代表者】 鈴木 祥夫

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 鈴木 祥夫 (常勤職員1名)

【研究内容】

本申請では、これまでに得られた知見を基に、癌細胞の増殖・転移に密接に関与する代表的な2種類の血管新生因子 (FGF と VEGF) を同時認識し、可視化イメージングを行うことが出来る新規蛍光分子プローブの設計・合成およびその性能評価を行う。

本年度は、VEGF 検出用蛍光分子プローブ及び FGF 検出用蛍光分子プローブおよび VEGF と FGF を同時に検出するためのプローブの性能評価を中心に行った。それぞれの蛍光分子プローブの蛍光発色団は、これまでに得られた知見から、4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-4H-ピランを有するものおよびフルオレセイン誘導体とした。上記の蛍光発色団を、VEGF 検出用プローブでは、VEGF 受容体の VEGF 結合部位に導入した。また、FGF 検出用プローブでは、ヘパリンに導入した。さらに両者を同時に検出するためのプローブとして、上記ペプチドとヘパリンを連結したプローブを試作した。これらの蛍光分子プローブが、それぞれ目的とするタンパク質を特異的に認識するかどうかを、蛍光光度法を用いて確認した。その結果、VEGF および FGF 添加前は、蛍光分子プローブからは微弱な蛍光が観察されたが、室温下、VEGF および FGF を添加すると、それぞれ目的のタンパク質と相互作用した時のみ、瞬時に蛍光強度の増加が確認された。さらに、上記蛍光プローブをシリカを原料とし、ピッチ200nm、高さ1 μ m のナノピラーから構成される基板上に精密に固定化し、VEGF および FGF との相互作用を確認したところ、単に溶液状態に分散させた時および平坦な基板に固定化させた時よりも、5倍程度の検出限界の向上および血清中の VEGF および FGF の検出にも成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質、蛍光分析、分子プローブ

【研究題目】 環境浄化に関わる未培養微生物を生きのまま選択的に回収する技術の創成

【研究代表者】 関口 勇地

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 関口 勇地 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は、難培養微生物群の培養を可能にするための新規技術を創成し、その開発技術を環境工学分野で活用されている難培養微生物群に適用することにより、その機能を解明することを目的とした。具体的には、16S rRNA を標的とした Fluorescence in situ hybridization 法 (FISH 法) とコンビナトリアル・バイオエンジニアリング技術を組み合わせ、特定の微生物群のみを「生きのまま」選択的に回収する新規技術の開発を行うことを目的とした。平成23年度は、平成22年度で開発した微生物回収技術を利用し、メタン回収型廃水処理プロセスに存在する未培養微生物群を標的とした選択的回収システムを構築することを試みた。さらに、前年度に引き続きペプチドを利用した菌体回収技術に関する基礎的検討を行い、本手法を利用して実際の未培養微生物群を培養可能にするための検討を実施した。具体的には、嫌気性廃水処理汚泥への分子系統学的解析からその存在が予見されている、系統学的に新規で処理プロセスにおいて重要な未培養系統群 (バルキング原因微生物など) に対して本手法を適用し、それぞれに特異的なペプチドの選定後、ペプチドリガンドを利用した各微生物細胞の高濃度、高純度取得の試みを実施した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 未利用生物資源、未培養微生物、コンビナトリアルバイオエンジニアリング

【研究題目】 低分子量 G タンパク質群のクロストークによる神経軸索伸張制御

【研究代表者】 戸井 基道

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 戸井 基道、鈴木 えみり

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

適切な方向への細胞移動や神経細胞の軸索伸長過程においては、誘引あるいは反発作用をもたらす細胞外からのガイダンス分子に依存した細胞骨格制御が重要である。本研究では、この細胞骨格制御に関わるキー因子である低分子量 G タンパク質「Rac」の新規エフェクターとして単離した RIN-1 タンパク質の機能解析を通して、このタンパク質を介した複数の低分子量 G タンパク質群間の活性化や空間的配置制御といった機能的クロストークの実態を明らかにする事を目指す。

研究計画：

モデル生物線虫の rin-1 変異体を用い、軸索伸長の詳細な表現型解析と各 G タンパク質群およびガイダンス分子受容体等の細胞内局在解析を行う。また、各タンパ

ク質間の相互作用と活性化について、酵母の系を用いて解析する。

年度進捗状況：

RIN-1タンパク質に含まれる各機能ドメインと、線虫の Rac1である CED-10タンパク質や RAB-5タンパク質との相互作用を解析したところ、RAB-5とはその活性を制御する VPS9ドメインで、また CED-10とは VPS9ドメインより N 末に存在するロイシンリッチ領域で相互作用した。RIN-1は各 G タンパク質と異なるドメインで相互作用し、活性を制御している可能性が示唆される。また N 末側の SH2ドメインで、ガイダンス受容体である UNC-40/DCC および SAX-3/Robo のどちらとも相互作用する事も明らかになった。したがって、RIN-1は N 末を介して受容体と相互作用し、そのシグナルを異なる領域を介して各 G タンパク質に伝える事が推測される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞移動、神経軸索伸長、低分子量 G タンパク質

【研究題目】 オンチップスクリーニングと1細胞時系列イメージングによる細胞運動因子のキヌーム解析

【研究代表者】 長崎 玲子

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 長崎 玲子、藤田 聡史、長崎 晃

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

細胞運動は、器官形成などにおいて重要であるばかりではなく、悪性化した癌細胞の浸潤においてもその関与が示唆されている。しかし、その制御過程は複雑であり未だ断片的な理解に留まっている。そこで独自技術の細胞運動評価チップを用いて全キナーゼ及び関連因子群から細胞運動調節因子を探索し、さらに細胞外マトリックス (ECM) 依存的に発現誘導を受ける遺伝子群の結果と統合する。これにより転写レベルの ECM 依存的発現誘導から細胞運動調節キナーゼの活性制御にいたる一連の情報伝達経路について検討できると考えている。

ラット膀胱がん由来細胞 (NBT-L2b) の運動に必要なと思われる31遺伝子のうち29遺伝子の細胞内局在を検討した結果、2遺伝子が核、4遺伝子が核と細胞質、3遺伝子が細胞膜、1遺伝子が小胞、1遺伝子が骨格、1遺伝子が細胞質と細胞膜、1遺伝子がミトコンドリア、15遺伝子が細胞質に局在し、1遺伝子は発現がほとんど認められなかった。さらに29遺伝子を次世代シーケンシングによる ECM 依存的に発現変動する遺伝子群と照会したところ、3遺伝子が重複した。そのうち1つは上述の核に局在した遺伝子であり、転写因子である SMAD3と相互作用することが報告されていた。また、L2bの亜種であり、コラーゲンにより細胞運動を誘導されない T1細胞

と L2b 細胞の間で29遺伝子の発現量を比較したところ、L2b 細胞での発現が4遺伝子について高く、うち1遺伝子は上述の ECM 依存的に発現が昂進するものであった。今後は、重複した3遺伝子を中心にがんの悪性度との関連、転写調節機構、さらに接着斑や仮足形成にどのような影響をもたらすのか明らかにしたい。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞運動、トランスフェクションマイクロアレイ、時系列解析、癌細胞

【研究題目】 酵母を用いたヒト上皮増殖因子受容体の機能解析

【研究代表者】 福田 展雄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 福田 展雄 (常勤職員1名)

【研究内容】

増殖や分化など重要な細胞機能を制御している受容体における異常は、癌の発生要因となることが知られているため、当受容体を標的とした抗癌剤を開発することが強く望まれている。そこで最も時間と労力が必要とされている創薬シード化合物のスクリーニング工程の高効率化を目指して、酵母を用いた受容体活性化シグナルの新規検出技術を確立することを本研究の目的とする。平成23年度はまず遺伝子組換え技術を用いて、ヒト上皮増殖因子受容体を発現する酵母細胞を創製した。創製した酵母細胞に対して発現確認を行ったところ、当受容体の発現量が著しく低いことが明らかとなった。しかしながら受容体活性化シグナルの検出を目的とする本研究では、充分量の受容体を酵母細胞膜上に集積させることが必要とされる。一般にタンパク質の異種発現では、コドン使用頻度や分子認識機構の違いから、目的タンパク質を充分に発現できないという事態が頻々と生じることが知られている。そこでこれらの観点から、酵母細胞内での発現量の向上を目指して、当受容体の遺伝子構成の改良を試みた。構築した改良型の受容体遺伝子を改めて酵母細胞に導入したところ、想定した通り当受容体の発現量を大幅に向上させることに成功した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ヒト受容体、抗癌剤、酵母

【研究題目】 遺伝子導入セルチップの高機能化を実現するソフト界面の構築

【研究代表者】 藤田 聡史

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 藤田 聡史 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

目標と研究計画：

本研究課題では、「固相リバーストランスフェクション (固相界面から細胞への遺伝子導入: Reverse Transfection: RTF)」のメカニズムを明らかにし、これ

に基づいた「高性能ソフト界面」を作製し、固相から様々な細胞株への遺伝子導入を可能にする高機能化セルチップを開発する事を目的とする。現状では、(i)様々な細胞種へのセルチップの適用、(ii)遺伝子導入効率の改善、(iii)アレイ状のスポット間の遺伝子混合の防止、(iv)徐放性の制御、(v)アレイ化されたスポット上の細胞運動の制御、が不十分であり、基板ソフト界面の化合物の制御による、本チップの高機能化が求められていた。年度進捗状況：

平成23年度の研究成果において、(1) ポリアミンドロン固相化が遺伝子導入効率の上昇に有効であること、(2) フィブロネクチンやタイプ I コラーゲンなどの ECM の固相濃度が、遺伝子の徐放性のコントロールに重要であり、細胞への遺伝子導入効率や局所的な遺伝子導入に影響する事、(3) 細胞運動をコントロールする上で、ポリエチレングリコール (PEG) を用いた基板界面の親水性コーティングとフィブロネクチン又はコラーゲンタイプ I によるアレイスポットの形成が非常に有効である事を見出した。

最適な ECM 固相条件でアレイを構築することにより、スポット径が100 μm 以下の細胞接着及び遺伝子導入領域を作製し、スポット当たりの細胞数が数個になるような「世界最高密度の TCM 基板」を開発に成功した。本成果の基盤となる技術は、現在研究成果を学術誌に投稿中である。本成果により、セルアレイデバイスを用いた細胞への遺伝子導入技術に対して、有効な界面材料を提供し、細胞を用いた生命現象の大規模解析を加速するためのデバイス開発や普及を促進できると考える。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロアレイ、表面界面物性、マイクロナノデバイス、ナノバイオ

【研究題目】 induced folding 機構の獲得を抗体の親和性成熟に学ぶ

【研究代表者】 古川 功治

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 古川 功治 (常勤職員1名)

【研究内容】

C57BL/6マウスのハプテン、NP、に対する免疫応答で起こる抗体の親和性成熟を我々は精査してきた。最近我々はこの抗体の親和性成熟の過程で induced folding 機構を新たに獲得する成熟経路を見出した。この経路では抗原結合に伴う induced folding により得られた構造安定化エネルギーを抗原結合に活かし、高親和性を獲得していると考えられた。本研究では生体内で行われたこのような親和性成熟について経路に沿って分子基盤を精査していく。具体的には出発点のクローンから最終点のクローンへ到達するまでに導入された10個の変異導入のすべての組み合わせ (1024通り) の変異体を作製しファージディスプレイによりスクリーニングすることで、

induced folding のデザインを変異導入の順番を含めて議論できると考えた。平成22年度中には1024通りの変異体の作製をほぼ終了していたが、残念ながら23年3月の震災により本プロジェクトで用いる標準モノクローナル抗体を産生するハイブリドーマ、22年度までに作製してきた変異体ファージの全てとその発現ベクターの約半分が失活、分解していることが判明した。23年度はそれらの再取得に大半の時間を費やした。23年度末の時点で残念ながら全てをリカバー出来ていない。一部のクローンで X 線結晶構造解析に向けた結晶作りのスタートにこぎ着けることができた状態である。

一方、本研究遂行上必要であった抗体 Fab の大腸菌での大量発現技術、抗原抗体反応の評価技術等、応用範囲の広い基盤技術が整備できた。実際にいくつかの共同研究を開始することができ、論文発表を行うこともできた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗体、蛋白質フォールディング、親和性成熟、安定性

【研究題目】 網羅的変異データベースに基づく新規蛋白質設計法の開発

【研究代表者】 横田 亜紀子

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 横田 亜紀子 (常勤職員1名)

【研究内容】

蛋白質は、多種多様な生物機能を担う生体高分子であり、蛋白質を自由自在に設計・制御することは、現代の生命科学における最重要課題の一つである。そして、蛋白質の確実な設計には、「蛋白質のアミノ酸配列」と「その構造、機能、安定性」の対応関係の調査が必要不可欠である。本研究では、ジヒドロ葉酸還元酵素をモデル蛋白質とし、その網羅的変異データベースを用いることにより、汎用性・確実性の高い新規蛋白質設計法の確立を目指した。今年度は、昨年度に引き続き、データのクオリティが低い、あるいはデータに不備のあるサイト (変異体) について、系統的に一アミノ酸置換変異体を作製し、酵素活性や安定性、二次構造など、様々な蛋白質物性を測定することで、変異データベースの充実化を図ること、そして、その得られた変異データベースを利用して、アミノ酸配列 (変異導入部位や、置換するアミノ酸の種類) と各蛋白質特性パラメータ (活性、安定性、基質あるいは補酵素特異性などに対する変異効果) との対応関係を調べることを中心に研究を進めていった。

その結果、計画していた変異体の特性データの収集に成功し、より精度の高い変異データベースを構築しつつある。さらに、そのデータベースを用いた解析により、アミノ酸配列と蛋白質特性パラメータとの対応関係に関する経験則の抽出が可能となり、蛋白質の合理的設計の指針となる情報も蓄積されつつある。今後は、より一層、

詳細かつ多角的な解析を展開し、新規蛋白質設計法の開発に役立つ知見を獲得していきたいと考えている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 蛋白質デザイン、酵素、変異解析、機能改変

〔研究題目〕 自律的にフォールドする短鎖セグメントを起点とした小型人工蛋白質のビルドアップ

〔研究代表者〕 渡邊 秀樹

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 渡邊 秀樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、医学・産業プロセスにて用いられる高分子量蛋白質に代わる、小型人工蛋白質の作製・機能評価を目的とする。低分子量ポリペプチドとして既成の性能に匹敵あるいは凌駕する人工タンパク質はより低コストで高機能を発揮することが期待されるが、低分子量ポリペプチドが一般に示す構造柔軟性のため、有効な機能を発揮することは困難とされている。低分子量ポリペプチドに機能獲得に足る十分な立体構造形成能を与えるため、極小蛋白質を構造規制要素としたタンパク質設計技術を構築し、その系の最適化を進めた。モデル標的として、実際の臨床・産業プロセスにて取り扱われているサイトカインと免疫系蛋白質を用いた。ファージ提示を用いた親和性選択により上記標的に親和性を示すクローン分子を単離し、ELISA および表面プラズモン共鳴法 (SPR) によってその強固な活性を確認したほか、NMR と X 線結晶構造解析によって人工タンパク質の3次元構造と分子認識機構の解明を進めた。詳細な機能解析の結果、作製した人工タンパク質の一部は特定条件下で得られるコンホマーを認識することが明らかとなり、この人工タンパク質を解析分子として用いる SPR 基盤のバイオ医薬品質評価系を構築した。構築した評価系は各種クロマトグラフィーなど既存の手法に比べて感度・迅速性などの面で優れた性質を有している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 人工タンパク質、ファージディスプレイ、進化分子工学

〔研究題目〕 進化分子工学を利用した蛍光性 RNA の獲得

〔研究代表者〕 加藤 義雄

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 義雄 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

生きた細胞内で目的の分子だけを観測する手法は、現代の分子生物学において欠かせない技術となっている。タンパク質に関しては GFP を用いた技法が発展してきたものの、遺伝子の直接産物である RNA の検出に関し

ては、外部から加えられた蛍光分子を結合させる方法しか存在しなかった。しかしながら、蛍光分子を結合させることによって RNA の性質が変化してしまうという懸念もあり、自発的に蛍光を発する RNA 分子の開発が望まれていた。そこで本研究では、ランダム配列を有する RNA ライブラリーを大腸菌内で発現させ、蛍光性の大腸菌を取得することによって、生体内で自発的に蛍光を発する新規 RNA 配列を獲得することを目指している。

初年度では、大腸菌内で短い RNA を高発現させる系の検討を行った。大腸菌内にて大量の遺伝子を発現させる最も有名な系としては、pET システムが知られているが、種々条件において目的の短い RNA の発現が見られなかった。大腸菌内での RNA の分解が原因と考えられたため、RNA 分解酵素変異株を用いてさらに条件検討をおこなったが、目的の短い RNA の発現はほとんど見られなかった。そこで、別の RNA 発現系を検討する事にした。プロモーターには恒常的に発現する lpp プロモーター、構造足場 (スキヤフォールド) として tRNA を用いたところ、大量に RNA を発現させられる事が分かった。10000分子/細胞 (大腸菌) 以上の RNA 発現が見られており、今後はこの系を使ったライブラリーの構築を行う。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 進化分子工学、分子イメージング、RNA

〔研究題目〕 生物希少資源が不要な酵素増幅型エンドトキシン検出法の開発

〔研究代表者〕 加藤 大 (バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 大、鎌田 智之
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

従来、高価なりムルス試薬を必要とするエンドトキシンの計測を、エンドトキシンを認識する分子と、酵素反応によって電気化学的に活性な分子 (メディエーター) の応答を増幅することで、安価かつ高感度にエンドトキシンを電気化学検出する方法の実現を目的とする。具体的に、以下の点を明らかにする。

1. リムルス試薬を用いずにエンドトキシンを認識・濃縮し、シグナルをさらに増幅して定量が可能な電気化学エンドトキシン測定系の構築。
2. 上述の増幅型検出において、メディエーターを安定かつ高感度に検出・定量が可能なスパッタナノカーボン電極の導入。また、検出感度・検出限界をより向上させるためのナノカーボン表面の最適化、ならびに電極のフロー化・微小化。

平成23年度は、酵素増幅による電気化学エンドトキシン測定系の構築を実施した。具体的には、エンドトキシンの認識・濃縮を行う反応場を電極上に構築するため、認識分子 (ポリアミノ酸など) を電極表面へ安定に固定

化する方法を探索した。具体的には、牛血清アルブミンと認識分子を架橋剤と混在することで、化学架橋膜を構築した。また、フェロセン、ならびに酵素標識した第二のエンドトキシン認識分子（ポリミキシン B：PMB）を合成した。候補酵素として、西洋ワサビペルオキシダーゼ（HRP）とアルカリフォスファターゼ（ALP）を標識することを検討した。以上、得られた修飾電極・標識PMBの組合せからなる測定系において、メディエーターの酸化電流がエンドトキシン存在下で、酵素反応のリサイクリング効果によって増幅することを確認した。その結果、従来よりも一桁低い検出感度（2ng/mL）を達成した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノカーボン、エンドトキシン、酵素増幅、LPS

【研究題目】 ストレス性睡眠障害モデルを用いた不眠症改善物質スクリーニング系開発とその応用

【研究代表者】 宮崎 歴（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 宮崎 歴、大石 勝隆（常勤職員2名）

【研究内容】

睡眠障害はストレス性疾患、メンタルシンドロームなどで認められ、一日の睡眠覚醒リズムが狂ったパターンを示す。これまでの私たちの研究で体内時計遺伝子Per2のトランスジェニックマウスでは、睡眠時間の短縮や睡眠剥奪のストレスに対して耐性を示す事が観察され、体内時計と睡眠、そしてストレスの間に何らかの関連性が潜んでいるのではないかと考えられた。そこで、我々は一般的な睡眠障害に外挿できるリズム障害を示す動物を作る事が出来ないか試行錯誤し、遺伝的改変を伴わず、実験動物にマイルドなストレスを長期間与える事により、睡眠リズムパターンが乱れるストレス性睡眠障害モデル動物を作成する方法を考案した。作成したモデルマウスでは総活動量がやや低下するとともに、明期暗期ともに活動が見られる行動リズムの乱れが観察され、特に明期前半の過活動が特徴的であった。またこれに連動するように睡眠リズムでも明期前半の睡眠量低下、活動期における睡眠量の増加が認められた。睡眠時間の断片化や睡眠深度の低下も観察された。さらに体温リズムにも影響が及び、睡眠をコントロールする体温による影響が示唆された。ストレス応答によるとみられる交感神経系の亢進やコルチコステロンの高値なども観察され、ストレスによる交感神経系のリズム制御が乱れる事が睡眠障害を引き起こすと示唆された。しかしながら、体内時計遺伝子の発現パターンやフリーラン周期性には影響がほとんど認められない事から、日内リズムを形成する機構と行動や睡眠をむすぶ経路においてストレスが影響して、睡眠リズムや行動リズムの不明瞭化を引き起こすと考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 サーカディアンリズム、ストレス、睡眠障害、モデル動物

【研究題目】 実用化を目指した血液脳関門透過型高分子医薬デリバリーシステムの開発

【研究代表者】 近藤 哲朗

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 近藤 哲朗（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、抗体医薬や核酸などの高分子医薬が癌・癌関連疾患や自己免疫疾患をはじめとする種々の疾患の標的分子に対して創出され、リポソームや高分子ミセルといったキャリアー・デバイスの開発と共に、高分子特性を利用したターゲティング技術が急速に進歩してきている。しかし、これらのほとんどは中枢神経系以外の組織を標的としたものである。

本研究計画では、高分子・蛋白医薬を脳へ非侵襲的に送達する新しいドラッグデリバリーシステム（DDS）を開発することを目的としている。血液脳関門に発現している膜蛋白・受容体を介して脳へ送達可能な高分子蛋白医薬を、指向性進化工学的手法を用いて創出し、さらに将来的な実用化・低コスト化に向けての貢献を目指す。

平成23年度（3年計画の1年目）は、脳を標的とする高分子医薬 DDS 開発のための最初のステップとして、脳血管内皮細胞とアストロサイトの共培養を行い、*in vitro*での血液脳関門モデルを作成した。ペプチドの高次構造に一定の束縛条件を付与したデザインのオリジナルランダムペプチドライブラリーを作成し、血液脳関門上に発現する膜蛋白・受容体に結合親和性を示すペプチドの探索を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 DDS、高分子・蛋白医薬、血液脳関門、中枢神経系

【研究題目】 ナノホールアレイを用いた表面プラズモン共鳴法によるメチル化 DNA の迅速検知

【研究代表者】 栗田 僚二

（バイオメディカル研究部門）

【研究担当者】 栗田 僚二（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

現在、血液や尿などの体液中に含まれる各種生体成分を検出することは、病気の早期発見や診断、さらには治療方針を決定する上で極めて重要である。本研究では、ナノ構造基板上での表面プラズモン共鳴（SPR）現象を利用し、DNA のメチル化状態を迅速検知する新手法の提案、基礎特性評価及びデバイス化を行うことである。従来、抗体を用いる手法では DNA メチル化の量的情報は得られるものの、位置情報を得られなかったため利用

価値が乏しかった。そこで、2本鎖 DNA の“歪み”を利用した位置選択的抗体認識と、SPR 法による迅速計測に挑戦する。これにより、測定対象 DNA 中に含まれる任意領域の迅速な DNA メチル化センシングデバイス開発を目指す。

本年度は、ミスマッチ箇所を有する2本鎖 DNA とメチル化シトシン結合タンパクとの相互作用を明らかにし、タンパクによる任意領域のメチル化検出法に最適なプローブ DNA の探索を行った。ミスマッチ箇所の大きさを1塩基から最大7塩基まで変更し、これに対するタンパク質の相互作用計測を行った。さらにメチル化シトシンと結合するタンパクを導入し、このタンパクを西洋わさびペルオキシターゼで標識することにより検出を行った。用いるキャプチャーDNA の配列を変化させることで形成する2本鎖 DNA の構造を変化させた。また検出対象の DNA 中に含まれるメチル化シトシンの量及び位置を変化させた。これにより想定される2本鎖 DNA 構造とタンパク質の相互作用の変化についての知見を得た。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 メチル化 DNA、エピジェネティクス、表面プラズモン共鳴、免疫センサ

【研究題目】 電子顕微鏡画像を用いたタンパク質構造変化の自動解析技術の開発

【研究代表者】 小椋 俊彦

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 小椋 俊彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

本研究は電子顕微鏡により蛋白質を撮影し、この画像情報より3次元構造を構築するための単粒子構造解析法の新しいアルゴリズムや画像取得システムに関する開発を目的とする。本研究では、新たな画像情報処理アルゴリズムや新規の低ダメージ高コントラスト観察技術を開発することで、蛋白質の3次元構造の変化を簡便にかつ自動的に解析することを目指す。

研究計画：

本年度は、構造変化を伴う蛋白質の透過電顕画像から自動的に3次元構造を自動的に解析するアルゴリズムの開発と実験データへの適応を行った。実際の蛋白質画像では、極めてノイズが高いため、事前に様々なフィルタ処理を施す必要がある。さらに、3次元構造の処理アルゴリズムを改良することで、より高分解能での解析を可能とする。これに加えて、走査電子顕微鏡を用いた新たな非染色生物試料の低ダメージ・高コントラスト観察手法の開発を進め、ウイルスや蛋白質複合体レベルで個々のサンプルの構造を解析可能とする。

年度進捗状況：

構造変化を伴う3次元構造解析法の開発では、Simulated Annealing アルゴリズムを応用して、各平

均画像にそれぞれのステートを割り当てる方法を開発した。この方法を用いることで、自動的に様々な構造変化のクラス平均画像が生成されるため、この平均画像よりそれぞれの3次元構造を独立に求めることが可能となる。こうした解析アルゴリズムを実際の蛋白質電顕画像に適用し、数種類の蛋白質の構造解析を進めた。さらに、走査電子顕微鏡を用いた非染色生物サンプルの3次元解析システムの開発を行った。この方法では、試料下側に複数の X 線検出素子を設置することで、一回の撮像で複数の傾斜画像を取得し、3次元構造を求める。従って、生物サンプルを傾斜させる必要が無く、一回の撮像での3次元構造解析を可能とした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電子顕微鏡、画像情報処理、生物サンプル、3次元構造、タンパク質

【研究題目】 ディスフェルリン欠損症の治療を目的とした骨格筋細胞膜修復機構の解明

【研究代表者】 松田 知栄

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 松田 知栄 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

ディスフェルリン結合タンパク質のひとつである MG53 (ミツグミン53) の骨格筋細胞膜修復への関与を検討する。

研究計画：

ディスフェルリン遺伝子に変異を持ち、筋ジストロフィー症状を示す SJL マウス、野生型マウスの足底筋に mCherry ウスの53/pcDNA3.1を注射した後、エレクトロポレーション法で遺伝子導入を行った。7日後に足底筋を単離し、コラゲナーゼで処理することにより単一の筋線維を得た。導入した遺伝子が発現している筋線維の細胞膜に2光子レーザーで損傷を与え、細胞膜の修復過程をリアルタイムで観察した。

年度進捗状況：

骨格筋細胞膜修復において中心的な役割を担うディスフェルリンは損傷後1秒以内に膜損傷部に凝集するが、MG53はディスフェルリンよりもゆっくりと損傷部に凝集し、損傷部への凝集は5分後も続いていた。ディスフェルリンを欠損し、筋ジストロフィー症状を示す SJL マウスでも同様な MG53の細胞膜損傷部への凝集が観察された。MG53が細胞膜損傷部に凝集するにもかかわらず、SJL マウスは筋ジストロフィー症状を呈することから、骨格筋の細胞膜修復には MG53だけでなくディスフェルリンも必要であることが予想される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 筋ジストロフィー、細胞膜修復

〔研究題目〕ミトコンドリアにおける tRNA プロセシング機構の解明

〔研究代表者〕沼田 倫征

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕沼田 倫征 (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

全ての tRNA は、5' 側にリーダー配列を持った前駆体 tRNA (pre-tRNA) として生合成された後、エンドリボヌクレアーゼであるリボヌクレアーゼ P (RNase P) によって、リーダー配列が除去される。これまでに知られている多くの RNase P は、RNA サブユニットとタンパク質サブユニットからなるリボ核タンパク質複合体であり、RNA サブユニットが触媒活性を担うリボザイム (RNA enzyme) である。しかし、高等真核生物のミトコンドリアには、これとは全く異なる RNase P が存在し、タンパク質サブユニットが触媒活性を担う protein enzyme であることが知られている。本研究では、ヒトのミトコンドリア RNase P (mtRNase P) の構造機能解析から、その反応機構の解明を目指す。

ヒト由来 mtRNase P は、3種の蛋白質サブユニット (MRPP1、MRPP2、MRPP3) から構成されている。まず、これら3種の蛋白質サブユニットの大腸菌内における発現系を構築した。発現させたタンパク質サブユニットをアフィニティークロマトグラフィー、イオン交換クロマトグラフィー、疎水性クロマトグラフィー、ゲルろ過クロマトグラフィーを用いて精製した。一方、pre-tRNA に関しては、T7 RNA ポリメラーゼを用いた *in vitro* 転写によって合成し、変性 PAGE により精製した。調製した3種の蛋白質サブユニットを混合して mtRNase P を再構成させた。また、再構成させた mtRNase P がマグネシウムイオン存在下で、pre-tRNA の5' リーダー配列を適切にプロセシングすることを確認した。また、変異体解析から、mtRNase P に存在する保存された3つのアスパラギン酸残基がプロセシングに関与することを示唆した。さらに、ゲルろ過分析から、MRPP1と MRPP2が相互作用することを明らかにした。次に、各タンパク質サブユニット単独の結晶化、相互作用しあう MRPP1・MRPP2サブコンプレックスの結晶化を試みたところ、MRPP1・MRPP2サブコンプレックスの結晶を得ることに成功した。大型放射光施設フォトンファクトリーにて回折実験を行ったところ、MRPP1・MRPP2サブコンプレックスの結晶は、5Å程度の回折像を与えることが分かった。現在、結晶化条件を最適化している。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

〔研究題目〕CRISPR システムにおける AGO2様活性を有する RNP 複合体の構造機能解析

〔研究代表者〕沼田 倫征

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕沼田 倫征 (常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

CRISPR-Cas システムは原核生物にみられる生体防御機構の1つであり、細胞内に侵入してきたウイルスやプラスミドなどの外来遺伝子の発現を特異的に抑制するという役割を担う。本研究は、CRISPR-Cas システムにおけるエフェクターコンプレックスの作動原理を解明することを目的としている。

エフェクターコンプレックスは複数のタンパク質サブユニットと一つの crRNA から構成されている。まず、エフェクターコンプレックスを構成するタンパク質サブユニットの大腸菌内における発現系を構築した。発現させたタンパク質サブユニットをアフィニティークロマトグラフィー、イオン交換クロマトグラフィー、疎水性クロマトグラフィー、ゲルろ過クロマトグラフィーなどを用いて精製した。調製したタンパク質サブユニットを用いて、サブユニット間の相互作用をゲルろ過クロマトグラフィーもしくはプルダウンアッセイにより検討し、サブユニット間の相互作用を解明した。また、合成した crRNA と精製したタンパク質サブユニットを用いて、*in vitro* における活性の再構成を試みたが、現在のところ再構成には至っていない。次に、各タンパク質サブユニット単独の結晶化、相互作用しあうタンパク質サブユニット同士の複合体の結晶化を試みたところ、2種のタンパク質サブユニットの結晶と1種の複合体結晶が得られた。大型放射光施設フォトンファクトリーにて回折実験を行い、各結晶について4Å程度の回折データを収集した。現在、結晶化条件を最適化しており、今後、各結晶の位相を多波長異常分散法などにより決定する予定である。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕タンパク質、酵素、核酸、RNA、結晶構造解析

〔研究題目〕唾液を用いた生体時刻測定法確立のための唾液腺特異的遺伝子の同定

〔研究代表者〕大西 芳秋

(バイオメディカル研究部門)

〔研究担当者〕大西 芳秋 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本年度は、概日リズム機構により直接転写制御される遺伝子をクロマチンレベルで同定することを目的に研究を進めた。もっとも普遍的な概日リズム転写調節機構は、BMAL1-CLOCK ヘテロダイマーによる E-box を介する調節であり、HSG 細胞においても Bmal1が概日リズム発現をしていることから、多くの遺伝子が本メカニズムにより転写調節されていると推察された。さらに Bmal1の概日リズム転写は HSG 細胞においては Rev-

erb 現により調節されていることから、Rev-erb てによる RORE 配列を介して概日リズム調節されている遺伝子も多く存在しているのではないかと予想された。そこで HSG 細胞を dexamethasone 刺激による同調後、HSG 細胞内において BMAL1-CLOCK 複合体や Rev-erbL により転写調節されるようなクロマチン構造変化を起こしている遺伝子を CHIP on chip 法により同定した。Bmal1 と Rev-erb での発現リズムは反対位相であることより、Bmal1 を標的とする場合は dexamethasone 刺激36時間後、また Rev-erba を標的とする場合は dexamethasone 刺激24時間後のクロマチンを用いて解析した。今回の実験の目的は概日リズム機構により直接転写制御される遺伝子の同定であるため、Myc-Bmal1 や Flag-Rev-erb 析を HSG 細胞に導入し強制発現させた上での CHIP、さらに回収された DNA は Whole genome amplification を行うことにより、効率よく候補遺伝子の同定を行った。実験の positive control である Rev-erbe がきちんと抽出され、さらに 336 遺伝子が概日リズム機構により直接転写制御される遺伝子候補として抽出することができた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】唾液、転写、クロマチン、生物時計

【研究題目】カーボンナノ構造薄膜電極の創成と薬物代謝スクリーニングチップの開発

【研究代表者】丹羽 修 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】丹羽 修、加藤 大、田中 睦生、Qiang Xue、鎌田 智之 (常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

本研究では、電子サイクロトロン共鳴 (ECR) スパッタ法で形成したカーボン薄膜が、ナノレベルで、 sp^2 結合と sp^3 結合の量が異なる領域を有し、それに大気中に UV/オゾン処理を行うと、棘状のナノ構造が形成できることを見出したことから、これに薬物代謝に関与する酵素 (チトクローム p450) を固定化し、薬物阻害を電流値の変化でスクリーニングことを目的とする。まず、ナノ構造形成のメカニズムを調べるため、他のカーボン材料薄膜に UV 照射したところ、ナノ構造体を得ることができなかった。その結果、ECR スパッタカーボン膜のナノレベルでの構造分布が、ナノ構造体形成に大きく寄与することが確認された。市販のチトクローム p450 は、生成が必要なため、電極上での直接電子移動が検討されているビリルビン酸化酵素 (BOD) とチトクローム C を修飾してナノ構造体の効果を調べた。UV/オゾン処理により形成したナノ構造体電極上では、BOD の酸素還元電流が、30倍以上も向上した。一方、ナノ構造体をアルゴンプラズマ処理し、疎水化すると還元電流は低下し、ナノ構造体と表面の親水性が BOD の直接電子移動に効いていることが分かった。次に、チト

クローム C で同様な実験を行ったところ、疎水性のナノ構造体の方が大きな電流が観測された。その結果、電極の親疎水性の影響は酵素により異なるが、いずれの場合もナノ構造体が高効率の直接電子移動に寄与することが分かった。修飾電極の安定性を検討するため、グラッシーカーボン、ダイヤモンドライクカーボン、ECR の各電極で、疎水性と親水性の状態の蛋白の吸着挙動を調べたところ、ECR カーボン膜が最も吸着性が低いことが分かった。より安定な電子移動実現に向けて、電極との相互作用を向上させる修飾層や、ナノ構造体の構造最適化が今後必要である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】電気化学、カーボン薄膜、ナノ構造体、スクリーニング、酵素

【研究題目】ホスホリパーゼ D の細胞膜上における動態解析と細胞運動における極性維持機構の解明

【研究代表者】長崎 晃 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】長崎 晃 (常勤職員1名)

【研究内容】

細胞運動は様々なセルイベントによって高次に制御されていることが示されている。しかし、運動中における各素過程間のクロストークに関する包括的な理解は進んでいない。これまでに我々は作成した変異体ライブラリーから、細胞運動遺伝子としてホスホリパーゼ D (PLD) 遺伝子を同定した。PLD は細胞膜の主要構成成分であるホスファチジルコリンを加水分解し、様々な生理活性を有するホスファチジン酸 (PA) を生産する。近年、PLD や PA は様々なタンパク質と相互作用し細胞内シグナル伝達のハブとして機能していることが明らかになってきた。

そこで本申請研究では細胞運動における PLD の役割を分子レベルで明らかにするために、細胞膜上における PLD の挙動および活性化状態をイメージングにより解析することを試みた。PLD 活性を測定するための PA 検出プローブについては、これまでに既知の PA 結合ドメインからなるプローブを10種作成し、共焦点顕微鏡、全反射顕微鏡をもちいて各プローブの評価を行った。

一方、細胞膜上における PLD の全反射顕微鏡観察については、これまで高感度 CCD を用いて計測を行ってきた。しかし、細胞膜上における PLD の運動速度が非常に速く、一分子由来の輝点を追跡するには現行のカメラの性能 (感度、分解能、撮影速度) が不十分であり、これまで正確なデータの取得はできていなかった。しかし、高感度 CMOS カメラを用いて撮影したところ、高速 (50-100fps) で高分解な画像を得ることができた。この結果より、現行のカメラで得られたデータは30fps で測定可能な動きの遅い一部の輝点のみに由来するバイアスのかかったデータである可能性が考えられる。

CMOS カメラを用いることで細胞膜上におけるより正確な PLD の動態解析が可能であることが判明したため、今後はカメラの変更を検討する必要がある。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ホスホリパーゼ D、細胞運動、一分子計測

【研究題目】 後続バイオ医薬品開発を目指した環状化サイトカインの分子設計と合成

【研究代表者】 本田 真也

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】 本田 真也 (常勤職員1名、他1名)。

【研究内容】

本研究の目的は、バイオ医薬品として認可済みのサイトカインタンパク質の生体内安定性を向上させた後続バイオ医薬品の開発を目指して、同タンパク質を構成するポリペプチドを環状に連結した環状化サイトカインを合成し、その機能と構造に関する *in vitro* 分子特性を解析することである。平成23年度は、「インテイン融合タンパク質発現ベクターの構築」と「野生型サイトカインの合成と精製」の2項目を実施した。前者では、タンパク質を人為的に環状化するための手法として、インテインシステムによるプロテインスプライシング機構を採用し、本機構の反応を確実に進行させるため、先行研究の方法を参考に汎用発現ベクターを構築した。各々の遺伝子は、アミノ酸配列をもとにコドン最適化しうえ化学合成により調達した。後者においては、環状化サイトカインの比較対象として用いる野生型サイトカインを合成した。野生型の DNA 配列のコドンと GC 含量を最適化した人工遺伝子を設計し、これを化学合成により調達した。この遺伝子を市販の高発現ベクターに挿入し、大腸菌を形質転換した。培養溶菌後の不溶性画分から、リフォールディング処理により目的物を回収し、イオン交換クロマトグラフィーおよびゲルろ過クロマトグラフィーで高純度に精製した。精製品を SDS-PAGE で分析し、相当する分子量の位置に単一バンドが表れることを確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオ医薬品、タンパク質工学、インテイン

【研究題目】 転移 RNA の硫黄修飾システムの解明

【研究代表者】 嶋 直樹 (バイオメディカル情報研究センター)

【研究担当者】 嶋 直樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

RNA は転写後にスプライシングや RNA 修飾などを経て成熟し、その本来の機能を発揮する。転移 RNA (tRNA) はコドンとアミノ酸を対応させる機能をこなすタンパク質合成系における中心的な分子であるが、この tRNA が機能するのに必要な硫黄化修飾がどう生

成されているかは未解明である。試験管内での再構成系により生合成のメカニズムを詳細に解析し、また細胞での解析から転写後修飾の機能を明らかにすることを目的とし研究を進めた。

好熱菌の細胞内で、生合成因子同士が共有結合することを前年度までに見出していた。これは真正細菌では初めての発見である。生合成タンパク質の1つ TtuB は真核生物翻訳後修飾タンパク質ユビキチンに類似しており、実際に好熱菌内で TtuB は多数のタンパク質を修飾していた。硫黄修飾塩基の生合成タンパク質群も TtuB 修飾されていた。脱 TtuB 化酵素を同定し、人為的に生合成タンパク質群の TtuB 修飾状態を変化させると、硫黄修飾塩基の量も変動した。つまり TtuB 修飾が生合成反応を制御していることが示唆された。これは原核生物における新規なタンパク質機能制御機構であるとともに真核生物ユビキチン系の祖先系であると考えられ興味深い。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 タンパク質合成系、転移 RNA、RNA 修飾、タンパク質翻訳後修飾

【研究題目】 クロマチンリモデリング制御複合体の構造と機能の解析

【研究代表者】 千田 俊哉 (バイオメディカル情報研究センター)

【研究担当者】 千田 俊哉、赤井 祐介 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

真核生物においてクロマチンの基本構成要素であるヌクレオソームの破壊と再形成は、ヒストンの翻訳後修飾等のエピジェネティック情報の伝達に深く関わる生命現象である。ヒストンシャペロンは、ヌクレオソームの破壊と再形成に関わる分子であるため、エピジェネティック情報の伝達にも深く関与していると考えられる。本研究では、(1)高分子量型のヒストンシャペロン CAF-1、HIRA 等と、これらの相互作用因子である CIA、ヒストン H3-H4等との複合体の立体構造を決定し、(2)転写・複製時におけるエピジェネティック情報の伝達及び変換機構を解明することを目的としている。今年度は昨年度に引き続き、HIRA、CAF-1の発現系、精製系の確立に力を注いだ。これまでに精製されていた HIRA は、溶液中で DNA と非特異的な結合をして凝集体を形成していることが、電子顕微鏡による観察から明らかになった。この問題を解決するため、C 末部分のドメインを発現させたところ、高度に精製したサンプルを取得する事に成功し、結晶化に取りかかっている。CAF-1に関しては、昆虫細胞を用いて複合体全体 (p150-p60-p48の複合体) の発現を試みた。発現用のバキュロウイルスの作成を行い、現在発現実験を行っている。これらに加え、転写基本因子 TFIID のサブユニットである TAF6の大量発現、精製系を確立し、結晶を得る事に成功した。し

かし、分解能が最大でも8Å程度と不十分で、現在結晶の改善を行っている。また、CIA-ヒストン H3-H4-Mcm2の複合体の精製サンプルを得る事に成功した。この複合体はDNA複製の際にエピジェネティック情報の運搬に関与すると考えられている。現在、結晶化を進めている。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】細胞核、転写反応、ヌクレオソーム、遺伝子発現、蛋白質立体構造解析

【研究題目】原核生物多剤耐性トランスポーターの構造揺らぎと薬剤排出活性のNMR解析

【研究代表者】竹内 恒 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】竹内 恒 (常勤職員1名)

【研究内容】

低分子トランスポーター (Smr) は細胞膜により自らを外界より隔離した細胞が必要物質の取り込みあるいは不要物の排出を行うのに不可欠な分子機構である。トランスポーターは、様々な制御を受けて機能するが、分子の熱力学的な“揺らぎ”を輸送に利用する点で共通しており、その機能解明には動的観点からの立体構造解析が不可欠となる。申請者は、核磁気共鳴 (NMR) 法が溶液中の蛋白質の原子レベルにおける構造情報を抽出できる利点を生かし、Smr を NMR 法により解析することで、「機能に直結する運動性の分子内分布」「動的構造の制御部位の所在」および「基質の動的認識機構」を明らかにすることを目的とする。このことにより“揺らぎ”を機能に変換する分子機構の解明に貢献できると考えている。本年度は構築、発現を確認した多剤耐性トランスポーター emrE の大腸菌発現系に関し、発現条件の最適化、精製および再構成条件を検討した。M9最小培地による発現検討の結果、低温、長時間、低 IPTG 濃度での誘導時に最も顕著な発現が見られることが判明した。また同様の機能を持つ異なる種由来の Smr についても発現検討を行い、ブドウ状球菌および高度高熱菌の smr が良好な発現を示した。可溶化条件を検討したところ、大腸菌、ブドウ状球菌の smr はドデシルマルトシド可溶化により見かけ分子量で100kDa 付近に溶出した。一方高度高熱菌の smr は200kDa 以上の見かけ分子量を示し、当該条件では多量体化が顕著であることがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】多剤耐性、膜タンパク質、立体構造解析

【研究題目】プロテアソームの単粒子解析による構造研究

【研究代表者】光岡 薫 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】光岡 薫 (常勤職員1名)

【研究内容】

プロテアソームは、真核細胞の細胞質にあるタンパク分解酵素複合体である。しかし、その全体構造は、原子モデルが得られるような分解能ではまだ明らかになっておらず、特にポリユビキチン鎖を認識し、分解を行う20S部分に輸送すると考えられる、19S部分については、その認識メカニズムの詳細の解明が期待されている。本研究では、プロテアソームに関して単粒子解析を行うことで、26Sの全体構造やその制御因子との結合構造を得ることを目的とする。特に単粒子解析を用いることで、任意の条件の立体構造を得ることができるので、いろいろな制御因子の作用機構に関して詳細を明らかにする

今年度は、ユビキチン認識サブユニット Rpn10を欠損した26S複合体について、低温電子顕微鏡を用いたデータ収集を進め、そのデフォーカスペアからの解析システムを九州工業大学で確立し、初期構造を得ることができた。しかし、他のグループから、この三次元構造が発表されたので、その後は、野生型について、データ収集を進めている。また、野生型以外に、プロテアソームの機能を制御していると考えられるプロテアソーム相互作用タンパク質群 (PIPs: Proteasome-interacting proteins) の結合した構造が得られないか検討した。そこでPIPsの一つであるUbp6への金コロイドのラベル結合なども検討し、19Sの部分に金コロイドが結合した電子顕微鏡像などを得た。また、GraFixを用いて、制御サブユニットが結合した試料が効率的に得られ、低温電子顕微鏡観察が行える条件も検討した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】単粒子解析、プロテアソーム、生体高分子複合体、極低温電子顕微鏡

【研究題目】核内構造体パラスペックル形成の分子機構・核内分布様式と生理機能

【研究代表者】佐々木 保典 (バイオメディシナル情報研究センター)

【研究担当者】佐々木 保典 (常勤職員1名)

【研究内容】

核内構造体パラスペックル (PS) はRNA-蛋白質複合体であり、その形成・維持には機能性RNA (MEN RNA) が必須である。PS機能として、特定mRNAの核内繫留による転写後制御が報告されている。しかし、PSの構成成分の多くがRNA代謝制御蛋白質であることから、PSはさらに多くの機能を持つと考えられる。本研究は、PSが持つ構造と核内分布様式のダイナミクスに焦点を絞り、PS特有の形成機構を解明し、PSが核内で何らかの構造(体)と相互作用する可能性を探り、それら標的の同定を試みる。さらに、それらとPS蛋白質の標的分子(RNA)探索とをあわせて多面的にPSの動態を捉え、遺伝子発現制御機構等の観点からPS機能を解き明かすことを目的としている。

今年度は、マウス NIH3T3細胞にヒト BAC を導入することにより、マウス細胞中でヒト MEN RNA を異所発現し、内在性 PS に加えて、外来性 PS を形成するヘテロな系を構築した。この外来性 PS はヒト RNA を核として、マウス PS タンパク質が集合したヘテロな PS である。興味深いことに、内在性 PS と外来性 PS は常に独立して存在し、マウス RNA とヒト RNA とは、PS 間でシャトルしないことが示唆された。次に、マウス NIH3T3細胞をフルオロウリジンでラベルして、PS 間の RNA の移動を観察したところ、内在性マウス PS 同士においてさえ RNA のやり取りが見られなかった。このことは転写と共役した PS 形成モデルを強く支持すると共に、新たに転写された RNA が既存の PS に供給されないことを示唆しており、核内構造体形成モデルに新たな一例を加えるものである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ゲノム、核酸、RNA、RNA 結合蛋白質、遺伝子発現制御

【研究題目】核内膜タンパク質群による核ラミナ制御機構の解明

【研究代表者】三尾 和弘（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】三尾 和弘（常勤職員1名）

【研究内容】

核ラミナ形成における核膜タンパク質の関与を電子顕微鏡を用いて構造学的見地から解析し、核膜病発症の理解と治療に関する基盤構築をめざしている。本年度は Hela 細胞由来の cDNA ライブラリーからヒト A 型ラミンのクローニングを行い、動物細胞および大腸菌発現系を用いたヒト正常型ラミンの大量発現・精製系を構築した。アフィニティー精製、イオン交換クロマトグラフィー、ゲルろ過クロマトグラフィーを組みあわせることで、95%以上の高純度精製標品を一回の精製あたり5mg 以上の効率で準備することが可能になった。更にラミノパチーを発症する R453W, R527P, R527H 変異を導入した変異タンパクの大量精製も可能となった。低角ロータリーシャドウ法を用いて金属蒸着を行い、その分子形態を観察した所、長い rod 部分と双頭の Ig-fold ドメインを持つ、2量体が形成されていることが確認できた。これらの精製標品を用いてそれぞれの重合過程を電子顕微鏡解析を行った。様々な溶液条件下でラミンの head-to-tail の重合とバラクリスタルの形成を観察した結果、低 pH および低塩濃度で重合が促進されることを確認した。現在のところ、変異体間での自己重合過程における目立った相違は認められないため、エメリンや Lap2等の核膜特異的に存在する核内膜タンパク質との相互作用の解析を引き続き行う。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】タンパク質構造解析、核、電子顕微鏡、

画像情報処理

【研究題目】臨床分離脳腫瘍由来のがん幹細胞に特異的に作用する化合物の探索研究

【研究代表者】新家 一男（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】新家 一男（常勤職員1名）

【研究内容】

がん細胞の特徴は、高い増殖力、細胞の不死化、周辺組織への浸潤や転移など代表的であるが、全てのがん細胞がこのような特徴全てを持っているわけでは無く、実際にこれらの特徴を併せ持ち、ヒトや動物に癌を生じさせたり、進行させる能力（造腫瘍能）があるものは、全体のごく一部である。そういった違う機能を持ったがん細胞を作り続ける最も未分化な細胞をがん幹細胞と呼ばれ、がんがこの幹細胞様の細胞から発生・進行するという仮説（がん幹細胞仮説）が提唱されている。がん化学療法において、薬剤耐性を含めた問題を克服するためにも、このがん幹細胞を叩かなければならないと考えられるようになってきており、がん幹細胞に対して作用を示す化合物の発見が望まれている。

平成23年度は、がん幹細胞モデルとして膠芽腫 [グリオブラストーマ、Glioblastoma multiforme (GBM)] を用い、sphere 形成を指標としたスループットの高いアッセイ系を確立し、パイロットスクリーニングを実施し、がん幹細胞に有効な化合物の候補物質を見出すことを目的に研究を行った。

スループットの高いアッセイ系とするため、384-well ベースのアッセイ系の確立を行った。細胞の生存率は WST-8を用い、細胞塊形態は検鏡により確認を行った。WST-8の値（細胞生存率）、顕微鏡下での細胞観察（形態変化）を指標にした。その結果、下記に示す候補物質を見出した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】がん幹細胞、スクリーニング、天然化合物ライブラリー

【研究題目】ミトコンドリア内膜トランスポーターの立体構造解析と輸送メカニズムの解明

【研究代表者】竹内 恒（バイオメディシナル情報研究センター）

【研究担当者】竹内 恒（常勤職員1名）

【研究内容】

ミトコンドリアは、生体機能の維持に不可欠なエネルギー生産、代謝物の生合成を司る真核生物の細胞小器官である。この機能発現の中核を担うミトコンドリアトランスポーター（MTP）はミトコンドリア内膜に存在する膜蛋白質群で、様々な低分子代謝原料をミトコンドリアに供給するとともに、代謝産物を細胞質に輸送する働きを担う。またヒト遺伝子中にある約50種の MTP のう

ち少なくとも13種が病態関連遺伝子であることからMTPの重要性は明らかである。本研究の目的はMTPの立体構造を解析することにより、その輸送メカニズムを解明することである。本研究の成果は、MTPの機能のより詳細な理解に繋がるとともに、MTPがかかわる疾患の理解、治療に貢献すると考える。本年度はヒトの疾患との関連が明らかな13種のMTP (CIC、PiC、AAC1、UCP1、2 & 3、AGC2、ORC1DNC、CAC、ODC、GC1、SLC25A38)の大腸菌発現系を確立し、発現および精製条件の検討を行った。その結果、UCP1、SLC25A15、SLC25A20、SLC25A21とSLC25A22で良好な発現量が観察された。その他のMTPについては発現量がわずかであり構造解析には適さないと判断した。しかしながら発現したMTPはすべて不要性画分に移行しており、可溶化条件の検討が必要となった。Sarkosyl、Traiton X100、DDM、OGなどの界面活性剤をもちいた可溶化を検討したが、一部が可溶性分に移行するのみで十分な効率での可溶化には成功しなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ミトコンドリア、膜タンパク質、立体構造解析

【研究題目】推論の複雑性に関する圏論的アプローチ

【研究代表者】Phillips Steven (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】Phillips Steven、武田 裕司、麻生 英樹 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究の目的は、圏論に基づいて複雑な事象に対するヒトの認知メカニズムを理解することにある。この目的に沿って、本年度も昨年度に引き続き、実験、理論、方法論の3つのアプローチを行った。(1)実験的アプローチでは、圏論における直積の引数をパラメトリックに3段階(一次、二次、および三次)で操作した視覚探索課題を用いて、脳波の位相同期性を検討した。その結果、標的の定義次元数(すなわち直積の引数)の増加に伴って前頭-頭頂間の位相同期性が線形に増加することが明らかになった(Phillips, Takeda, & Singh, 2012)。この結果は、圏論の直積に基づいた複雑な事象の認知プロセスにおいて、脳内の位相同期性がその過程を反映することを示唆している。(2)理論的アプローチでは、quasi-systematicityをもつ課題(例えば、色と方位の2属性の直積において赤と垂直および青と水平は結合されるが、赤と水平の間に系統的な結合がない課題)においても、ファイバー積(プルバック)の概念を援用することで圏論による説明が可能であることを示した(Phillips & Wilson, 2011)。本理論に基づく、上記の視覚探索実験における標的定義特徴次元(色、方位、周波数など)の数はファイバー積の引数に対応させることができる。(3)方法論的アプローチでは、脳波の位相同期性解

析における多重比較の問題について新しい統計手法を提案した。位相同期性解析では、時間×周波数×電極ペアの計測値に対して多重比較を行い、その統計値を修正する必要があるが、これまでの方法では第2種の過誤が起きる可能性が高かった。これに対して、optimal discovery procedureの適用など、統計解析方法を発展させた(Singh, Asoh, & Phillips, 2011)。

今後は、直和処理が脳波位相同期性に与える影響について仮説の実験的検証を行いたい。さらに、圏論における直積および直和が様々な推論過程の基礎となっており、個人の推論能力を決定しているという仮説を検証するため、脳波位相同期性について個人内での安定性を確認する実験を行う予定である。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】視覚的注意、特徴統合、脳波、位相同期性、前頭-頭頂皮質、圏論

【研究題目】並列処理に基づく物体認識アルゴリズムに関する研究

【研究代表者】市村 直幸 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】市村 直幸 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、物体認識に必要な特徴抽出および画像の対応付けに関する研究開発を進めている。平成23年度は、特徴抽出に関しては3つの事柄に注力した。1つめは、特徴抽出のスケラビリティの検証である。特徴抽出において方向マップと呼ばれるデータ構造を導入を提案し、その結果、並列処理に適した局所演算が使用可能となり、計算速度が向上することを明らかにしていた。その一方で、実用上重要となる特徴数に対する計算時間のスケラビリティに関する検討を行っていなかった。検討を行った結果、従来の方法と比較し、提案方法は特徴数に対する計算時間の増加が非常に少ないことを確認した。2つめは、そのスケラビリティを活用し、1つの特徴点を中心に複数の空間的範囲で特徴量を計算する多重サイズ局所記述子を提案し、その計算効率を評価することである。結果として、一特徴につき10以上の空間的範囲を使用しても、低解像度画像ではリアルタイム処理が可能であることを示した。3つめは、特徴抽出ソフトの全面的な刷新である。並列処理言語においてC++の機能が強化されたことに伴い刷新を進め、未了ではあるが、現段階でもソフトの今後の拡張性や保守性が大きく向上している。

画像の対応付けに関しては、並列処理と親和性の高い方法に関する基礎的な検討を行った。基本的に、特徴量の対応付けでは、特徴量間の距離計算の並列性が高く、また、汎用性も高く、学習も容易であることから、最近傍法が有用との考えに至っている。ただし、本研究では特徴抽出が高速かつスケラビリティを有することから、

最低でも数千～数百万個程度の特徴量間の対応付けを考える必要がある。その場合、並列処理を利用しても、枚挙的な距離計算を行う最近傍法では高速な処理を実現することは困難である。よって、近似最近傍法への並列処理の導入に関する検討を行った。具体的には、hashing、および、ベクトル量子化に基づく方法を検討した。Hashing に基づく方法として、random fern、random projection、半教師あり主成分分析に基づく方法を実装し、その計算速度やメモリ容量、精度に関する考察を行った。最も大きな問題は、どの方法でも、out of sample extension、すなわち、あらかじめ与えられたデータ以外のデータに対し、適切なコードが割り当てられるかどうかの問題となった。事前にあるターゲットの特徴量を集め、hash table 等構成し、特徴量に対しコンパクトなコードを割り当てる。入力画像から得られた特徴量と比較する場合、入力画像の特徴量に対してもコードを割り当ててるが、特徴量とコードの関係を構築する際に使用されていない特徴量であるため、適切なコードが割り当てられず、結果としてコードを用いて距離計算を行っても正しい対応が得られない例が数多く見受けられた。この点を改善することが、今後の課題となる。また、どの方法でも計算時間が遅いこと、メモリ容量が多いことも問題であるので、ベクトル量子化に基づく方法と共に、それらの点の改良を進める予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 画像処理、画像特徴量、並列処理、GPU

【研究題目】 雨天時の視覚障害者の歩行環境整備に関する研究

【研究代表者】 上田 麻理（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 上田 麻理（他1名）

【研究内容】

雨天時に生じる傘の降雨騒音により環境騒音レベルは大幅に上昇することが確認されている。降雨騒音の上昇により、視覚障害者が屋外歩行時に情報源とする聴覚情報の聴取妨害を引き起こし、交通事故等の危険性があることが問題となっている。そこで、本研究では傘の降雨騒音を低減し、歩行の安全を確保するための支援策の提案及び、屋外の聴覚情報の聴き取りに関する評価手法を構築することを目的とした。昨年度は、傘の雨滴衝撃音を低減させる傘の制振性に関する検討結果に基づき、降雨騒音制御傘の開発とその評価、音響環境計測等を行った。今年度は、屋外の聴覚情報聴き取りに関する評価及び、降雨騒音等の環境騒音の影響に配慮した聴覚情報の聴き取りに関する評価手法開発のための検討を実施した。視覚障害者及び健常者を対象とした調整法による音量調整実験、Morimoto らによる聴き取りにくさ評価及び、ICBENscale による聴き取りやすさに関する評価実験、

Lombard Effect の検証及び話しやすさに関する評価実験を行った。さらに、環境騒音や音響情報等の非定常信号音のマスキングモデルを構築するために2つの音（Masker と Maskee）のパワースペクトルを非線形変換する方法と非線形制御に基づく指標を提案し、遮蔽レベルの客観評価手法の構築を行った。本研究では、平滑化関数に着目しパワースペクトルの非線形平滑化法と指標を提案した。主観評価結果に基づき非線形平滑化の定式化を行い、提案指標の有効性を検証した結果、概ね主観評価結果と対応することが明らかになった。

【分野名】 ライフサイエンス分野

【キーワード】 視覚障害者、歩行環境、雨天時、降雨騒音、音響情報、遮蔽レベルの客観評価手法

【研究題目】 選択反応時間タスクを用いた脳梗塞片麻痺の回復過程の解明

【研究代表者】 金子 秀和（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 金子 秀和（常勤職員1名）

【研究内容】

脳機能障害のリハビリテーション過程は、感覚や運動機能の再学習と密接に関連しており、リハビリテーション技術の高度化のためには脳の可塑性や学習過程の解明が欠かせない。我々は、脳梗塞後のリハビリテーション過程においても、鳥の歌学習と同様に感覚学習期から運動学習期へと段階を経た学習過程が存在し、それに応じた適切な機能回復訓練法あるいは訓練時期が存在するのではないかと考えている。本研究では、感覚運動機能の左右差を評価可能な新規ラット用選択反応時間タスクを脳梗塞片麻痺ラットに行わせ、脳損傷後の回復過程においても感覚学習期から運動学習期への学習過程の変遷が見られることを実証し、リハビリテーション技術の高度化に寄与する。

前年度までに、健常ラットに選択反応時間タスクの逆転課題を学習させ、利き手の違いに着目して学習曲線を解析することで、一般の感覚運動連合学習が感覚学習期と運動学習期からなるのではないかとの知見が得られている。平成23年度は、脳損傷後の感覚運動連合学習が感覚学習期と運動学習期からなることを実証するため、選択反応時間タスクの逆転課題を学習させたラットに対して、順次、片側前肢感覚運動野に脳梗塞部位を作成して学習曲線データを収集した。その結果、片側前肢感覚運動野への脳損傷後の逆転学習において、対側前肢の機能を必要とする試行におけるエラー率の改善が逆の前肢に比べて遅いことがわかった。その原因として、片側脳損傷による感覚機能の低下と運動機能の低下が第一に考えられたが、脳損傷後の逆転学習の直前においてエラー率が脳損傷前と同レベルに回復していたことから、原因は

片側脳損傷によって対側前肢に関連する学習機能が低下したのではないかと考えられた。今後、さらに脳損傷ラットの実験データを蓄積し、前肢感覚機能及び運動機能の左右差を要因として学習速度を解析することによって感覚学習期から運動学習期への学習過程の変遷が見られるかどうか検討する。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 リハビリテーション、脳神経疾患、脳・神経、神経科学、動物

【研究 題目】 推薦システムにおけるスタートアップ問題の転移学習による解消

【研究代表者】 神 嶋 敏 弘 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 神 嶋 敏 弘、赤 穂 昭 太 郎
(常勤職員2名)

【研究 内容】

推薦システム (recommender system) は、利用者の好むであろうアイテムや情報を予測し、それを利用者へ提示するシステムである。これは、必要とするアイテムや情報があっても、膨大な他のものに埋没して目的のアイテム・情報を入手できない情報過多 (information overload) に対処するための手段として開発されてきた。1990年代から研究が進展し、現在では、電子商取引サイトなどで幅広く利用されている。本研究では、スタートアップ問題を始めとする、推薦システムの諸問題について、新たな解決方法を研究している。本年度は、以下の2点の問題に取り組んだ。

- (1) 推薦システムを、単に商品を提示するだけのシステムから、一歩進めて、利用者に対してより積極的な対応ができる、いわば『おもてなし』ができるような拡張を考える。そうした積極的な対応の一つとして『価格個人化』を選んだ。これは、全ての利用者に同一の価格で商品を提供するのではなく、利用者の状況に応じて価格を変更するものである。多腕バンディットとよぶアルゴリズムを利用することで、定価では買わないが、割引があれば購入するであろう顧客についてのみ割引を提示する枠組みを提案した。
- (2) 推薦やデータマイニングのアルゴリズムは決定支援の側面をもち、与信や採用などの重大な判断にも生かされるようになってきている。人種・性別など社会的公正性の観点からのぞましくない情報の利用や、利用者との契約から利用すべきでない個人情報などからの中立性に配慮した方法論について検討した。こうした利用が望ましくない情報との中立性を、統計的独立性の概念と結びつけたアルゴリズムを提案した。

【分 野 名】 情報通信エレクトロニクス

【キーワード】 推薦システム、転移学習

【研究 題目】 視覚における非意図的な時間文脈ベースの予測に関する脳内情報処理モデルの構築

【研究代表者】 木村 元洋 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 木村 元洋 (常勤職員1名)

【研究 内容】

視覚環境における人間の適応的行動の根底には、様々な予測機構の働きがあることが知られている。その一つが、申請者らの近年の研究からその存在が明らかとなった“非意図的な時間文脈ベースの予測”とよばれる機構である。我々を取り巻く視覚環境には、常時膨大な数の視覚オブジェクトが存在し、その多くはその見えを時々刻々と変化させている (人や動物、車、飛んでくるボールなど)。非意図的な時間文脈ベースの予測機構は、そのオブジェクトの現時点までの時間文脈 (そのオブジェクトの現時点までの動きや変化のパターン) から規則性・ルールを抽出し、それを基に予測モデルを形成することで、そのオブジェクトが次にどのように変化するかを、事前に、意図に関わらず自動的に予測する。

本研究は、この非意図的な時間文脈ベースの予測に関わる神経ネットワークを明らかにし、脳内情報処理モデルを構築することを目的とする。この目的のため、非意図的な時間文脈ベースの予測を反映する脳活動である、視覚ミスマッチ陰性電位 (visual mismatch negativity : VMMN) とよばれる事象関連脳電位 (event-related brain potential : ERP) 成分に対し、低分解能脳電磁気トモグラフィ (standardized low resolution brain electromagnetic tomography : sLORETA) 解析を施行し、非意図的な時間文脈ベースの予測に関連する脳部位の同定を試みた。まず VMMN を選択的に抽出するため、輝度・コントラスト逸脱を含む視覚オドボールパラダイムを用いた脳波実験を行った。その結果、輝度・コントラスト逸脱に対する明瞭な VMMN (刺激呈示後約180-240ミリ秒付近、右後頭頭部優位) が観察された。sLORETA 解析の結果、VMMN が主として視覚皮質と前頭前野における脳活動を反映していることが明らかとなった。この結果は、非意図的な時間文脈ベースの予測が、視覚皮質-前頭前野間の神経ネットワークにより達成されている可能性を示唆している。今後、この視覚皮質および前頭前野における脳活動の時間関係や因果関係の解明を進めることで、非意図的な時間文脈ベースの予測に関する、説明力の高い脳内情報処理モデルの構築へとつなげる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 予測、視覚、脳波、事象関連脳電位、視覚ミスマッチ陰性電位

【研究 題目】 血液自身を潤滑液として回転浮上する長期使用可能な補助循環ポンプに関する研

研究開発

【研究代表者】小阪 亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】小阪 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

現在、開胸手術なしに生命維持を可能にする経皮的心肺補助装置（PCPS）や体外式膜型人工肺（ECMO）などの緊急医療で使用されている補助循環ポンプは、短期使用が前提である接触式の軸受を採用しているため、危機的状況を脱した後の固体接触で生じる軸受の磨耗による耐久性や、溶血や血栓形成などの血液適合性に課題が残っている。本研究では、長期耐久性と低溶血性、耐血栓性を有する補助循環ポンプを開発するため、ポンプに作用する流体力による軸推力をインペラの浮上に利用することで、血液自身を潤滑液として浮上回転する遠心血液ポンプを研究開発する。

平成23年度の主な成果として、血液自身を潤滑液として回転浮上するための動圧軸受を用いた血液ポンプの血液適合性の改善を目的に、インペラに作用する力のバランスを変化させることで、軸受隙間を至適隙間に調整する方法を開発した。本研究では、力のバランスを変化させる方法として、インペラ下面の面積を変えることで、下面流体力を変える方法を提案した。数値流体解析と実測評価を実施した結果、ポンプ内のインペラに作用する下面流体力を浮上力として利用することで、動圧軸受だけでは達成困難な100 μm を超える軸受隙間を達成することができた。さらに、ラジアル動圧軸受の至適形状を検討するため、数値流体解析と計測評価試験、血液適合性試験を実施した。多円弧軸受を対象に、円弧数と軸受深さ、軸受隙間の3つのパラメータの最適値を求めた結果、動圧軸受の至適形状が4円弧、軸受深さ100 μm 、軸受隙間100 μm であることを示すことが出来た。最後に、至適形状のインペラを有する血液ポンプの評価試験を実施した結果、本ポンプは広い軸受隙間と優れた血液適合性を有することを確認することが出来た。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】人工心臓、動圧軸受、流体力

【研究題目】運動中の血圧が加齢に伴って上昇するメカニズムの解明

【研究代表者】小峰 秀彦（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】小峰 秀彦、横井 孝志、菅原 順（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本研究の目的は、運動中の血圧が加齢に伴って上昇する現象について、運動中の動脈血圧反射に着目して、そのメカニズムを解明することである。これにより、高齢者が安全に運動するための運動プログラム構築に貢献することを目指す。

動脈血圧反射評価装置（頸部陰圧陽圧負荷装置）を用いて、ヒトを対象に動脈血圧反射による血圧調節を検討した。心電図から心拍数を記録し、指尖脈波を用いて beat-by-beat で血圧を連続記録し、頸部に陰圧陽圧を負荷した時の心拍、血圧応答を調べた。頸部に陰圧を負荷すると、血圧反射応答としての心拍数と血圧の低下がみられ、陽圧を負荷すると心拍数と血圧の上昇がみられた。+40mmHg～-80mmHg の連続圧力を頸部に負荷したところ、圧力変化に応じた心拍、血圧応答がみられた。これら連続圧力負荷に対する心拍、血圧応答から、頸部圧受容器への推定圧に対する心拍応答曲線および血圧応答曲線を求めた。この方法を用いて、運動トレーニングが1時間の自転車運動前後の血圧反射応答に与える影響を調べた。その結果、運動トレーニングの有無によって1時間自転車運動後の頸部推定圧-血圧応答曲線に違いがみられた。一方、頸部推定圧-心拍応答曲線は、自転車運動の影響は見られたものの、運動トレーニングの影響はみられなかった。

本研究では、運動トレーニングが頸部推定圧-心拍応答曲線ではなく、頸部推定圧-血圧応答曲線に影響することが明らかとなった。この結果は、動脈血圧反射を介した心臓制御よりも、血管制御に対して運動トレーニングの影響が大きいことを示唆する。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】血圧、加齢、運動、動脈血圧反射

【研究題目】視覚の「まとまり」を支える脳内ダイナミクス

【研究代表者】小村 豊（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】小村 豊（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

モデル化しやすい視覚系を選んで、色と動きの情報統合を要求する課題を、動物に習得させ行動学的解析を行った。課題では、「色」次元と「動き」次元の特徴の組み合わせを、確率的に操作したランダムドットを、テスト刺激として呈示する。具体的には、赤・緑の色、右・左の動きという競合特徴を二つずつ用意し、各特徴を組み合わせた刺激は4種類作成し、それらをトランスパレントに同時呈示する。動物には、手がかり刺激の色のドットの動きの向きを判断して、左右のどちらかのバーを触れるという行動選択を要求している。また、手がかり刺激が白の時は、どんな刺激でも、真ん中のバーを触れることを動物に要求した。赤緑、左右という個々の視覚属性の呈示確率は一定にしながら、その組み合わせ確率のみ（横軸）を変化させ、正答率または反応時間を縦軸にとると、各々、シグモイド曲線と回帰直線でフィットできた。また、知覚判断を問わない条件では、両軸の関係は、無相関であった。これらの結果から、動物の知覚判断が、色と動きの統合に基づいている事が、定量化さ

れ、統合が難しくなればなるほど、リクルートされる注意水準が、上がっていく事が推定できた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 視覚、色と動き、統合

〔研究題目〕 発達障害者の療育におけるゲーム性を応用した身体制御機能訓練用補助装置に関する研究

〔研究代表者〕 佐藤 滋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 滋、森川 治
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

近年少年から発達障害者が感覚の過敏性や、自分の身体コントロールの巧緻性に困難を持つことが知られるようになり、特に知的障害を伴わない自閉症等で、感覚の訓練や身体コントロール能力の練習が、社会性の困難の軽減にも役立つとの報告もあり、身体、知的、社会性の3機能が相互に関係しあって生活上の困難が軽減されるような訓練方法が存在する可能性がある。一方、ゲームは使用者のモチベーションを高めるのに適しており、特に、多動性・衝動性による困難に対し、ゲームのモチベーション効果を利用すべきである。ただし、不適切な使用を抑制し適切な使用に誘導することが特に重要なので、市販のゲーム機器やゲームソフトをそのまま利用すれば足りるものとは言えず、必要な機能とその実現方法を研究する必要がある。

本課題は以上の観点に基づく全く新たな研究課題である。初年度平成21年度に、訓練補助機器または訓練方法として対象とする動作としてまず基本的な姿勢の保持を最初の訓練項目とすべきで、常同行動などに配慮が必要なのがわかり、市販機器を一部利用して実現が可能な見通しが得られ、平成22年度はこれに基づき、分担機関において前年度の知見の要素を実際の学校教育場面で応用を試みながら、訓練方法ないし訓練機器としての試作設計を進め、2種類の訓練用ゲームソフトを試作した。最終年度平成23年度には、研究協力者を通じた試用を経て細部仕様の調整を行い評価用試用版ゲーム1種類を完成させ、他の協力者所属機関において教育実践への試用を継続的に行っている。これにより、拒絶がおこらず、すべきことが直感的にわかりやすく導入がスムーズである、学習意欲が促進されるなど一定の効果が確認された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 発達障害、リハビリテーション、福祉工学、教育工学、ゲーム

〔研究題目〕 生物学的シグナル分子を担持した癌免疫療法用複合メソポーラスアジュバンド

〔研究代表者〕 十河 友（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 十河 友、李 霞
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

一般の外科療法・化学療法で根治が困難、あるいは治療効果が得られない癌であっても、補助的治療法である癌免疫療法が有効な場合がある。本研究は、自家癌抗原と混合して投与することで癌免疫による治療効果が得られる癌免疫賦活剤（アジュバント）の開発を目的とする。病原体由来分子は一般に免疫増強能があるため、結核菌由来の医療用医薬品と比表面積の大きいメソポーラスシリカ微粒子を複合化し、癌免疫増強機能とキャリア機能を有する新規アジュバントを開発するとともに、細胞実験、動物実験を行い安全性・有効性を検討した。

細胞実験では、単独の結核菌由来物質には免疫増強能は認められなかった。メソポーラスシリカ微粒子への複合化については、単なる吸着ではなく水酸アパタイトと共沈させることが抗原提示細胞を活性化させる必須条件となることが確認された。加えて、水酸アパタイトが存在することによって、メソポーラスシリカに見られたドーズ依存性の細胞毒性が抑制される傾向も認められた。

種々のメソポーラスシリカ微粒子を調製し、それを元に作製したアジュバントを細胞実験に供したところ、その粒径がナノサイズの場合にはアジュバントの性能が向上した。また、複合化する結核菌由来物質としてはBCGが適していた。これらの結果を総合して、動物実験に使用するアジュバントの選択決定を行なった。

マウス背部に腫瘍細胞を播種し形成された腫瘍組織を摘出後、死滅化して自家癌抗原とした。比較対照の腫瘍形成率は実験毎に多少の変動があるが、腫瘍細胞の2回目の播種の前に、自家癌抗原と生理食塩水の混合物(対照)を皮下投与し腫瘍形成率が50%となった実験では、自家癌抗原とアジュバントの混合物の皮下投与で腫瘍形成率が20%にまで低減した。また、形成した腫瘍の成長速度も遅く、これらの結果はアジュバントがマウス体内での癌細胞に対する免疫確立を補助したことを示唆している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 癌免疫療法、アジュバント、メソポーラスシリカ

〔研究題目〕 側頭葉の階層的な情報処理のメカニズムと顔認知における役割

〔研究代表者〕 菅生 康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 菅生 康子、松本 有央
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

マカクサル下側頭皮質には、顔画像の呈示に対して応答を示す顔応答性ニューロンが存在することが知られている。我々はこれまでの研究で、顔を視覚刺激として呈

示すと、サル側頭葉の顔応答性ニューロンが、その初期応答ではヒトかサルかというおおまかな分類情報に対応した反応を、後期応答では個体や表情など詳細な分類情報に対応した反応を示すことを明らかにしてきた。本研究は、このような側頭葉の顔応答性ニューロンにみられる情報の時間的処理過程のメカニズムと顔の認知に果たす役割を明らかにすることを目的とする。

顔の詳細な分類情報の一つである個体識別は、顔の部分特徴の検出とその組み合わせによる布置情報の把握に依存していると考えられる。顔の布置情報が顔倒立呈示によって認知されにくくなる現象はサッチャー錯視として知られており、最近サルでもサッチャー錯視が起こることが報告されている。そこで、布置情報の認知度と顔応答性ニューロンの反応の関係を調べるため、複数のヒトとサルの個体と表情からなる顔画像のセットを用い、正常顔画像およびサッチャー顔画像を正立あるいは倒立の状態に400ミリ秒間呈示し、注視課題を遂行中のアカゲザルの下側頭皮質からニューロン活動を記録した。顔応答性ニューロンの約6割が顔の倒立呈示で応答強度を変化させた。正常顔に対する応答と比べてサッチャー顔に対して応答を変化させたニューロンは約2割であった。顔を倒立呈示すると、一過性の初期応答と後期応答の両方に影響を与えるが、後期応答が関連する詳細分類情報の量がより低下することが分かった。この結果から、顔の部分特徴の組み合わせから計算される布置情報の把握には時間を要し、そのため、時間的に遅い後期応答に大きな効果が観察されたことが示唆される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 顔情報処理、側頭葉、ニューロン

【研究題目】 プライバシー保護のための情報幾何的協調フィルタリング

【研究代表者】 赤穂 昭太郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 赤穂 昭太郎、神嶋 敏弘、藤木 淳（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究課題では、情報幾何的データ解析手法を用いて協調フィルタリングを行う手法の構築を行う研究を進めている。その際、近年重要となるプライバシー保護の観点を導入し、プライバシー情報に配慮した結果出力を行うおうとする点が特色である。

平成23年度は、外れ値などに強いロバストデータ解析を情報幾何的な観点から整理した。まず、 k 乗ノルムを最小化する規準は $0 < k < 1$ では凸ではないが非常にロバストであることに着目し、その最適解がサンプル点を通ることを示し、ランダムサンプリングアルゴリズムによる検証を行った。次に、ロバスト制御において用いられる H_∞ フィルタが情報幾何的な観点で見るとベータダイバ

ージェンスを最小にしているとみなせることを見出した。また、協調フィルタリングについては、単にプライバシーを保護するだけではなく、データ解析をした結果が差別的にならないような公正性に配慮した枠組みを考案し、検討を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 情報幾何、個人情報保護、多変量解析

【研究題目】 脳皮質神経カラム電気刺激による人工感覚の生成とその制御

【研究代表者】 高島 一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 高島 一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

脳の体性感覚野には体部位の局在的再現があるので、体性感覚野皮質を局所的に電気刺激すれば、四肢や体幹の狙った場所に局限して大雑把な感覚を惹き起こせることはそれほど困難ではない。しかし、次のステップとして、脳への電気刺激により“ザラザラ”や“ツルツル”といった繊細な触知覚を再現できるか？という話になると、これは現時点ではかなり難しい問題である。そこで本研究では、ラット一次体性感覚野皮質を対象とし、繊細な触知覚の再生に挑戦する。脳への電気刺激のパラメータを適切に制御し、脳に正確に感覚情報を入力するための基盤技術を確立することを本研究の目的とした。

本年度は、バレル皮質内の1皮質カラムに刺激電極を刺入し、皮質IV層を中心に刺激点深さを50umずつ変化させて皮質応答の膜電位イメージングを行った。その結果、観測される応答の大きさや近傍への広がりや制御するには、刺激点の深さではなく、刺激強度の制御が重要かつ容易であることが明らかとなった。この結果は多点刺激電極を用いた実験でも同様であった。そこで今後は、脳表上に電極を留置して電気刺激制御する方針で研究を進める。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 膜電位イメージング、触知覚

【研究題目】 脳波の位相同期性解析およびグラフ理論解析を用いた視覚的注意の評価手法の開発

【研究代表者】 武田 裕司（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 武田 裕司（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、脳波の位相同期性解析を用いて、注意の制御様式を評価する手法を確立することである。本年度は位相同期周波数の決定メカニズムを詳細に検討するために、錐体ニューロン、興奮性介在ニューロン、およびインパルス応答特性の異なる2種類の抑制性介在ニューロンから構成されたニューラルマスモデルを用いた

シミュレーション研究を実施した。25Hz 近傍に中心周波数をもつ2つの細胞群をシミュレートし、細胞群間の位相同期性を Phase-locking Value (PLV) によって評価した。その結果、細胞群を一方的に結合した場合には高 γ 帯域の PLV が高く、双方向的に結合した場合には低 γ 帯域の PLV が高いことが明らかになった。この結果は、高 γ 帯域の同期性は一方の情報伝達・非再帰的处理を、低 γ 帯域の同期性は双方向の情報伝達・再帰的处理を反映することを示唆している (Takeda, 2011, Biological Cybernetics)。一方、3つ以上の細胞群を結合した場合には、必ずしも脳部位間の機能的結合強度と PLV との間に安定した関係性が得られなかった。このことは、3つ以上の部位が相互関係をもつことが想定される課題では PLV による注意制御様式の評価が難しく (例えば、先行手がかり課題では、前頭、頭頂、上丘など、3つ以上の相互作用が想定される)、新たな指標の開発が必要であることを示している。また、本年度はフランクカー課題など注意制御に深く関わっている認知課題を用いて、更なる実験データの蓄積を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 注意、脳波、位相同期、グラフ理論

【研究題目】 変動する温熱環境が睡眠時の人体に及ぼす影響の評価技術の開発

【研究代表者】 都築 和代 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 都築 和代、森 郁恵、甲斐田 幸佐 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、夜間就寝時ならびに就寝前の温熱環境が睡眠時の人体の体温調節ならびに睡眠に及ぼす影響を解明することを目的とする。

実生活場面における睡眠温熱環境の実態をシミュレートするため、昭和55年度の断熱性能基準を想定した住宅の6畳一間の寝室を、産業技術総合研究所つくば中央第6事業所6-11棟の231室にある人工気候室 B 室に設置し、実験環境とした。寝室の外部環境となる人工気候室 B 室は、「住宅事業建築主の判断の基準におけるエネルギー消費量計算法 ((財) 建築環境・省エネルギー機構)」で用いられる気象データ (IVb 地域、7月25日) の気温および相対湿度に設定した。実験準備ならびに一部就寝のため、人工気候室 A 室を気温27°C、相対湿度50%、気流0.2m/s 以下、放射温度は気温にほぼ等しく設定し、実験時には、第1夜を人工気候室 A 室にて就寝後、B 室において設置されたエアコンによる冷房2条件と冷房なしの合計3条件について女性体型のサーマルマネキンによる測定ならびに評価を行った。その結果、パネルに比べてエアコンにおいて気流変動を顕著に受けており、気温やグローブ温度だけでなく、マネキンの放熱量においても変動が大きいことが明らかになった。

実生活場面における入浴が睡眠に及ぼす影響を明らかにするために、アクチグラフや1ch 脳波計を用いて入浴なしと入浴あり条件について高齢者8名について冬季に比較実験を実施した。睡眠時間や睡眠効率など有意な差は認められなかったが、入浴なしの翌夜の睡眠においてレム睡眠潜時が有意に長くなり、また、レム睡眠の割合が有意に短くなった。入浴なしの翌夜の睡眠では、入浴を熱負荷と捉え、レム睡眠が短縮した可能性を示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 睡眠、温熱環境、変動、評価

【研究題目】 訓練サンプル最適化による識別器の性能向上手法

【研究代表者】 西田 健次 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 西田 健次 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

サポート・ベクトル・マシン (SVM) などの識別手法とカーネル法に代表される非線形化手法の発展により、教師あり学習に基づく識別器の能力は大幅に向上し、本質的に識別可能な問題であるならば、訓練サンプルに対しては100%の識別率を実現することは難しいことではなくなってきている。しかし、未学習サンプルに対する識別能力 (汎化性能) は、過学習などの問題もあり、その性能を向上することは、未だ難しい課題となっている。識別器の汎化性能を向上する手法の一つに、識別に本質的に関わる特徴を選択して訓練に用いる特徴選択手法が挙げられ、特徴選択を行った複数の識別器を組み合わせることで、高い汎化性能を実現することが可能であることが示されている。一方、訓練サンプルセットが、識別対象のモデルを上手く再現したものとなっていないと、性能の良い識別器 (および、特徴選択) を用いたとしても、最終的な識別性能は高いものとはならない。車両検出・追跡課題のように、膨大なサンプルの中から識別対象のモデルを再現する訓練サンプルセットを抽出すると、訓練サンプルセット自体が非常に大きなものとなる場合が多く、訓練サンプルセット全体で識別器の訓練を行った場合、非常に大きな計算量が必要となると同時に過学習による汎化性能の低下を招く可能性がある。大きな訓練サンプルセットから適切な訓練サンプルを選択し、小さな訓練サンプルで識別器を訓練することが出来れば、計算量の削減とともに、汎化性能の向上が期待できる。本研究では、訓練サンプルの一部をランダムに選択し、ランダムなパラメータを用いた弱い識別器を多数統合することにより、全訓練サンプルよりも遥かに少ない数の訓練サンプルで識別能力が高く、かつ、汎化性も高い識別器の構成手法を検討している。人工データによる評価実験では、単一の SVM による識別器では、20,000サンプルの訓練セットに対して4000個のサポートベクターを

必要としたが、提案手法によると100個から200個のサンプルを用いるだけで、同等の識別性能を持ち、汎化性に関してはより高い識別器が構成できることを示している。今後は、車両検出、追跡などの実応用への適用などを目指していく。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 パターン認識、識別器、SVM、汎化性

【研究題目】 超音波血管機能検査装置の高度化と血流依存性血管拡張機序の解明

【研究代表者】 新田 尚隆（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 新田 尚隆（常勤職員1名）

【研究内容】

血流依存性血管拡張（Flow-Mediated Dilatation; FMD）は、血管壁上のずり応力を主たる刺激源として血管内皮細胞から一酸化窒素が産生され、それが血管壁内へ拡散して平滑筋弛緩が起り、血管径が拡張する反応である。FMD 検査ではこの血管径拡張率（%FMD）が計測されるが、刺激源であるずり応力が未知であり、また他刺激因子の寄与も不明であるため、内皮機能を的確に評価できない問題があった。この問題を解決すべく、本研究では、FMD 検査装置を高度化して前記刺激因子を特定することにより、血流依存性血管拡張反応における機序解明のための知見を得ることを目標とする。

平成23年度は血液・血管測定の高精度化アルゴリズムの有効性を確認すべく、ウシ血液及び模擬血管を用いた実証を行った。ウシ血液を生理的食塩水で希釈しヘマトクリット（Ht）を変化させた5通りの血液（Ht=30%～45%）を対象とし、各 Ht を持つウシ血液の流量をポンプ制御しながらシリコンチューブ内に循環させ、チューブ壁を含むエコーデータを取得して高精度化アルゴリズムを適用した。回転式粘度計で得られたずり速度-粘度曲線、レーザー変位計で得られた管変位それぞれから、粘度、ずり応力、血管径、血管ひずみの真値を算出して、エコーデータに基づく測定値と比較した。血液粘度及びずり応力については、血液性状特徴化のためのモデル化を行い、当該モデルにエコーデータからの測定値を適合させて求めた特徴化パラメータを用いて、血液の Ht 変化に対する識別能も評価した。高精度化アルゴリズムを適用した結果、Ht 変化と測定値との相関が向上し、Ht 変化の識別が可能であった。この結果に伴い、Ht 変化によるずり応力の変化も検出可能であった。また管径及び管ひずみの測定値と真値との相関も向上した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 超音波、血管拡張、ずり応力

【研究題目】 定位行動の意思決定に関わる脳内機構の解明

【研究代表者】 長谷川 良平（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

ロジー研究部門）

【研究担当者】 長谷川 良平（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

環境空間内で動物が一定の方向に体軸や頭部、眼球などを動かす行動は「定位」と呼ばれ、各種感覚器官からの刺激に対して誘発される。特に視覚情報に基づく定位行動に関しては、上丘が重要な役割を担っていると考えられている。近年、サル眼球運動に関する先行研究から、上丘では単に反射的な定位行動だけでなく、運動方向や運動をするかしないかなど意思決定にも関わっていることがわかってきた。しかし、頭部固定のもとに行われているサルの実験では頭部や体軸の移動を伴う定位行動の脳内機構に関して調べることは難しい。

そこで本研究では、非拘束下のラットを対象として上丘を一側性に破壊した際の左右への体軸の移動の意思決定を必要とする視覚弁別課題、および上丘を両側性に破壊した際の自発的な前進行動が観察される回転かご走行行動への影響を調べた。実験終了後には組織学的手法を用いて破壊された上丘箇所を特定した。その結果、上丘前方部の損傷により自発的走行は促進されたが定位行動への影響はなく、また上丘後方部の損傷により意思決定を伴う定位行動に障害が見られたが自発的走行には影響は見られなかった。以上から、上丘前方部は移動運動の抑制に、同じく後方部は対側側への移動の意思決定に関与することが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 定位行動、意思決定、上丘、ラット

【研究題目】 微弱高周波電界による生体内計測技術

【研究代表者】 稗田 一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 稗田 一郎（常勤職員1名）

【研究内容】

微弱な高周波電界を用いることで、生体内の誘電率分布を測定し、体内の水分量（血液、体液、膀胱内尿量）や脂肪、空隙の分布を求め、内臓脂肪、皮下脂肪、膀胱内尿量、肺機能を計測する技術の開発を行っている。

実験装置の主要な機能である、生体内の組成により強度が変化した高周波信号の測定を、これまで計測装置であるスペクトルアナライザーで行ってきたが、同装置は汎用の測定装置であるため、測定の条件や得られる精度等に制約があった。そこで信号処理の大部分をソフトウェアで行うことのできるソフトウェア受信機（SDR）を導入して、計測に適した測定と信号処理を行うように改良を行った。これによって、測定の精度と安定度が大きく改善され、測定の繰り返し回数を大幅に減らすことができた（従来10から20回のところが、1往復=2回程度）。人体の測定で、16方位からスキャンを行う場合でも、全計測に要する時間が30分程度となり、実験者自身を被検体とした試験的な計測を行うことができた。得ら

れたデータは、予備実験の結果から想定されていたように、誘電率による信号強度の増加分と、電界遮蔽効果による信号強度の減少分が合成されたもので、そのデータから、研究の目的の一つである、生体内の誘電率分布を求めるには至らなかった。

また、アンテナ系の改善を行うために、ベクトルネットワークアナライザーを導入して計測を始め、プローブの送受信特性の改良に着手した。

この経緯を踏まえ、最終年度となる次年度では、測定信号の位相情報から、誘電率による信号強度の増加分と、電界遮蔽効果による信号強度の減少分を分離できないか、実験的に検討し、測定装置の改善を行っていく計画である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 生体計測、誘電率、高周波電界、SDR

〔研究題目〕 サル第一次運動野損傷後のトレーニングにより生じる神経システムの再構築

〔研究代表者〕 村田 弓（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 村田 弓、肥後 範行
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

脳卒中などで脳に損傷を受けて特定の機能が障害されても、失われた機能が回復することがある。その背景には神経回路の可塑的变化による代償機能が関わっていると考えられるが、メカニズムの理解は不十分である。本研究課題は、脳機能イメージングと薬理学的手法を用いて脳損傷後の機能回復に関わる脳領域を明らかにすることを目的として行った。

モデル動物にヒトと脳筋骨格構造が類似しているサルを用いた。第一次運動野の手を支配する領域に薬物による不可逆的な損傷を作成した。損傷作成の前と後に、母指と示指の先端を対立させて小さな物体を把握する「つまみ動作」を行っている時の脳血流を、PET を用いて測定した。その結果、損傷前はつまみ動作の動作中に、第一次運動野に血流上昇が認められたのに対し、脳損傷後につまみ動作が回復した損傷後1~2ヶ月後は両半球の運動前野腹側部に損傷前と比べて有意な血流上昇が認められた。脳機能イメージングの結果から、第一次運動野損傷後のつまみ動作の機能回復に関連して、運動前野腹側部において第一次運動野の機能を代償するような可塑的な変化が生じた可能性が示唆された。

また、GABA_A レセプターのアゴニストであるムシモールを用いて神経活動を一時的に抑制する方法を使用し、損傷前および損傷後につまみ動作が回復した時期に、損傷半球の運動前野腹側部の手の支配領域の神経活動を抑制したときに、つまみ動作に影響が生じるか調べた。その結果、損傷後は損傷前よりもつまみ動作遂行への影響が大きく、回復していた運動麻痺が再び生じて、つまみ

動作が困難となった。この結果は、PET による脳機能イメージング実験で認められた損傷半球の運動前野腹側部の脳活動の上昇と把握動作の回復の関連を支持すると考えられる。

以上の結果から、第一次運動野の損傷周辺の領域および運動前野腹側部が機能回復に関わっている可能性が示唆された。脳損傷後の機能回復のメカニズムや機能回復への運動訓練の影響を解明するための神経科学の知見として有益な結果が得られた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 リハビリテーション、霊長類、病態モデル、機能回復、神経可塑性

〔研究題目〕 側頭葉におけるカテゴリー化の神経機構の解明

〔研究代表者〕 松本 有央（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 松本 有央（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、側頭葉でのカテゴリー化の神経機構がアトラクターネットワークの一種である連想記憶モデルに基づいているものと仮説を提唱し、それを実証するためにニューロン活動記録とデータ解析手法の開発を行う。側頭葉のニューロン集団による始めに大まかな分類が起こり、続いて詳細な分類が起こるような階層的カテゴリー分類の情報処理は、学習によって獲得された可能性がある。このカテゴリー分類の学習過程を調べるために、白黒のパターン画像を用いて報酬の有無によってカテゴリー分類を行ってきた。しかしながら、パターン画像ではサルにとって学習が困難であることが判明したため、今年度から容易にカテゴリー分類ができる顔画像を用いた。ヒトの顔画像とサルの顔画像と図形の画像を用いて、サルが顔の画像を注視するタスクを実行中の下側頭葉からニューロン活動を記録した。個々に記録したニューロン活動を集団として扱い、主成分分析で解析した結果、先行研究と同様始めにヒトの顔 vs.サルの顔 vs.図形といった大まかな分類が起こり、続いてヒトの個体やサルの表情といった詳細な分類が行われることが分かった。本研究では、さらに倒立した顔画像などの操作した画像を用いて、ニューロン活動を記録している。これによってどのような顔の画像を提示したら下側頭葉のニューロンがどのような活動をするかの知見をためることができ、神経回路モデルを構成するときに役に立つ。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 カテゴリー分類、物体認知、下側頭葉、神経回路モデル

〔研究題目〕 高度な計測信頼性を実現する新型近赤外脳機能計測システムの開発

〔研究代表者〕 山田 亨（ヒューマンライフテクノロジー

一研究部門)

【研究担当者】山田 亨、梅山 伸二、松田 圭司
(常勤職員3名)

【研究内容】

近赤外線脳機能計測法 (fNIRS) は安全で簡便な脳機能計測手法である一方、頭皮血流などに起因する信号変動のため測定信頼性はそれほど確立されていない。本研究の目的は脳機能信号分離のために必要な諸技術を開発し、それらを実装した高精度化 fNIRS 測定・解析技術を実現することである。本年度は、全身性の血流循環調節によって生じる血管容積変化と神経活動に伴う脳皮質毛細血管での局所血流変化とでは、fNIRS で観測されるオキシ、デオキシヘモグロビン変化量の間の相関が異なる性質に基づく信号分離法の定式化を完成させ、特許出願を行った。この手法は各計測点ごとに複数のプローブを緻密に配置する必要がある多重配置法と異なり、光源-検出器距離30mm のペアを15mm 間隔で配置することで空間分解能を容易に倍密度化することが可能である。独自に開発したプローブホルダによりこの倍密度配置を実現し、空間分解能15mm の多チャンネル計測を行った。この結果、手指運動課題において、頭部の広汎な領域で生じる体動、呼吸変化、および手指運動に同期したアーティファクト等は全身性信号として分離され、片側手指運動に由来する脳機能信号は対側一次運動野に局在化することが分かった。本技術は市販の fNIRS 装置に容易に実装可能なため、すでに一部で研究が開始されているリハビリ訓練時の脳機能モニタリング等への応用が期待できる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】脳機能計測、近赤外線分光法、脳血流、表層血流、アーティファクト

【研究題目】妊娠高血圧症候群に対する運動の有効性の検討ならびにそのメカニズムの解明

【研究代表者】吉澤 睦子 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】吉澤 睦子 (他1名)

【研究内容】

妊娠高血圧症候群は母児の生命が危険にさらされる重篤な疾患である。一般降圧剤は胎盤通過性があり、催奇形性や胎児毒性の問題から妊婦には使用できず、未だ妊娠高血圧症候群に対する有効な治療法が確立されていない。有酸素性運動は、血管内皮機能改善を介して高血圧症の予防・改善に貢献する可能性があり、妊娠高血圧症候群妊婦の病態改善にも有効であるかもしれない。しかしながら、ヒトでの研究はリスクが大きいことに加えて、モデル動物の開発が遅れていることから、実際に妊娠高血圧症候群の母児に対する有酸素性運動を実施した場合の安全性やトレーニング効果を検討した研究はない。それゆえ、ヒトの妊娠高血圧症候群に酷似した症状を呈す

るモデル動物を用いて、妊娠時の運動が病態に与える影響を明らかにすることは、妊娠高血圧症候群の予防・改善への応用に重要である。そこで、本研究は、妊娠高血圧症候群モデルマウスを用いて、妊娠高血圧症候群に対する運動効果を検討することを目的とした。

今年度は、米国 University of Colorado の統合生理学部加齢研究室に留学し、本実験遂行に必要な実験技術の確立を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】妊娠高血圧症候群、運動、血管機能

【研究題目】自閉特性が顔認知に与える影響—分類画像法および反応一貫性分析による検討—

【研究代表者】永井 聖剛 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】永井 聖剛 (常勤職員1名)

【研究内容】

自閉症者と定型発達者では知覚・認知上処理スタイルに様々な違いが指摘されている。しかし、定型発達者 (=非自閉症) の中でも自閉性には大きな個人差があり、共同注意にはこの自閉性の個人差が影響することが報告されている。本研究では、自閉性が高い (自閉症者に近い) 定型発達者と自閉特性が低い定型発達者で顔認知情報処理の差異がどのように生じるかを調べることを目的とする。近年開発された、分類画像法を用いて顔情報処理ストラテジーの個人差を詳細に視覚化し、反応一貫性分析により反応決定プロセスの影響も検討する。

大きな画像データを用いて、分類画像における統計的有意ピクセルの計算、処理効率および内部ノイズの計算およびシミュレーションを行うための実験システムを開発した。具体的には、申請者がこれまでに開発した試行削減アルゴリズムを利用して分類画像を算出し、統計的に有意に利用されているピクセルから、被験者が用いるストラテジーを可視化するための、実験実施システム、データ解析システムを開発した。処理効率は、理想的な顔弁別フィルタ (=弁別すべき顔 A と顔 B との差分画像。この差分画像をフィルタとして顔弁別を行ったときに、弁別成績が最大化する) と得られた分類画像との類似性を算出可能である。この処理効率を計算する解析プログラム、システムをも加えて開発し、予備的な実験を行い、その結果によって、開発したシステムの妥当性を示した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】顔情報処理、分類画像法、内部ノイズ、処理効率

【研究題目】物理・免疫融合療法に用いる in situ 癌免疫誘導のためのナノ構造アジュバント

【研究代表者】王 秀鵬 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 王 秀鵬（常勤職員1名）

〔研究内容〕

今や癌は日本では第一位、世界でも主要な死亡原因となり、癌治療研究は社会的にも重要性が増している。中でも癌の免疫療法は、ヒトが元来持つ免疫系を利用し、免疫細胞を正常な細胞を傷つけずに腫瘍細胞のみを認識・破壊するよう活性化する新規の癌治療法として注目されている。しかし、一般に腫瘍抗原は免疫系の刺激が弱いため、免疫細胞が腫瘍細胞を認識できないことが多く、免疫療法には免疫賦活剤（アジュバント）の投与が必須である。そこで、本研究では腫瘍抗原による効率的な免疫系の活性化のため、ナノ構造を有する無機粒子キャリアに免疫増強効果を示すシグナル分子を複合化させて高性能アジュバントを調製し、その安全性、有効性を *in vitro* 評価で検討すると共に、一部試料に関しては *in vivo* 評価を開始した。

キャリアとなる無機粒子としてリン酸三カルシウム（TCP）を選択し、免疫担当細胞の活動を亢進する二価陽イオン（マグネシウム、または亜鉛）含有の TCP（Mg-TCP、Zn-TCP）を合成した。Mg-TCP、Zn-TCP 粒子の流体力学半径は500~600nm であった。シグナル物質には菌体由来物質（BCG）を選択した。Mg-TCP、Zn-TCP 粒子と BCG はリン酸カルシウム過飽和溶液中で共沈現象によって複合化して、アジュバントとした。

Mg-TCP、Zn-TCP をキャリアとしたアジュバントは TCP をキャリアにした場合と比較して *in vitro* における免疫担当細胞の活性が明瞭に高まった。特に、二価陽イオン（マグネシウム、亜鉛）含有量が1.5mol%の TCP を用いたアジュバントでは、細胞培養液中の濃度が1 μ g/mL で最も免疫担当細胞の活性を高めた。これらのアジュバントは1-10 μ g/mL の濃度範囲であれば細胞毒性をほとんど示さず、安全性を保持しつつ有効性を発揮させられるアジュバントが作製可能である事が示唆された。現在、同アジュバントの *in vivo* 評価を行なっているが、投与後に急性毒性など重篤な事象は認められていない。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 癌ワクチン、免疫補助療法、アジュバント、リン酸カルシウム

〔研究題目〕 公共空間において場所及び方向を示す案内の新しいデザイン方法

〔研究代表者〕 佐藤 洋（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 佐藤 洋、関 喜一、倉片 憲治（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、現在用いられている駅などでの誘導鈴に代表される、公共空間において場所および方向を示す音響信号について新たなデザイン方法の提案を科学的

知見に基づき行うことである。

無響室において円周上に設置した多数のスピーカーより音響信号を提示したときの音の方向定位を様々な信号音及び様々な音環境条件で測定し、音響信号の方向指示性能の定量的評価を行った。その際、方向定位が得られる音量と不快度の関係について若齢者および高齢者を被験者として実験を行った。若齢者については、高調波成分が含まれているほど定位性能が良いが、不快度は高くなる。一方、高齢者については不快度および定位性能の双方について、信号の違いが小さかった。

信号の種類に関しては、偶数および奇数倍音を含む音の定位性能が最も高いが、最も不快度が高いことから、できるだけ不快度が小さくなるように、1) 奇数倍音のみにする、2) 自己残響成分を純音化する、3) 自己残響部分に振幅揺らぎを設ける、などの工夫を行ったが、偶数および奇数倍音を含む信号の方向性能が高く、性能が高い信号をできるだけ低い音圧レベルで提示することが効果的であることが示された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 誘導鈴、視覚障害者、音環境

〔研究題目〕 多感覚情報の脳内統合機構の解明

〔研究代表者〕 山本 慎也（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 山本 慎也（常勤職員1名）

〔研究内容〕

我々は、常に外界から入力させる多数の情報を処理している。例えば、ある単一のイベントから生じた視覚情報と聴覚情報は、別々のセンサー（受容器）を介して入力されるが、主観的にはあくまで単一のイベントとして知覚される。これは、多感覚のバインディングと呼ばれる現象である。もしこのバインディングの機構が働かなければ、単一イベントからの視覚・聴覚情報は、別物として扱われてしまうため、正しく外界を認知できなくなってしまいます。すなわち、バインディング機構は我々が外界を認知するのに必要不可欠な基本的な情報処理である。本研究課題では、心理実験と生理実験によって、多感覚情報統合機構を解明することが目的である。

本年度は、主にこれらの実験系の構築に成功した。心理実験では、マルチモーダル刺激の時間的順序および主観的同時性を判断させる実験系の構築を行った。生理実験では、行動実験系の構築、神経活動の記録システムの構築、眼球位置等の計測システムの構築等、完成することができた。来年度以降、この実験系を用いて、神経活動のデータ収集を行う。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 神経科学、認知科学

〔研究題目〕 低容量回線でも高画質画像を活用できる「超舞台」遠隔交流学習支援システムの

開発

【研究代表者】森川 治（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】森川 治、戸田 賢二（知能システム研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

一般にテレビ電話では、伝わる画質に限界があるため、普段どおりに書いた黒板の文字はそのままでは伝わらない。そのため教師たちは、色、線の太さ、字の大きさ等を工夫して、遠隔授業を進める必要がある。一方、静止画であれば普段どおりに書いた黒板の文字であっても、通信時間をかけさえすれば、鮮明な画像を送受信でき、授業に利用可能である。線がぼやけて文字が読めない、色がにじんで色分けした図が読めないといったトラブルが回避できる。本研究では、黒板など背景写真を静止画として別途送り、その上に教師や児童の映像を重畳表示することにより、低容量回線でも高画質画像を活用できる遠隔交流学習の実現を目指す。

平成23年度は、事前に用意した背景となる静止画の上に、ビデオカメラで撮影した1枚の動画を重畳表示できる画像合成システムのプログラムを試作した。比較事例として、静止画を追加する場合、静止画を動画とは別窓に追加表示する方式を検討した。この比較事例の方式は簡単であり、それなりに有効であるが、たとえば、板書と教師の映像を別窓で表示すると、それぞれは正しく伝わるが、「教師が書いた板書」という情報は薄まって伝わる欠点があることが確認された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】遠隔授業、一体感、テレビ電話、ハイパーステージ、ハイパーミラー

【研究題目】海馬バインディングの脳認知科学研究

【研究代表者】仁木 和久（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】仁木 和久（他1名）

【研究内容】

本研究では、脳の情報統合機構として重要な働きを持ち、感覚から認知まで、普遍的な認知機能であるバインディングという重要な脳機能に注目する。特に、高次認知と記憶に関する機能を解明するため、海馬領域におけるバインディングの脳イメージング研究を本研究では目指す。このため、本研究の推進では、EEG と MRI の同時記録と解析により、バインディングの解明を可能にすることを狙う。また、脳の解剖学的結合データを収集し、計算論的モデル化に活かすことで、バインディングの脳認知科学モデル化を目指す。

本研究の重点項目である、EEG と MRI の同時記録実験系の構築では、GE製のMRI装置のTEやTR時間精度のふらつきが原因となってノイズの削減が十分果たせないため、その対策をハードウェアおよびソフトの

両面から検討を加え、システム構築を行った。しかし、3月11日の東日本大震災の被害を受け、EEG と MRI の同時記録実験システムと、MRI 解析用サーバに重大な損害を受けたため、研究期間の繰り越しを決定し、本システムの再構築を図った。その一環として、MRI 装置の時間精度を本質的に改善する根本対策にも着手した。さらに、拡散テンソル MRI 計測と解析、および fMRI-ROI 解析により、脳イメージング手法により解剖学的・機能的な神経結合データ取得に取り組むなど、本研究成果を3本のハイインパクト国際論文誌に発表した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】海馬、知能、認知、MRI-EEG 同時記録、脳イメージング

【研究題目】側頭葉における報酬に基づいた視覚刺激の連合記憶メカニズムの解明

【研究代表者】菅生 康子（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】菅生 康子、松本 有央、大山 薫（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

複数の異なる情報を相互に関連付ける「連合」の能力は、人や動物の生存に重要である。視覚刺激と報酬の連合には、霊長類の内側側頭葉（傍嗅皮質および内嗅皮質）が重要であることが脳の破壊実験で示唆されている。視覚刺激と報酬の連合における脳内のメカニズムを解明するため、傍嗅皮質での情報処理を明らかにする必要がある。

本研究では、ニューロン活動にコードされる視覚刺激の情報、報酬期待の情報、および短期記憶の情報を分離する。そして、傍嗅皮質においてそれらの情報がどのようにコードされているのかを明らかにする。そこで、傍嗅皮質の情報処理を調べるための実験手法として条件性連合課題を開発した。そして、課題を遂行中のアカゲサル傍嗅皮質から単一ニューロン活動を記録した。

条件性連合課題は、2つの視覚刺激（カラー刺激とパターン刺激）の組み合わせが報酬あるいは無報酬と連合する課題である。先行呈示するカラー刺激により同一のパターン刺激が報酬あるいは無報酬と連合する。従ってサルはカラー刺激を記憶し、続いて呈示されるパターン刺激を見ることで報酬／無報酬を期待することができる。パターン刺激呈示期のニューロン活動に、パターン選択性（視覚刺激の情報）、カラー選択性（短期記憶の情報）、および報酬選択性（報酬期待の情報）がコードされているかどうか調べた（2要因分散分析）。その結果、パターン刺激に応答するニューロンの約半数が、視覚刺激は物理的に同一であるにもかかわらず報酬期待の情報をコードすることを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】動機付け、側頭葉、ニューロン

〔研究題目〕 認知行動を取捨選択制御する前頭前野神経回路機構の研究

〔研究代表者〕 瀧田 正寿 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 瀧田 正寿 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

「何かに気持ちを奪われ、意図することが十分できない/不適切なことをしてしまう」という様な認知行動に不具合の生じる仕組みを、脳神経回路機能レベルから明らかにし、対処法を提唱することが本研究の目的である。臨床では作業記憶が負の感情で阻害される報告が増えており、ラットではそれぞれについて海馬-前頭前野路と前頭前野-扁桃体路が調節し、共にドーパミン伝達を要する。この直列回路を電気生理・神経化学的に解析し、最終的に、ラット早期母仔分離モデルが示す不安行動と前頭前野-扁桃体路の伝達機能不全を改善することを目指し、認知行動療法的な作業記憶トレーニングや臨床様に向精神薬投与を行い、認知行動に不具合の生じる仕組みを検証する。

当年度、ラットの飼育・繁殖・遅延交代課題 (参照: Izaki et al. 2008) の訓練は、研究代表者と雇用する研究補助1名 (15時間/週) が担当した。2部位の自発神経活動の関係から神経回路機能の解析について、ワークステーションで膨大な計算量を解析する方法を高度化した。早期母仔分離モデルについて、前頭前野-扁桃体路のパルス状の神経伝達効率が、早期分離群は探索行動と正相関、通常分離群は負相関することが判った。東日本大震災の影響とそれに付随した動物室集約化があり、当初の当年度計画は次年度にも実施する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 認知行動、作業記憶、不安、前頭前野、扁桃体、海馬

〔研究題目〕 ヒートショックが人体の過渡状態に及ぼす影響評価

〔研究代表者〕 都築 和代 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 都築 和代 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

関東地域の冬季における住宅温熱環境は、次世代省エネルギー基準施行以前に建てられた住宅の廊下や脱衣室などは気温10℃以下となり、居住者である高齢者の着衣量が増える傾向があった。つまり、断熱性が低い住宅では非暖房室の室温が低いため、居住者は住宅内での生活行動時に暖房室と非暖房室を行き来することから、大きな温度変化、いわゆるヒートショックを被る可能性が高い。例えば、居間など暖房室から廊下や脱衣室の非暖房室へ移動や、トイレや入浴のための脱衣は、体を急激に低温環境へ暴露する。室間に大きな温度差を生じない建物外皮の断熱性等が求められるとともに、脱衣を伴う生

活行動を行う室においては、効果的な暖房を行う必要がある。

本研究では、電力使用条件を一定にした場合に暖房器具の違いにより室内温熱環境がどのように分布し、そこで、脱衣をした場合の生理・心理反応を測定する。暖房3条件に不使用を含めた4条件に高齢と青年の男性各6名をほぼ裸体で暴露した。前室 (25℃) の平均皮膚温33℃よりも高くなったのは、カーボン (33.6℃) であり、セラミック (31℃)、カーペット (30.5℃)、暖房なし (29℃) の順に低下し、年齢差は認められなかった。収縮期血圧は25℃に比べ両群とも脱衣室で有意に高くなった。高齢群では暖房条件による有意な差はなかったが、青年群では、カーボンはカーペットと暖房無しに比べ有意に低くなった。青年群は高齢群よりも有意に暖かく感じていた。両群ともカーペットと暖房なしで有意な差は無く、それらよりも、カーボンとセラミックで有意に暖かく感じていた。高齢群ではカーボンヒーターのみがやや許容されたが、満足感は得られなかった。一方、青年ではカーボンとセラミックが許容され、満足であったのはカーボンヒーターのみであった。今回の500Wの投入エネルギー量では、高齢者への良い効果は認められず、今後は投入エネルギー量を変えるなどの検討が必要である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ヒートショック、脱衣室、室内環境、血圧、評価

〔研究題目〕 時間的同期に基づいた異種感覚モダリティ間・属性間の情報統合メカニズムの解明

〔研究代表者〕 藤崎 和香 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

〔研究担当者〕 藤崎 和香 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は心理物理学の実験手法を用いて、物理的・生物学的な時間のずれや、誤対応、組み合わせの爆発といったさまざまな困難を乗り越えて、異なる感覚モダリティ間の時間比較を可能にしている人間の脳内情報処理機構を解明することを目的としている。研究成果から、物理的には時間がずれていても人間にはずれを感じさせないような、人に優しいマルチモーダルインターフェースの設計指針が得られることが期待される。

感覚モダリティ間・属性間のバインディング課題の時間周波数限界は、感覚モダリティや属性の組み合わせによらず、約2.5Hzと共通になる (Fujisaki & Nishida, 2010)。平成23年度は、この感覚モダリティや属性に共通の時間限界が、「時間」と「内容」の情報を並列処理したのちに統合するという脳の戦略を反映したものではないかという仮説を検証するために、「感覚間・属性間の時間-特徴統合課題」を行った。本課題は、交替刺激

(例えば赤と緑の交替刺激)とステップ刺激(例えば低い音から高い音へ一回だけ変化する刺激)を同時提示し、ステップ刺激が変化したタイミングに出現していた交替刺激の属性値が何であったかを(例えば「赤」というように)答えるというものである。本課題を用いることによって、交替刺激の位相の交替そのものは知覚できているにも関わらず、ある時刻に出現していたのがどちらの位相の刺激だったかを答えられなくなってしまう臨界クラウディング周波数(Critical Crowding Frequency = CCF)を測定することができると考えられる。実験の結果、臨界クラウディング周波数(CCF)の値は、バインディング課題の時間周波数閾値と同様に、どの感覚モダリティ、属性の組み合わせでも約2-3Hzと共通となることが明らかになった。上述の実験の他、感覚間だけではなく感覚運動間の時間的な対応付けのメカニズムを探るため、自分の行為とその感覚フィードバックの時間遅れについての検討を行った(Fujisaki, 2012)。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マルチモダリティ、同時性判断、時間情報処理、時間バインディング

【研究題目】サル下側頭葉における無意識下での視覚情報処理様式の解明

【研究代表者】林 隆介(ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】林 隆介(常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、物体画像の提示によって引き起こされる下側頭葉のニューロン集団の活動が、物体像に対する「意識」に依存してどう変化するのか解明することを目的とする。この解明にあたり、二つの物体像知覚が交互に入れ替わる状況下(両眼視野闘争)で、下側頭葉の脳表面に埋め込まれたマルチ微小多電極から多数の神経活動を同時記録する実験を行うことを目指す。さらに、意識下に抑制された視覚入力のうち、どういった情報が残存し、下側頭葉のニューロン集団の神経活動の中で表現されているか検討することで、視覚的意識に関わる脳・神経レベルの情報処理を明らかにしたいと考えている。

本年度は、物体画像に応答する神経活動を記録する過程で、顔情報処理に関わる視覚属性の応答を詳細に解析し、顔の方位と個体識別に関する情報表現が同じ下側頭葉でも領域によって違うことを明らかにした。また、quadrature motion という画像処理を使って、二つの物体画像が異なる方向に動いて見える特殊な両眼視野闘争刺激を生成し、動物モデルに提示する実験系を構築した。最後に quadrature motion 刺激を提示している間、下側頭葉ニューロンの活動を記録したところ、運動方向によらず、物体像に特異的にニューロンが応答することが明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】神経科学、意識、視覚情報処理

【研究題目】電界誘起電子スピン共鳴法による有機トランジスタ界面トラップ準位の微視的起源の同定

【研究代表者】長谷川 達生(フレキシブルエレクトロニクス研究センター)

【研究担当者】長谷川 達生、山田 寿一、堀内 佐智雄、松井 弘之、堤 潤也、井川 光弘、高橋 永次(常勤職員5名、他2名)

【研究内容】

本年度は、前年度行った研究をさらに大きく展開し、有機トランジスタ内のキャリアを局在化させる各種の原因を、電界誘起 ESR 法を用いて解き明かす手法として確立するため、以下に列挙する研究に取り組んだ。第一に、電界誘起 ESR 法によるトラップ状態密度分布解析手法の信頼性を確認するため、トラップ状態の空間広がりや状態密度分布を確率的最適化法により求める際の解析の妥当性について検討を行った。その結果、測定データのノイズレベルが ESR の主信号の数百分の1に止まるとき十分な精度の解析結果が得られることが明らかになった。第二に、電界誘起 ESR の全ての解析の基礎となる孤立分子の ESR 解析を進め、典型的な9種の有機半導体材料について、分子が陽イオン状態にある場合の g テンソルを密度汎関数理論による数値計算によって得るとともに、溶液中の陽イオンラジカル分子を用いて計算により得られた結果の妥当性を確認した。第三に、多結晶性の有機半導体薄膜では、微結晶のある軸が基板上で一方向に揃った一軸配向性の薄膜が得られることに着目し、基板に対する印加磁場の角度依存性によって、微結晶内・微結晶間のキャリア輸送を分離して測定する手法を開発した。特に磁場が基板に対して垂直な場合に微結晶間のキャリア輸送が支配的となることから、この磁場方向の温度依存性の測定によって微結晶間の障壁ポテンシャルを評価することに成功した。第四に、高移動度低分子材料の DNNT 薄膜において、DBTTF 分子が微量不純物として混入しキャリアトラップとして作用する様子を電界誘起 ESR 測定によって観測することに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体、ポリマー半導体、印刷エレクトロニクス、有機エレクトロニクス、電子スピン共鳴

【研究題目】金微粒子触媒における微細構造と触媒機能に関する研究

【研究代表者】秋田 知樹(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】秋田 知樹、真木野 美智子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

触媒の構造と活性の関係を明らかにすることを目的に、固相混合法と析出沈殿法で電子顕微鏡観察用のモデル触媒試料を作製し、固定床流通式触媒活性測定装置を用いて一酸化炭素の酸化反応における触媒活性の評価を行った。低比表面積の担体を用いた電子顕微鏡観察のためのモデル触媒構造においても、通常の触媒には及ばないものの、低温での触媒活性を確認することができた。また、従来、共沈法で作製されてきた金-酸化鉄触媒について析出沈殿法による作製を試み、触媒活性の確認を行うことができた。

また CeO₂多結晶基板に Pt 粒子を真空蒸着法で担持したモデル構造を作製し、ガス導入時の構造変化についてその場観察を行った。CO ガスと酸素ガスの導入によって Pt 微粒子の酸化、還元に伴う可逆的な構造変化を動的に観察することができた。試料温度を変えて観察を行った結果、150℃以上の温度ではガス導入による構造変化が観察されないことがわかった。また、構造変化には粒子径による違いがあることもわかった。

Au-TiO₂、Au-CeO₂、Au-NiO の系に対して、単結晶、多結晶酸化物基板を用いてモデル構造を作製し、収差補正 TEM 及び、収差補正 HAADF-STEM により金微粒子と酸化物担体界面構造の高分解能観察を行った。金微粒子と担体との界面について原子分解能の HAADF-STEM 像を従来より高い分解能で得ることができ、界面での原子間距離などを評価することができた。

また高分解能 TEM 像からは、Au-NiO 界面で酸素に起因するコントラストが確認でき、界面に酸素が存在していることを示唆する TEM 像を得ることができた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 界面、電子顕微鏡、微粒子、触媒

【研究題目】 リチウムイオン電池材料の表面・界面の原子・電子レベル解析

【研究代表者】 香山 正憲

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 香山 正憲、前田 泰、橘田 晃宜、

田中 真悟、秋田 知樹、田中 孝治、

吉川 純 (常勤職員6名、他1名)

【研究内容】

リチウムイオン電池の容量や出力、充放電速度、耐久性等を飛躍的に高めるためには、電極材料の表面や電極/電解質界面の微視的な構造や充放電過程での原子・電子挙動を解明し、確固とした設計指針を構築することが必要である。本研究では、性能を大きく支配する電極物質の表面・界面、電解質/電極界面を取り上げ、電子顕微鏡観察、走査プローブ顕微鏡観察、第一原理計算の三つの手法の緊密な連携により、表面・界面の微視的な構造や Li の出入りに伴う原子・電子挙動、構造変化を

明らかにする。具体的には、スピネル型チタン酸リチウムについて、電子顕微鏡観察と走査プローブ顕微鏡の両方を適用し、第一原理計算も用いることで、表面構造の詳細解析を進めた。さらに、充放電過程での試料観察を行い、Li の出入りによる表面・バルクの構造変化の解析を進めている。また、第一原理計算では、電子線エネルギー損失スペクトル (EELS) の高精度シミュレーション手法を検討し、実験との比較検討を行っている。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 リチウムイオン電池、電子顕微鏡、走査プローブ顕微鏡、第一原理計算

【研究題目】 高性能水素貯蔵システムの研究

【研究代表者】 徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 徐 強、Hai-Long Jiang

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

水素エネルギー社会の構築には、高効率水素貯蔵システムの確立が必要不可欠である。本研究では、温和な条件下で水素を効率よく貯蔵・放出できる高水素含有量を有する軽元素材料に着目し、高効率水素貯蔵システムの確立を目的としている。コア・シェル Cu@M (M=Co, Fe, Ni) ナノ粒子 (NPs) のシンプルな一段、in situ 合成法を温和な条件下で開発した。本合成法はコア及びシェルを形成する金属イオンの還元電位の違いを利用し、さらに、アンモニアボラン (NH₃BH₃) を適度な還元力を有する還元剤として使用したことは重要なポイントとなっている。得られた Cu@M (M=Co, Fe, Ni) ナノ粒子は、水素貯蔵材料として高い可能性を有するアンモニアボランの加水分解・水素放出反応の触媒として用いた。Cu₁@M₄は各種 Cu/M 比のすべての触媒の中で最も高い触媒活性を示し、Cu/M=1/4比は最適比であることを示す。Cu_x@Co_{5-x} 触媒の活性は Cu_x@Fe_{5-x} 及び Cu_x@Ni_{5-x} よりも高く、Co ナノ粒子が Fe または Ni のそれよりも、アンモニアボランの加水分解・水素放出反応における活性が高いことに起因する。さらに、強い還元剤である NaBH₄を用いて、従来法で単金属や合金ナノ粒子を合成した。Cu₁M₄合金ナノ粒子及び Cu/Co/Fe/Ni 単金属ナノ粒子はコア・シェル Cu₁@M₄ナノ粒子と比べ、低い触媒活性を示し、コア・シェル構造での Cu と M との金属間の相乗効果を示す。さらに、Cu@M ナノ粒子は磁性を持つため、外部磁石を用いることによってナノ粒子を溶液から簡単に分離することができるメリットを持つ。本触媒は、貴金属を含まないため、高効率水素貯蔵システムの実現に不可欠な高活性触媒の低コスト化に繋がるものである。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素、燃料電池

〔研究題目〕高性能水素貯蔵材料としての多孔質金属配位高分子の研究

〔研究代表者〕徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕徐 強、Ya-Qian Lan

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、多孔質金属配位高分子 (MOF) 化合物を有望な水素貯蔵材料として取り上げ、高性能可逆的水素貯蔵技術の確立を目的としている。ベンゾトリアゾールを基本とする一連の長さの異なる有機リンカー及び機能性分子ビルディングブロック (Molecular building block) に基づいて、一連の新規多孔質金属配位高分子を合成した。また、金属配位高分子を設計・合成するだけでなく、同一の金属配位高分子において、第二次構造単位 (secondary building units, SBU) と有機リンカーの両方の機能化に成功した。単結晶 X 線構造解析の結果、これらの多孔質金属配位高分子化合物はダイヤモンドタイプ構造を有することがわかった。有機リンカーを長くすることにより、フレームワークの構造を保持しつつ、相互貫通を調節できることが明らかになった。これらの金属配位高分子は、大きな空隙率を有し、高いガス吸着能と比表面積を示す。例えば、DMOF-1は、細孔径 $0.4 \times 0.8 \text{ nm}^2$ のマイクロ孔を持ち、最も高い空隙率66.4%を有する。DMOF-8では、細孔径は $0.5 \times 0.6 \text{ nm}^2$ である。一方、DMOF-11は、細孔径 $0.4 \times 0.4 \text{ nm}^2$ のマイクロ孔を持ち、最も低い空隙率49.2%を有する。これらの多孔質金属配位高分子の水素吸着特性について系統的研究を行った。メトキシグループを有する DMOF-5と DMOF-6は、それぞれメトキシグループを持たない DMOF-2と DMOF-3より高い水素吸着能を示し、メトキシグループは水素吸蔵に重要な効果を与えることが明らかになった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素、燃料電池

〔研究題目〕高性能液相化学水素貯蔵材料の研究

〔研究代表者〕徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕徐 強、Mahendra Yadav

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

これまで報告されている化学的水素貯蔵材料の主なもの水素放出温度が高い上、固相材料であったため、自動車等の移動型供給先への充填や副生成物の回収・再生が困難であった。そのために、水素含有量が高く、温和な条件下で水素放出が可能で且つ移動型タンクへの充填が容易な液状の化学的水素貯蔵材料の開発が強く求められている。本研究では、液相化学的水素貯蔵材料を取り上げ、温和な条件下での水素発生触媒の開発を目的とし

ている。逆ミッセル法を用いて、金ナノ粒子を内包したシリカナノスフェア (金@シリカナノスフェア) を合成し、高い水素含有量を持つ液相化学水素化物であるギ酸の分解・水素放出反応における触媒活性評価を行った。アミンを含まない前駆体を用いて合成した金@シリカナノスフェアはギ酸の分解反応に活性を示さないのに対し、アミンを含む前駆体を用いて合成した金@シリカナノスフェアはギ酸の分解反応に高い活性を示すことを見出し、アミンの存在が金ナノ粒子触媒の活性の発生に重要であることを明らかにした。さらに、アミンを含む前駆体を用いて合成した金@シリカナノスフェアは、高温焼成によりアミン官能基を失うのに伴って触媒活性を失う。また、シリカナノスフェアの外表面にアミン修飾を行い、さらに金ナノ粒子を担持させても触媒活性を示さないことから、アミンの存在及びシリカナノスフェア内における金ナノ粒子周りのアミン官能基の配置などの環境が触媒活性に重要であることを明らかにした。詳細に調べた結果、金触媒表面とアミン官能基との間に、新しいタイプの金属・担体効果が存在し、それによってギ酸分解に有利な反応中間体が形成し、ギ酸分解がより効率よく進行することを明らかにした。アミン官能基修飾金@シリカナノスフェア触媒は、高い水素含有量を持つ液相化学水素化物であるギ酸分解・水素発生反応において、高い触媒活性及び繰り返し使用における高い耐久性を有することが明らかになった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕水素、燃料電池

〔研究題目〕新しい液相窒素系水素貯蔵材料の研究

〔研究代表者〕徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

〔研究担当者〕徐 強、Ashish Kumar Singh

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

高い水素含有量を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つ液相窒素系水素化物であるヒドラジン水和物に注目し、ヒドラジン水和物の触媒による選択的完全分解反応で、温和な温度において、多孔性配位高分子に担持した白金とニッケル (PtNi) の合金ナノ粒子触媒を用いて制御可能な条件下で効率よく水素ガスを発生させることを見出した。PtNi 二成分合金ナノ粒子触媒の組成を調節して、触媒活性・水素生成選択性評価を行ったところ、100%水素選択率を示す組成領域を明らかにした。さらに、多孔性配位高分子に担持したことにより、PtNi 合金ナノ粒子触媒は100%水素選択率を示すだけでなく、より高い触媒活性を示すことが明らかになった。放出ガスの体積測定から、ヒドラジンの完全分解反応 $\text{H}_2\text{NNH}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2$ が選択的に進行していることが確認された。TEM 観察により、多孔性配位高分子に担持した PtNi の平均粒径は約2nm である。

XPS 測定により、PtNi 二成分合金ナノ粒子となることがわかった。この合金ナノ粒子が高活性・高選択性を有することは、触媒表面に両成分とも存在し、完全分解・水素生成に有利なヒドラジン結合活性化に寄与していることを示している。また、アルカリ性溶液において、ヒドラジン水和物の完全分解はより高効率に進行することが明らかになった。ヒドラジン水和物は、液体であるため移動型燃料タンクへの充填が容易であり、既存の液体燃料用供給・貯蔵インフラ設備が利用可能という大きなメリットを有する。さらに完全分解によって水素と窒素に分解するため、生成物回収・再生が不要である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】新しい窒素-ホウ素系化学水素貯蔵材料の研究

【研究代表者】徐 強

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】徐 強、Di-Chang Zhong

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

高い水素含有量 (15.4重量%)を持ち、燃料電池用水素源として高い可能性を持つヒドラジンボラン (Hydrazine Borane, $N_2H_4BH_3$) に注目し、ヒドラジンボランの脱水素化反応において、温和な温度において、触媒を用いることにより、制御可能な条件下で水素ガスを効率よく発生させることができることを見出した。ロジウム (Rh) ナノ粒子触媒を用いた場合、 $-BH_3$ グループの加水分解が効率よく進行する一方、 $-N_2H_4$ グループの分解による水素生成の選択率が低いことがわかった。一方、ロジウムとニッケルの複合金属触媒を用いることにより、 $-BH_3$ グループの加水分解が効率よく進行するだけでなく、 $-N_2H_4$ グループの分解反応からも選択的に水素を発生させることができることを見出した。本反応では、 $-BH_3$ グループの加水分解は、単成分や2成分複合金属触媒のどちらでも比較的容易に進行し、3当量の水素ガスを発生するが、 $-N_2H_4$ グループの分解反応における水素生成の選択率は金属の組成に大きく影響されることがわかった。ロジウムとニッケルの比を調整することにより、水素生成の選択率はほぼ100%に達することを見出した。触媒のキャラクタリゼーションの結果、ロジウムとニッケルは合金ナノ粒子を形成し、ロジウム/ニッケル合金ナノ粒子が高活性・高選択性を有することは、触媒表面に両成分とも存在し、 $-N_2H_4$ グループの完全分解・水素生成に有利なヒドラジン結合活性化に寄与していることを示している。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、燃料電池

【研究題目】電極触媒のナノ界面研究

【研究代表者】前田 泰

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】前田 泰、荒井 富士子

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

燃料電池、特に低温で使用する固体高分子型燃料電池 (PEFC) において、高性能電極触媒の開発は実用化に向けた重要な技術的課題である。その開発に向けた試みの一つとしてナノクラスター化がある。これは、クラスターの量子サイズ効果を期待したものである。構造としては、白金ナノクラスターなどの触媒が導電性電極に分散・固定されたものになるが、この時ナノヘテロ界面の理解が必要不可欠となる。本研究では、貴金属クラスターを担持したモデル電極を対象として、走査プローブ顕微鏡によるクラスターの電位と固/液界面での電気二重層の測定を行い、ナノ領域での電極/クラスター/溶液界面の性質を静電ポテンシャルによって整理することを試みる。

本年度は、ポテンシャル測定を行うための準備として、SIS-AFM モードによるフォースカーブマッピングを実施した。SIS-AFM モードはエスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社が開発した測定モードで、データ取得時以外は探針を上空に待避させるため、液中での安定走査が期待できる。本研究では、固液界面のポテンシャル測定を行うために、この SIS-AFM モードにフォースカーブマッピング機能を追加した。SIS-AFM モードでのフォースカーブマッピング測定では、測定時間に対して出力のドリフトが大きいことが問題となったが、外部電源によりドリフト補正することで解決することができた。実際に Au/mica について測定したところ数10nm レベルで吸着力の違いをマッピングすることができた。その他、液中試料ホルダや解析方法についても検討を行い、基礎技術の確立について当初目標を達成した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】燃料電池、電極触媒、微粒子、表面電位、仕事関数、走査プローブ顕微鏡

【研究題目】高励起状態への遷移による有機分子の短波長励起二光子吸収特性の解明とその機能化

【研究代表者】鎌田 賢司

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】鎌田 賢司 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標：

光の電場によって揺らぎやすい電子を持つ有機分子系について、600nm 以下の可視光短波長領域において、高い励起状態が関与した強い二光子吸収特性を持つ可能性を実験的に検証する。

研究計画：

可視光短波長領域において二光子吸収特性を評価するための測定光学系を構築して、スペクトル測定を行うとともに、高精度の量子化学計算も併用して観測された二光子遷移の帰属を行い、強い二光子吸収遷移が生じる理由を明らかにする。さらに機能材料への応用展開を図るため、二光子吸収誘起による微細パターンの高効率な形成を目指す。

2011年度進捗状況：

可視光短波長領域の二光子吸収測定系を構築するとともに、定量評価のための標準物質の選定と較正法の確立により、400nm および480～580nm での二光子吸収測定が可能となった。この測定系を用いて比較的簡単な構造の分岐型 π 共役有機化合物を評価したところ、400nm で非常に強い二光子吸収を持つことを明らかにした。従来、この波長での二光子吸収測定の結果はほとんどなく、これまで知られている化合物よりも2桁近く強い二光子吸収が得られたことは、三次元光ストレージなどへの応用に繋がる可能性がある。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 二光子吸収、有機材料、 π 電子共役系

【研究題目】 液晶内包シリカナノ粒子の研究

【研究代表者】 清水 洋

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 清水 洋、藤原 正浩、宮本 紘治、

三好 弘一(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

現在の液晶ディスプレイはネマチック液晶が電圧印加下、分子配向が変化し、それによる透過光の on/off を基本原理とする。この場合、液晶分子は電極表面で一緒に配向し、これが電圧印加で変化する。基板界面との相互作用は基板から数 nm と考えられ、中空シリカナノ粒子のような数十～数百 nm の空孔を持つ媒体中に閉じ込められたネマチック液晶の振る舞いを研究することは液晶の新機能発掘に欠かせない。本研究は、徳島大学と共同で Core shell 法及び Stöber 法等により室温ネマチック液晶を閉じ込めたシリカナノ粒子の調製法及び既存の中空シリカマイクロカプセルへの液晶注入法を確立することにより、ナノ空間に閉じ込められた液晶の挙動を知ることが目的に研究に取り組む。Core Shell 法で液晶分子 (5CB) をシリカカプセル (内径40nm) 内に密に内包させるため、コアとして用いる金微粒子への5CB分子の吸着及び金微粒子の非凝集状態を解明する手がかりを得た。これにより外径 50 ± 4 nm、内径約30nm、シェル厚約10nm のカプセル形成が確認できた。一方、中空シリカマイクロカプセルへの5CB の外部からの注入法の検討では、平均外径 $8 \mu\text{m}$ 及び $12 \mu\text{m}$ のシリカマイクロカプセル (それぞれ細孔径1.53nm 及び9.23nm、空孔率42%及び58%) について減圧下、5CB の液体温度で

5CB を注入する手法を検討した結果、体積充填率がそれぞれ8%及び13%を得た。示差走査熱量計 (DSC) 測定では、結晶-N 相転移温度 (融点) はバルクの相転移の低温側にもう一つの相転移が存在することが判った。ナノ空間シリカ微粒子内の5CB の相転移を考える上で重要な知見を得た。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 液晶、ナノ空間、省エネ家電技術

【研究題目】 積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性向上因子の抽出と高機能化に関する包括的研究

【研究代表者】 田中 孝治

(ユビキタスエネルギー研究部門)

【研究担当者】 田中 孝治、竹下 博之 (関西大学)、

宮村 弘 (滋賀県立大学)

(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

研究目的：

水素エネルギーはクリーンエネルギーの代表候補の一つであるが、実用化には、水素吸蔵合金の水素貯蔵量や水素吸蔵・放出温度の低下、反応速度の向上が不可欠である。繰り返し圧延によって作製された積層型水素吸蔵合金は、水素吸蔵・放出温度の低下や反応速度の向上を示す等、優れた特性を持つ。本研究では、積層型水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出のメカニズムを解明し、どのような材料組織学的因子が水素吸蔵・放出温度の低下、反応速度向上に貢献するかを明らかにし、優れた特性を持つ材料開発の設計指針に資することを目的とする。

研究計画：

水素吸蔵・放出を途中で中断し、光学顕微鏡、SEM、TEM を駆使してマルチスケールで各過程における組織変化調べ、水素吸蔵のメカニズムを詳細に解析し、優れた水素吸蔵・放出特性を得るための材料組織学的因子を抽出し、材料設計指針を得る。

年度進捗状況：

圧延組織の微細さ (純 Mg と純 Cu の層の厚さ) の異なる3種類 (Fine、Medium、Coarse) の Mg/Cu 超積層体 (Mg:Cu=2:1) を作製し、試料の水素吸蔵・放出特性、構成相、微細組織を調べた。理想的な水素化過程では、純 Mg と純 Cu が反応して Mg_2Cu になり、その Mg_2Cu が水素化して $1.5\text{MgH}_2 + 0.5\text{MgCu}_2$ の混合物となると考えられている。しかしながら、初期構造の微細さの違いにより、 Mg_2Cu の水素化と Mg の水素化のどちらが支配的か変化し、それに応じて吸蔵量、水素吸蔵・放出特性も異なることが明らかになった。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 積層型、水素吸蔵合金、水素吸蔵・放出特性、向上因子

〔研究題目〕起爆感度制御を目指したペンスリット爆薬の衝撃起爆機構の解明と起爆感度因子の特定

〔研究代表者〕若林 邦彦（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕若林 邦彦（常勤職員1名）

〔研究内容〕

高エネルギー物質の衝撃起爆機構を分子論的な立場から明らかにすることを目的とした一連の研究を実施しています。今年度はペンスリット単結晶爆薬の衝撃圧縮状態の精密測定を行い、粒子速度の測定結果からインピーダンスマッチング法によって導出された真の粒子速度とレーザー速度干渉計によって導出された見かけの粒子速度の関係式を明らかにしました。この式を用いることによって、衝撃圧縮による屈折率の変化を考慮した10万気圧までの衝撃圧の精密測定が可能となりました。また、ラマン分光実験装置の光学系の改良を進め、レーザー誘起衝撃圧縮下における微小なペンスリット単結晶のラマンスペクトルをパルス幅6ナノ秒の単発励起光照射によって測定することが可能となりました。この装置を用い、ピーク圧5.4万気圧の衝撃波がペンスリット単結晶内部を[110]軸方向に伝搬する過程をナノ秒時間分解型ラマン分光法で測定しました。その結果、ラマンスペクトルのシフト量やピーク強度、スペクトル線幅の変化に衝撃圧力依存性があることを見出しました。同じ衝撃圧力で圧縮した場合であっても、振動モードによってスペクトルの変化は異なっており、特にニトロ基が関与する振動モード（873、1293 cm^{-1} ）は他の振動モードと比較して衝撃圧に敏感に応答することが明らかとなりました。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕高エネルギー物質、レーザー誘起衝撃波、衝撃起爆機構、ラマン分光、ペンスリット爆薬

〔研究題目〕重金属複合毒性予測モデルの構築及び生態影響評価手法の開発

〔研究代表者〕加茂 将史（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕加茂 将史（常勤職員1名）

〔研究内容〕

金属の複合暴露が予測可能な生物リガンドモデルを構築した。毒性試験を行い、モデルの予測能力の検証を行った。

藻類を用いて、銅、亜鉛、カドミウムに対する増殖抑制試験を各金属で個別に行い、増殖率を半減させる半数影響濃度（EC50）を各金属で推定した。次に、金属2種の複合暴露試験を行った。Toxic Unit が1となるように金属の濃度を調整したので、どの組み合わせにおいても増殖率の減少率は50%になると期待される。結果は、いずれの金属の組み合わせにおいても増殖率は50%を上回った。つまり、藻類の場合、金属の複合暴露は互いの毒性を弱める拮抗作用があることがわかった。次に、単独

暴露試験で得られた結果を再現するよう生物リガンドモデルのパラメータを推定した。このパラメータを複合毒性予測モデルに組み込み、増殖率の予測を行った。金属いずれの組においても、互いに毒性を弱め合う拮抗作用が予測され、定性的には毒性試験の結果が再現できた。今後は、予測の定量性の確認を行う。

オオミジンコを用いて、銅と亜鉛の毒性試験を行った。金属濃度と死亡率の関係を各金属で推定し、半数致死濃度を推定した。藻類同様、TU が1になるよう金属の濃度を調整し、複合暴露試験を行ったところ死亡率が高まる相乗作用が観察された。先行研究から求めたパラメータを用いて毒性予測を行ったところ、モデルは試験結果を再現できなかった。理由については現在調査中である。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕生物リガンドモデル、金属、複合毒性、生態リスク評価

〔研究題目〕吸脱着特性の把握と流体モデルに基づく防虫剤への曝露量評価とリスク評価

〔研究代表者〕篠原 直秀（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕篠原 直秀、落合 聖史
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

目標：

チャンバー法による吸脱着特性の把握及び流体（CFD）モデル計算により、防虫剤使用後の衣服の着衣時の曝露量を明らかにする。また、対策についての評価も行う。

研究進捗状況：

衣類を設置したチャンバーの中に一定濃度・一定流量の p-ジクロロベンゼンを導入し、チャンバー出口側で排出される空気を一定時間ごとに Tenax チューブで捕集した。一定時間経過後、同流量の純空気をチャンバー内へ導入し、上記と同様に一定時間ごとの捕集を行った。サンプリングを行ったチューブは TD-GC/MS で分析し、p-DCB の定量を行った。結果を5種の吸脱着理論式にフィッティングさせ、吸着速度定数 k_a や脱着速度定数 k_d を求め、その両者から吸脱着平衡定数 K_{eq} を得た。 K_{eq} は、チャンバーブランクで0.066であったのに対し、綿製の t-シャツやスウェットでは2.6~10となった。

衣服を防虫剤入り衣装ケースから出してすぐに着衣し、12時間過ごした場合の吸入曝露量を吸脱着試験結果から想定した放散量を用いて CFD 解析で求めたところ、厚生労働省の室内濃度指針値を大きく上回る曝露になる可能性が示唆された。また、24時間以上室内で養生すれば、着衣時の曝露量は劇的に軽減し、問題はなくなることも分かった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕防虫剤、吸脱着、チャンバー、着衣時の曝露、流体モデル

〔研究題目〕 亜鉛等重金属の存在形態を考慮した生態リスク評価手法の開発と適用に関する研究

〔研究代表者〕 内藤 航 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 内藤 航 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、地域特異的な水質要因（例えば硬度、懸濁物濃度、pH）の違いを考慮して、亜鉛等重金属類の水生生物へのリスクを定量的に評価する技術の開発と現実的なリスク管理のあり方を提案することである。平成23年度は、亜鉛等重金属の汚染レベルが比較的高い地域と下水処理施設周辺河川を対象として、硬度や有機物濃度等の水質要因の異なる複数の地点（休廃止鉱山周辺と都市河川）において環境水のサンプリングをして、重金属類の濃度（生物利用可能量含む）と様々な水質項目の測定を行った。生物利用可能量の把握には、特殊な膜を通過できる形態の金属のみを測定する薄膜拡散勾配（DGT:diffusive gradient in thin films）法を用いた。さらに、金属化学平衡モデル（WHAM：Windermere Humic Aqueous Model）を用いて各水域の存在形態（化学種）の計算を行い、DGTによる測定の結果と比較検証を行った。水生生物への影響が懸念される亜鉛、銅、ニッケル、鉛を対象とした測定の結果、金属ごと、地点ごとに生物利用可能量に違いが見られた。WHAMにより推定した生物利用可能量とDGTによる測定を比較すると、亜鉛とニッケルはほぼ同様の傾向を示したが、銅や鉛はWHAMの方がDGTよりも、生物利用可能な割合を大きく推定した。その傾向は都市域の河川において顕著に見られた。これは、各金属と有機錯体を形成する有機物の種類とその錯体生成能の違いに起因していると考えられた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 生態リスク評価・管理、重金属、生物利用可能量、存在形態、薄膜拡散勾配法、DGT、化学平衡モデル、WHAM

〔研究題目〕 天然鉱山と都市鉱山の利用可能性に関する統合的評価手法の開発

〔研究代表者〕 畑山 博樹 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 畑山 博樹、田原 聖隆
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

金属は非再生資源であるため、天然資源量はその持続性の目安とされてきた。しかし、使用済み製品からの金属のリサイクルが進んでいる現在では、鉱山が有する天然資源の量だけでなく、各種製品の形で社会に蓄積している金属（都市鉱山）のリサイクルポテンシャルも考慮した利用可能性の評価が必要である。これら2つの鉱山が有する資源ポテンシャルから金属資源の利用可能性を総合的に評価する手法の開発が本研究の目的である。

本研究ではまず、金属資源利用の持続性に対する都市鉱山の寄与を示す新指標を提案した。この指標では、社会における金属の蓄積量やリサイクル率、天然鉱山に対する都市鉱山の相対的な規模などが考慮されており、天然鉱山の可採年数と統合することで、金属資源の利用可能性を総合的に示すことができると考えられる。ただし、指標の意義をより明確にするため、引き続いての検討が必要である。

また、新指標の算出に必要なデータの収集及び推計を進めた。天然鉱山に関しては、アメリカ地質調査所の発表データから各金属の可採埋蔵量および確認埋蔵量を時系列で整理した。都市鉱山に関しては、既往文献等を活用した推計によって10種程度の金属についてマテリアルフローを把握し、蓄積量や廃棄量、リサイクル率を確認した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属、持続可能性、埋蔵量、可採年数、都市鉱山、リサイクル、統合化指標

〔研究題目〕 リレーショナル化学災害データベース

〔研究代表者〕 和田 有司 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕 和田 有司、若倉 正英、和田 祐典、
中島 農夫男、松倉 邦夫、伊藤 俊介、
阿部 祥子、杉本 まき子
(常勤職員1名、他7名)

〔研究内容〕

「リレーショナル化学災害データベース」は、継続的に化学関連災害を収集し、公開することを目的としているデータベースで、化学災害に関連した物質の危険性データへのリンクや文字情報以外のプロセスフロー図、装置図、化学反応式などの付帯情報（画像情報）へのリンクを持ち、利用者が利用しやすいように最終事象、装置、工程、推定原因、被害事象を専門家によって階層化されたキーワードで分類し、教訓を持つことを特徴としている。また、一部の事例には産総研で開発した事故分析手法 PFA によって事故を分析した結果である事故進展フロー図がリンクされ、利用者がより簡便に深く事故を理解できるように工夫されている。

本研究では、化学災害事例の収集、分析を行い、事故の概要文を作成した約200件の事例について、関連化学物質の抽出作業および各キーワードによる分類作業を行いながらデータベースへの登録、公開を行った。また、事故分析手法 PFA の結果である事故進展フロー図約20件を Web で公開するフォーマットに整える作業を行い、データベースに登録、公開を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リレーショナル化学災害データベース (RISCAD)、事故分析手法 PFA、事故進展フロー図、教訓

〔研究題目〕 太陽電池産業におけるグローバルサプライチェーンの最適化に関する研究

〔研究代表者〕 河尻 耕太郎（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 河尻 耕太郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、経済と環境の両側面において、太陽電池産業の最適なサプライチェーンと最適化するための施策について、グローバルな観点から定量的に検討することを目的とする。ライフサイクル思考に基づいて、太陽電池のサプライチェーン全体で生じるコストと CO₂排出量を評価する。また、炭素税や炭素関税等の政策による、サプライチェーン構造の変化と、サプライチェーン全体で生じるコストと CO₂排出量の削減量について定量的に評価する。最終的に、太陽電池のサプライチェーン全体で低コスト化、低炭素化を促進する政策の在り方について提言する。

平成23年度は、太陽電池のコストとインベントリデータの収集と、分析用プログラムの開発を行った。データについては、業者に委託するとともに、自ら調査を行い、収集した。分析用プログラムについては、ライフサイクル全体の CO₂排出量、あるいはコストが最小となるような各ステージの国の組み合わせを最適化するネットワーク最適化プログラムを完成させた。本ネットワーク最適化プログラムにより、多結晶シリコン太陽電池1kWを20年使用すると想定した場合、ライフサイクル全体で最大約29トンの CO₂排出量が削減でき、CO₂ペイバックタイムが約半年になることが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 太陽電池、サプライチェーン、ライフサイクルアセスメント、最適化、CO₂、低コスト、炭素税

〔研究題目〕 暑熱環境におけるエネルギーの消費による人間健康の改善効果の評価に関する研究

〔研究代表者〕 玄地 裕（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 玄地 裕、井原 智彦
（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

本研究では、暑熱環境に対する適応策の利用に伴うエネルギー消費増大と人間健康影響削減のトレード・オフ関係に着目する。適応策のエネルギー消費量と適応策による環境温度の緩和効果を評価し、一方で、環境温度と熱中症や睡眠障害など健康被害との関係解析、健康被害の影響の定量化をおこなうことで、エネルギー消費量と健康影響のトレード・オフ関係を定量化する。さらに、緩和策のエネルギー消費量と健康影響削減効果も評価し、エネルギー消費・健康影響両面から見て望ましい適応策・緩和策の導入設計に関する指針を示す。

平成23年度においては、健康被害を定量化する際に重

要な睡眠障害、疲労、熱中症の重篤度を、内科医、および睡眠、疲労、精神科、熱中症の専門医に実施したインタビュー結果を基に整備した。その結果、睡眠障害については、環境性、ピッツバーグ睡眠質問票の閾値に基づく重篤度が得られ、その範囲は0.069～0.101の範囲であった。同様に、疲労については短期、慢性、レベルⅠ～Ⅲの別で重篤度が得られ、その範囲は0.050～0.459であった。また、熱中症の重篤度は重症度Ⅰ～Ⅲで0.01～0.05の範囲であった。さらに、東京23区の住民を対象として30代～60代男性に疲労、睡眠と空調利用に関するアンケート調査を実施した。その結果、夏季エアコン利用は睡眠の質をよくするが設定温度の影響も大きいこと、並びに普段からエアコン利用に積極的な回答者は外気温上昇に伴い疲労蓄積が起こるという結果は統計的に有意であることが明らかになった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 エネルギー、ヒートアイランド、健康影響、適応策、重篤度

〔研究題目〕 東南アジアにおけるバイオ燃料生産による温室効果ガス排出量の削減可能性

〔研究代表者〕 定道 有頂（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 定道 有頂（他1名）

〔研究内容〕

エネルギーブランディングによるバイオ燃料の生産は、国内での新産業を創出し、地球温暖化の主因である温室効果ガス（GHG）排出量を削減につながるとして、特に東南アジア諸国では重要なエネルギー政策の1つとなっている。しかしながら、近年、食糧との競合、土地利用変化に伴う GHG 排出量の影響、生物多様性への影響等の様々な問題が提起されている。本研究では、こうした影響を最小限にしつつ、今後のバイオ燃料の生産可能性とそれに伴う GHG 排出削減ポテンシャルを予測することにより、長期的なエネルギー政策構築を支援することを目的としている。

平成23年度においては、東南アジア諸国の中ではバイオ燃料の生産が最も多いタイを対象として文献およびヒアリング調査によりデータ収集を行い、エネルギー・物質等の GHG 排出量原単位データベースと主なエネルギー作物4種類（サトウキビ、キャッサバ、ジャトロファ、アカシア）のインベントリ・データベースを作成した。また、土地利用状態と気温・雨量データを用いて、作物の収量を予測するツールを地理情報システム上に作成し、これに前述のデータベースを組み合わせることにより、バイオ燃料生産可能性と GHG 削減ポテンシャルを算出できるフレームワークを作成した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 バイオマスエネルギー、東南アジア、温室効果ガス（GHG）排出量、ライフサイクルインベントリ分析（LCI）、削減

ポテンシャル

〔研究題目〕メソポーラス材料を利用した酵素固定化法の最適化

〔研究代表者〕片岡 祥（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕片岡 祥（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本年度は、細孔を拡大したメソポーラス材料を使用して、固定化したラッカーゼによる酵素反応を行った。これまで酵素固定化の対象としたメソポーラス材料（SBA-16）は8nm以下の細孔径を持つため、細孔径より大きな酵素が固定化に利用できないという問題があった。そこで、10nm以上の細孔径を持つメソポーラス材料の作製を行った。鋳型剤としてポリスチレン-ポリビニルピリジンのブロックコポリマーを用いて、メソポーラスシリカを作製した。電子顕微鏡観察により、作製したメソポーラスシリカは、約19nmの細孔径を持ち、3次的に繋がったキュービク構造を取ることが分かった。

作製したメソポーラスシリカに固定化する酵素としてラッカーゼを選択した。メソポーラスシリカ表面を3-アミノプロピルトリエトキシシランで修飾し、グルタルアルデヒドを用いてラッカーゼを固定化した。固定化したラッカーゼの活性を評価するため、ABTS（2,2'-アジノビス（3-エチルベンゾチアゾリン-6-スルホン酸））の酸化を水溶液中で行ったところ、高い酵素活性を維持することが分かった。一方、有機溶媒中でのジメトキシフェノールの酸化反応を行ったところ、固定化していないラッカーゼが短時間で活性を失うのに対して、メソポーラスシリカに固定化したラッカーゼは、活性を長時間維持することが分かった。以上の結果から、メソポーラスシリカの細孔径や表面性情を改善することで、酵素の固定化量を増大させ、酵素活性を長時間維持することができた。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕反応・分離工学、酵素、メソポーラス材料

〔研究題目〕バイオプロセスを適用したリグニン誘導ケミカルからの有用物質生産

〔研究代表者〕羽部 浩（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕羽部 浩（常勤職員1名）

〔研究内容〕

木材パルプ製造の8割を占めるクラフトパルプの製造過程で副生する有機性廃液「黒液」は、燃焼されバイオエネルギーとして利用されているが、パルプ製造時に必要なエネルギー量よりも多いため、余剰黒液の有効利用法の開発が求められている。そこで本研究では、微生物が持つ有機硫黄化合物の代謝能を上手く活用し、余剰バイオマスと考えられる黒液中の主成分であるジメチルス

ルフィド等から有用物質（含硫アミノ酸）を生産することでバイオマス有効利用技術の開発および新規バイオリファイナリー技術の構築を目的とする。黒液中には、糖やリグニン由来の芳香族、有機硫黄化合物等が含まれるが、そのうちジメチルスルフィド（DMS）は、1950年代に濃縮黒液から工業生産が行われたほど含有量が高い。黒液中の芳香族化合物や糖などを微生物増殖のための炭素源とし、同じく黒液の主要成分であるDMSを硫黄源として、細菌が有する硫黄代謝に関与する酵素遺伝子群（硫酸飢餓応答遺伝子と呼ばれる1種のストレス応答遺伝子群）を効率よく発現させることにより、効率的な「廃棄物系バイオマスを原料とした含硫アミノ酸の生産」を行うことを目的とした。平成23年度は、昨年度シェードモナス・プチダのメチオニン生合成系を強化するため、遺伝子破壊技術を用いて作製した、システイン合成の主流代謝酵素遺伝子である *cysK*、トレオニン生合成の *thrB* 破壊株および二重破壊株について、詳細な characterization を行った。また昨年度に引き続き、薬剤によるランダム変異により *metK* 遺伝子内に変異を導入し、フィードバック阻害が弱まった変異株を取得した。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕廃棄物処理、有機硫黄化合物、バイオプロセス

〔研究題目〕パラジウム膜を用いて達成しうる最大水素透過流束の評価

〔研究代表者〕原 重樹（環境化学技術研究部門）

〔研究担当者〕原 重樹、Alessio CARAVELLA（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

パラジウム（Pd）膜は高分子膜や無機膜に比して高い水素選択性および透過性能を有していることから燃料電池に必要な水素の精製への利用が期待されている。Pd膜の水素透過流束は膜厚に反比例して増大するが、そのうちに水素分子の吸着・脱離といった表面過程の影響が顕著となって透過流束は限界に達すると考えられている。しかしその実験的根拠は十分でない。そこで本研究は有効表面積を小さくすることで表面律速の状況を作り出し、Pd膜で得られる水素透過流束の上限を実験的に評価することを目的としている。有効表面積を小さくするためにPd膜表面にリソグラフィーの技術を活用して銅（Cu）のマスクを形成することを特長としている。23年度は主としてそのための準備に当てられた。

まずPd箔を水素透過特性評価用セルに取付け、513～773Kの範囲で水素透過特性を評価した。膜の両側（便宜上、片側を供給側、他方を透過側と呼ぶ）に純水素を導入し、セルの透過側から排出される水素の流量と透過側に導入した水素流量の差から膜の水素透過速度を評価した。透過側の圧力は120、500および900kPaの3

つの圧力とし、それぞれについて供給側の水素圧を0～980kPaに変化させた。一連の実験においてPd膜は崩壊することなく今後の水素透過特性評価のための実験条件を明らかにすることができた。

さらにリソグラフィーに必要なマスクを設計し試作した。マスクのパターン、繰り返しピッチ、パターンの精細さなど、マスク作製における種々の限界を考慮して6つのマスクを試作した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】水素、パラジウム、分離膜、燃料電池

【研究題目】遷移金属内包ケイ素ケージ物質群の合成

【研究代表者】島田 茂（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】島田 茂、五十嵐 正安

（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

遷移金属を内包するケージ型ケイ素クラスターは、次世代ナノ電子デバイスの材料として期待を集めている。理論分野を中心に研究が進んできたが、最近物理化学的手法による合成法が開発され、極薄膜半導体として優れた物性を示す例も報告され始めている。しかし、これまでの合成法は極微量の物質にしか対応できず、また、均質な構造の構築が困難であるなど多くの問題点・限界を抱えている。本研究は、プリカーサー分子を用いる合成化学的手法により、遷移金属を内包するケージ型ケイ素クラスターを選択的に且つ多量に合成する手法の開発を目指すものである。

平成23年度は、ケイ素クラスターの原料として用いる環状ケイ素化合物の合成法、精製法および保存法の検討を行った。既知の5員環ケイ素化合物に関して種々検討したところ、合成反応後に蒸留精製し、ベンゼンやヘキサン溶液とし遮光保存することにより長期保存が可能であることを見出した。また、6員環ケイ素化合物では、塩基を別途加える合成法により既知の方法より収率が大きく改善することを見出した。6員環ケイ素化合物に関しても、5員環ケイ素化合物と同様の精製・保存法が適用可能であった。次に、上記環状ケイ素化合物と遷移金属錯体とを反応させることにより、プリカーサー分子の合成検討を開始した。5員環ケイ素化合物と有機配位子を有する鉄錯体との反応では、反応が進行し不溶性の生成物が得られた。用いた5員環ケイ素化合物が多数の反応点を持つことから、ケイ素骨格と鉄からなるオリゴマーもしくはポリマーが生成したものと考えられる。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】クラスター、ケイ素、錯体

【研究題目】リサイクル可能な新規均一系金属錯体触媒の開発

【研究代表者】藤田 賢一（環境化学技術研究部門）

【研究担当者】藤田 賢一、井上 賢亮

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

これまでに、 dendritic コア部に酸化オスミウムを固定化することにより、ジヒドロキシル化反応が均一系で円滑に進行し、さらに再沈殿により触媒の回収も可能であることを明らかにした。本研究では、コア部中心に三級窒素を有する支持体を基に dendritic 固定化酸化オスミウム触媒を合成し、これを用いてオレフィンのジヒドロキシル化反応を行い、新規固定化触媒の有効性を検証した。

含水アセトニトリル中で新規 dendritic 固定化酸化オスミウム触媒を1mol%用い、オレフィンのジヒドロキシル化反応を行ったところ、良好な触媒活性を示し円滑に反応が進行した。反応終了後、反応液を濃縮して水に滴下し、再沈殿により触媒を回収して繰り返し反応を行った。その結果、9回目の反応でも良好な収率でジオール体を得ることができた。また、コア部中心に三級窒素を持たない触媒を用いた場合よりも、ジヒドロキシル化反応におけるオスミウムの溶出が抑えられた。

さらに新規 dendritic 固定化酸化オスミウム触媒と不斉配位子として (DHQ) 2PHAL を1mol%用い、オレフィンの不斉ジヒドロキシル化反応を行ったところ、良好な化学収率で付加体が得られた。反応終了後、反応溶液を濃縮して水に滴下し、再沈殿により触媒と不斉配位子を回収し、再度反応を行ったところ、5回目の反応でも円滑に進行することが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】触媒、酸化オスミウム、リサイクル

【研究題目】アロステリック電気化学アプタザイムに基づく高感度遺伝子センサ

【研究代表者】青木 寛（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】青木 寛（常勤職員1名）

【研究内容】

従来の遺伝子検出法では、測定対象である遺伝子 (DNA, mRNA) に蛍光標識して検出するため、煩雑で時間の掛かる点が課題だった。これを克服するため、迅速で簡便な電気化学遺伝子センサとして、測定系に何ら手を加える必要なしに検出可能な、外部シグナル物質の結合により酵素活性が調節されるアロステリック酵素の概念に基づいた、新規遺伝子プローブの開発を目指した。アプタマーにより構成された酸化還元酵素 (アプタザイム) に基づき、多電子反応を利用した高感度検出を目的とした。

本研究では、ヘミンを分子認識するアプタマー部位を電気化学活性部位として、かつイミダゾール基を阻害因子として、それぞれ両端に取り付けたプローブを考案した。プローブ合成に先立ち、ヘミンアプタマーとヘミンにより構成された部位のアプタザイムとしての可能性を検討した。

G-quartet 構造を有するアプタマー溶液にヘミンを添加したところ、ヘミンスペクトルの Soret 帯が顕著なピークを示したことから、G-quartet 構造はヘミンを内包することを見出した。またこのヘミン内包 G-quartet 溶液に酸化還元対である H_2O_2 およびその還元剤の ABTS を添加したところ、418nm の吸光度が上昇したことから、ヘミン内包 G-quartet が H_2O_2 と ABTS との酸化還元反応をメディエートすることが明らかになった。一方、イミダゾール基を有するヒスタミンを添加すると、吸光度の変化は小さかった。これらの結果から、ヘミン内包 G-quartet は H_2O_2 を酸化するアプタザイムとして働き、その働きはヒスタミンの添加により抑制されることが明らかとなった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】DNA、遺伝子、核酸塩基、センサ、電気化学分析

【研究題目】陸上植物活動における酸素、二酸化炭素交換比の精密観測と呼吸、光合成量の分離評価

【研究代表者】石戸谷 重之（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】石戸谷 重之（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、地球温暖化に対する森林生態系の応答を調べるため、森林内の大気中酸素 (O_2) 濃度と二酸化炭素 (CO_2) 濃度の観測から、陸上植物の呼吸、光合成量を分離して評価することを目指す。そのため O_2 濃度の高精度連続観測装置を開発し、岐阜県高山森林内大気の観測に応用する。またチャンバー法によって採取した空気を分析し、葉や土壌呼吸による呼吸、光合成活動に伴う O_2 : CO_2 交換比を明らかにする。H23年度は、 O_2 濃度高精度連続観測装置の無人運転化に向けた改良、土壌チャンバーおよび葉チャンバーを用いた O_2 : CO_2 交換比の観測、および O_2 濃度を用いた呼吸、光合成量分離評価理論の確立を行った。 O_2 センサーとして燃料電池を用いた連続観測装置は標準ガスの繰り返し分析において $\pm 1\text{ppm}$ の精度を実現しており、その除湿システムを、従来のエタノール寒剤による手法からスターリング式冷却機を用いた温度制御可能な冷却法に改良し、一定時間間隔で除湿トラップの流路を切り替えることでメンテナンスフリーでの連続運転を可能にした。また高山サイト現有の密閉法による土壌呼吸チャンバーと、新たに開発した通気法による葉チャンバーを用いた空気採取を行い、土壌呼吸および光合成活動に伴う O_2 : CO_2 交換比の観測を開始した。得られた O_2 : CO_2 交換比と、2006年から試験的に継続してきたフラスコサンプリングによる高山森林キャノピー内外大気観測の結果を解析し、純粋な光合成による O_2 : CO_2 交換比の値をカルビン回路と光化学反応から予測される1.00と仮定することで、高山サイト森林生態系の呼吸、光合成量の試験的な分離評価を

行った。得られた結果は過去の研究による報告値と整合的であり、 O_2 濃度を用いた森林生態系呼吸、光合成量分離評価の有効性が示唆された。H24年度より高山サイトにおいて O_2 濃度連続観測を開始し、高精度・長時間分解能での呼吸、光合成量の分離評価を目指す。

本装置での測定は相対測定法であるため、 O_2 濃度の基準となる標準ガスが必要となる。そのため O_2 濃度を調整した新たな O_2 濃度標準ガスを製造した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】物質循環、気候変動、大気中酸素濃度、大気中二酸化炭素濃度、陸上植物、呼吸、光合成

【研究題目】希少金属回収を目的とする廃小型電子機器の高度識別分離・選択粉碎システム

【研究代表者】古屋仲 茂樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】古屋仲 茂樹、山本 剛義
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

レーザー3次元解析法による識別分離法の検討では、レアメタル回収を目的とする新規処理ルートに供給すべき廃小型電子機器として、Ta コンデンサが多用されている2004年以前に設計された携帯電話を、既設の非鉄製錬ルートで処理すべきものとして、Ta コンデンサの使用量が激減した2005年以降に設計された携帯電話を取り上げ、ソーティングによるこれらの分離を検討した。廃携帯電話のサンプル数を200種以上（前年度比2倍）に拡大し、Ta コンデンサ多用携帯電話のソーティング分離試験を実施した。その結果、前年度までに作成した識別用アルゴリズムによって、データベースに未登録のサンプルについても70～80%の識別精度が得られること、識別に失敗したデータを抽出してニューラルネットワークを再学習させることによって、識別精度が90%以上に向上することを確認した。

選択粉碎技術の検討では、使用済みニッケル水素電池から Ni や Co 等のレアメタルを回収する新規プロセスの確立を目的として、正極構造が異なる2種類のニッケル水素電池の焼成物を対象に、粉碎及び磁力選別特性について検討した。その結果、発泡メタル式の正極構造からなるニッケル水素電池では、衝撃力を主体とする粉碎機を用いることで、Ni、Co と Fe の粉碎物間の選択粉碎効果が発現し、乾式分級によって Ni、Co と Fe の高効率な分離の可能性が示唆された。一方、焼結式の正極構造からなるニッケル水素電池では、Ni と Fe の粉碎物間の選択破碎性を拡大することは困難であった。しかし、焼成条件を調整することで正極板の磁性を変化させることが可能であり、弱い磁場雰囲気下を瞬時に通過させるなど磁力選別機時の操作条件を適正化することで、粒度の類似した Fe と Ni を分離回収できる可能性が示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】廃小型電子機器、リサイクル、レアメタル、粉碎、選別

【研究題目】希土類抽出剤プレドープ型樹脂を用いるクロマトグラフィーの構築と分離分子過程の解析

【研究代表者】田崎 友衣子（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】田崎 友衣子（常勤職員1名）

【研究内容】

希土類金属元素は、他の金属にはない特殊な機能を発揮するため、最先端産業において広く利用されている。近年、その用途と需要が拡大している中で、コスト面の理由から、使用済み製品からの希土類金属元素のリサイクルはほとんど行われず、希土類金属元素の供給は中国からの輸入に依存してきた。しかし、供給不安と価格高騰に直面している現在、希土類元素のリサイクルシステムの構築が課題である。本研究では、リサイクルプロセスにおいて、低環境負荷・高効率の分離・回収法の確立に貢献することを目指して、新規金属イオン吸着剤の開発に取り組んだ。

23年度は、ポリメタクリル酸メチル（PMMA）のエタノール/水混合溶液中における溶解と再構造化を利用して、モノリス型の抽出剤プレドープ型樹脂の合成を試みた。液体状の抽出剤をPMMAモノリスに担持させて金属吸着剤として利用するのは困難であったが、希土類元素の分離に有効な di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid (D2EHPA) が形成する配位高分子を、PMMA が溶解した溶液中で自己組織化することにより、あらかじめ D2EHPA 配位高分子を担持した PMMA の調整に成功した。PMMA と D2EHPA 配位高分子の複合化材料は金属吸着能があることを明らかにし、pH 制御により金属イオンの選択的吸脱着が可能であることを示した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】希土類元素、分離、吸着剤、配位高分子、複合化材料

【研究題目】海洋における真の密度測定

【研究代表者】鶴島 修夫（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】鶴島 修夫（常勤職員1名）

【研究内容】

海水の密度測定法について、昨年度までの検討により高精度な測定が可能となったため、この手法を用いて実サンプルの測定を進めた。これと並行して、より実用的な手法の可能性について検討を行った。手法の改善点として、常温で保存可能な容器について、検討を行った。現状で採用しているテフロンコーティングガラスバイアル瓶ではガラス質からのケイ素溶出のため、長期の常温保存が出来ないことが確認されたため、シリコン、ウレタンなどのコーティングについて検討を行った結果、い

ずれもテフロンコーティング以上のケイ素溶出抑制は確認できなかった。そこで、ガラス瓶をサルファー処理した後、テフロンコーティングを施したところ、テフロンコーティングのみの場合よりも若干ケイ素の溶出が抑制された。併せて、オートサンプラーの使用についても検討した。オートサンプラーは密度計のオプション機器のうち、空気圧でサンプルを送り込むタイプのものを使用した。その結果、良好な状態では、ほぼマニュアル測定と同程度の精度で測定が行えることが確認できた。しかしながら、長期の使用中には不安定な結果も得られており、その使用については常に最高の状態を保ち、かつ標準試料測定の頻度を増やして機器の状況をチェックするなどの注意が必要なが示唆された。船上測定についても再度検討したところ、船の動揺によって明らかに値が変動することが確認された。したがって、船上の測定については相当の振動対策が必要と思われ、高精度測定が必要な場合には推奨出来ない。西部北太平洋における観測を行い、亜寒帯域から亜熱帯域を横切る南北断面について、密度の測定サンプルを採取し、測定を行った。結果として、塩分と水温から計算される密度と実測密度の差はほぼ-5~+25ppm 以内であり、表層ではマイナス（実測密度の方が小さい）であり、水深の増加に伴いプラスに転じ、増加する傾向であることが示された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】海水、密度、海洋、塩分

【研究題目】バクテリア氷核タンパク質と昆虫不凍タンパク質の類似性および相違性の計算科学研究

【研究代表者】灘 浩樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】灘 浩樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、寒冷圏生物の持つ水の結晶化を制御する特殊なタンパク質に注目し、タンパク質構造と発現する結晶化制御機能との関係を明らかにすることにより、それらタンパク質機能をヒントとした省エネルギー効率の高い冷凍技術や有機分子機能を利用した環境負荷物質の分離・回収技術など新しい環境・エネルギー技術の創成へつなげるためのシーズ発掘を目的とする。本研究では、氷の核生成を著しく促進させるバクテリア氷核タンパク質および氷の結晶成長を著しく抑制する不凍タンパク質を主な研究の対象とする。これら二つのタンパク質はアミノ酸配列の特徴が類似しているものの、発現する機能は正反対である。研究手法として、氷の結晶成長実験と分子動力学法などによる計算機シミュレーションを用いる。

本年度は、これまでに実施した計算機シミュレーション研究の結果および実験研究の結果を総合し、バクテリア氷核タンパク質と昆虫不凍タンパク質の類似性と相違性を検討した。類似点として、どちらのタンパク質も氷

に強く結合する性質を持つことがわかった。相違点として、両方のタンパク質で吸着する氷結晶面が互いに異なるため、氷に接触する部分のタンパク質構造も異なるものと考察された。以上の研究結果より、タンパク質が発現する機能が氷核であるか不凍であるかを分けるものは、タンパク質のサイズだけでなく構造にもあると結論付けた。これらタンパク質の構造と発現する機能との関係についての知見は、分子機能による結晶化制御やそれを利用した物質の分離・回収技術を生み出すヒントにつながるものと期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】氷核タンパク質、不凍タンパク質、結晶成長

【研究題目】分子制御による融合マテリアル形成の計算科学シミュレーション

【研究代表者】灘 浩樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】灘 浩樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、バイオミネラリゼーションに倣いそれを超える省エネルギー・省資源・低環境負荷材料「融合マテリアル」研究の理論的基盤を構築するために、有機分子の無機結晶成長制御に焦点を当てた計算科学研究を実施する。

タンパク質やペプチド、ポリマーなどの有機分子は無機結晶の成長を巧みに制御する機能を有しており、その機能は歯や骨、貝殻真珠層の形成に代表されるように、材料としても極めて優れた有機/無機複合体（バイオミネラル）を生み出す源となっている。このような生物による材料合成のしくみを人類が自在に応用することができれば、自然と調和して永続的に発展可能な材料調和社会の実現へ大きく前進すると思われる。本研究では、バイオミネラル形成の一連の過程における初期過程「有機分子による無機結晶の成長制御」に焦点を当て、制御有機分子の構造および成長制御機構の解明に絞込んだ計算科学シミュレーション研究を実施する。

本年度は、バイオミネラリゼーションにおいて代表的な無機結晶である炭酸カルシウムカルサイト表面へのアスパラギン酸吸着ダイナミクスを分子動力学シミュレーションにより解析した。また、炭酸カルシウム結晶核生成前駆体アモルファス構造のシミュレーション研究も開始した。さらに、ハイパーアクティブ不凍タンパク質による結晶成長制御機構のシミュレーション解析を実施し、融合マテリアル構造制御法および制御分子設計デザインヒントを得た。今後、結晶材料の分子制御技術に関係したシミュレーションと実験との共同研究も行っていく計画である。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】結晶成長、バイオミネラリゼーション、計算科学、機能性分子

【研究題目】高効率メカノケミカルプロセスによる高密度性 DLC 皮膜の迅速創製

【研究代表者】林 直人（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】林 直人（常勤職員1名）

【研究内容】

DLC 皮膜はその特性から応用範囲が急速に拡大しているが、プラズマ CVD 法など高エネルギー・高コストプロセスにより作成されてきた。研究代表者は常温・常圧条件下で活性反応場を提供できるメカノケミカル法に着目し、機械振動加速されたボールの繰り返し衝突によってメカノケミカル効果を高効率に発現させる新規プロセス（ボールインパクト法）を開発し、DLC 皮膜の形成を試みた。またプロセス条件の最適化のために、離散要素法に基づくシミュレーションモデルの開発を行った。まずは作製した実験装置を用い、成膜が難しいヒドロキシアパタイト粒子皮膜の形成に成功した。皮膜断面を観察したところ、皮膜と基板の界面で基板金属の塑性流動による機械的混合が確認され、これにより皮膜-基板間の密着性が向上することが分かった。次にシミュレーションにより、ボールインパクトを大きくするには、直径1mm 程度の小さなボールを数%の充填率で入れることが効率的であることを突き止めた。そこでこの条件を用い、メタン雰囲気下において実際に DLC 皮膜の形成を試みたが、主として実験装置の運転負荷上の制限により、今回行った実験範囲では DLC 合成を確認できなかった。しかし更に行ったシミュレーションにより、振動振幅と周波数を大きくすることで最大接触応力を3倍以上に増やす条件を導くことができた。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】ボールインパクト法、メカノケミカル効果、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）、離散要素法

【研究題目】温室効果気体の発生・吸収源の高精度分離評価を目指した同位体連続観測手法の開発

【研究代表者】村山 昌平（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、石戸谷重之
気象研究所：松枝 秀和、澤 庸介、坪井 一寛（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

本研究では、観測現場で無人連続測定が可能なレーザー光源を用いた赤外吸収法による高精度 CO₂同位体連続観測手法の開発を目標とする。今年度は、装置を製作し、その性能試験を行い、装置の改良を進めた。昨年度の試験結果に基づいて決定した、同位体比測定のために適した各同位体の吸収線波長の中赤外光を射出できる DFB レーザの製作をメーカーに依頼した。レーザー光の波長を高精度に制御できるように、駆動電源及び発振部温度を高精度に制御できるモジュールを製作した。光源光量の変

動をモニタできる機構を装備し、光源—光学セル間の空間での光量の変動を抑えるために、空間部を真空にできる構造に改造した。さらにセル内に導入される試料流量やセル内圧力を厳密に制御できる機構を装備した。CO₂の吸収線強度が強いことを考慮して、近赤外レーザを利用した市販の同位体連続測定装置が採用しているキャビティリングダウン方式は採用せず、構造が単純な多重反射吸収方式を採用した光学セルとした。製作されたDFBレーザは、開発途上のものであり、レーザ光の波長を高速で切り替えようとする、発振素子が故障してしまう問題が生じた。このため、低速で波長を変更して性能試験を行った。大気レベル濃度の通常のCO₂の標準ガスと¹³CO₂の割合が高い標準ガスを光学セルに導入して、減衰光の強度を測定し、各同位体の吸収線スペクトルを得ることができた。また、HITRANデータベースと比較することにより、同位体の吸収線を同定することができた。得られた結果より、同位体測定のために適した構成の装置を製作できたことが確認できたが、現場における高精度連続観測のためには、波長を高速に変更しても問題を生じない構造に改良されたDFBレーザを入手し、高感度測定のためにさらに光学セル内圧力を最適化すること等が、必要であることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】安定同位体比、連続測定、レーザ分光、炭素循環

【研究題目】複雑地形地におけるフラックス観測の代
表性と広域化に関する研究

【研究代表者】近藤 裕昭（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】近藤 裕昭、村山 昌平、武藤 勝彦
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

① 森林端付近に生じる流れ場の解析

渦相関法によるフラックス測定は、水平方向の一様性を前提としているが、実際の測定地点には厳密にこの前提を満たす地点はそう多くない。水平方向に植生が草地から森林に変わる場合は水平一様性に反する最も単純なケースであるので、このような場合について産総研の温度成層風洞を用いた実験を中立条件で行った。

風洞実験では金網を用いてその配置を変え、LAIの差を表現した。金網は針金の径が0.7mm、メッシュ間隔が1/4インチのものを用いた。RUN1では高さ(=H)を10cmとし、これを10cm間隔で風洞内の測定部分(長さ20m、幅3m、高さ2m)の床面の2m×5mの範囲に並べ、RUN2では同じ範囲にH=20cm、間隔5cmとした金網を並べた。それぞれの金網キャノピーの抵抗係数からLAIを計算するとそれぞれRUN1では2.9、RUN2では6.7となった。実際に流速を測定するとRUN1では逆流は生じなかったが、

RUN2では逆流が生じた。また流が一様になるためには $x > 30H$ 必要であることがわかった。

② 2次元地形上でのフラックス測定

風洞内にトレーサ(エタン)を発生させ、その乱流フラックスを実際に渦相関法を用いて計測することを試みた。一辺が20cmの正方形の焼結多孔体を2次元の山形に組み、4つ流れ方向に並べて(長さ80cm)片方の斜面とし、上部(山頂)にも1枚の多孔体を置いた。山の高さは床面から20cmとした。幅は3枚分(60cm)とした。風洞風速は2m/sとした。まず後流側について、タンポポ風向計を用いて逆流域(剥離域)が生じていないことを確認した。渦相関法を用いてフラックス測定を実施したところ渦相関フラックスはそう大きくはないことが示された。斜面上でのフラックス測定について、床面に平行な座標系でデータを整理すると、上流側での床面方向へのフラックス量は通常と符号が逆となる。一方、斜面に沿う方向や平均風の方向に座標変換した結果は通常と同符号となり、また両者の差は小さいことがわかった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】物質循環、二酸化炭素フラックス、風洞実験、渦相関法、複雑地形

【研究題目】心臓組織におけるストレスホルモン様化学物質評価系の構築

【研究代表者】金 誠培（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】金 誠培（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では「ストレスホルモンプローブの開発と高輝度化、及び生物発光顕微鏡による時空間的な分解能の向上」を目的としており、新たな生物発光酵素を樹立し、ストレスホルモンプローブに適用することによって、プロローブの高輝度化・高感度化を図った。

そのために、深海発光プランクトン由来の生物発光酵素にポイント変異を導入することにより、従来酵素より10倍程度明るくて、発光安定性の優れた生物発光酵素を樹立できた(Kim et al. Anal. Chem., 2011, 83, 8732-8740)。また、このプランクトン由来の発光酵素を搭載した新規ストレスホルモン可視化プロローブを開発した。この新規可視化プロローブは、分子内構造を最適化したものであり、以前当該研究者が開発したストレスホルモンプローブに比べて約10倍程度検出感度を向上させた。この高感度性を用いて約15人の健康人の唾液からストレスホルモンを計測することに成功した。この結果をアメリカ化学会(ACS)のBioconjugate Chemistryに報告した(Kim et al. Bioconju. Chem., 2011, 22, 1835-1841)。

また、前記ストレスホルモンプローブの分子設計に関する研究から得た新しい知見を基に、分子設計手法に関する論文を発表した(Kim, Protein Eng. Design Sel.,

2012, 25, 1-9)。

この一連の研究から、ストレスホルモンを高感度で検出する材料、プローブ設計、手法に関する新たな研究成果を発信できた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】発光デバイス、分子イメージング、バイオアッセイ

【研究題目】西部北太平洋域における炭素同位体観測による黒色炭素粒子の発生源寄与・広域分布評価

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

長距離輸送される炭素系物質濃度が比較的高いと考えられる長崎県五島列島福江島、およびより広域的なアジア性気団の影響を反映すると考えられる小笠原父島において、2009年10月よりPM_{2.5}分級のエアロゾルを1週間の時間分解能で捕集し、2012年3月までのサンプルを収集した。黒色炭素（BC）中の¹⁴Cの分析については2010年5月のもので分析が進んだ時点で、東日本大震災により国立環境研究所の加速器質量分析器が破損し、研究期間内での復旧が困難となった。一方、BC中の $\delta^{13}\text{C}$ については、2010年1月～12月の一年分の分析が終了した。夏季には-26.0～-24.6‰とほぼ石炭燃焼と自動車排気ガスのフィンガープリントの中間に入ったものが多いが、春季あるいは冬季にはより重い、石炭源燃焼の影響を示す結果が得られた。また、秋季のサンプルで非常に重い炭素同位体比を示す結果となったものがあり、C4植物燃焼によるものか、あるいは炭酸塩によるコンタミネーションによるものかについて、検討を続けている。

さらに、大陸起源の気塊の輸送過程を調べるため、小笠原父島で実施している大気中ラドン濃度測定については、2010～2011年、および2011～2012年の冬季～春季データを良好に得ることができた。現在も継続中である小笠原のエアロゾルの $\delta^{13}\text{C}$ 測定の結果、および現在進行中の数値モデル解析と併せて、発生源地域・輸送経路の解明に寄与するものと期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、長距離輸送、放射性炭素、黒色炭素、化石燃料燃焼、バイオマス燃焼

【研究題目】健康影響が懸念されるPM_{2.5}粒子状物質のわが国風上域での動態把握

【研究代表者】兼保 直樹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】兼保 直樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は人体の健康に影響があると考えられるPM_{2.5}

粒子状物質や粒子状有機物（主にPAH）、重金属類を対象として、わが国の風上域で地上観測を行い、東アジア起源のエアロゾル我が国の都市域における大気汚染に対する影響の評価を目指している。本年度は、夏季の汚染状況を得るため、2011年8月に福岡、福江島、沖縄辺戸において集中観測を実施するとともに、周辺空域で行われた航空機観測に対応して2012年3月に同3地点で集中観測を実施した。

福岡では2010年3月よりハイボリューム、インパクトHVI_{2.5}を用いて日々のPM_{2.5}を年間採取しているが、その全量分析結果が2010年度分についてまとまった。年間を通じて、PM_{2.5}の最大寄与成分は硫酸塩（SO₄²⁻、NH₄⁺）および粒子状有機物であるが、日平均濃度40 $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ 以上の高濃度日のみでみると土壌粒子（黄砂）の寄与割合も高まっていた。

疫学研究班で使用される、国立環境研究所のMieライダーによる黄砂到来判定について地上観測結果からの検証を行った。長崎での非球形散乱係数と福岡でのPM_{2.5}中Al濃度の比較から、非球形散乱係数0.07km⁻¹を黄砂到来の指標とすることは妥当であることが確認できた。

PAHsのエイジングによりローカル汚染と長距離輸送を判別する試みを行った。ローカル汚染の寄与率（1-Nag/Fuk）と各種マーカーの関係では、Ant/Phe（R²=0.27）やPAH/アルカン（R²=0.24）では弱い相関が見られた。これより、1-Nag/Fukの値がローカル汚染の寄与率の指標になることが示唆された。レーザーイオン化マスマススペクトルメータによる2010年の冬季および春季のデータより、福江島における有害金属である鉛成分（Pb⁺）に注目して解析を行ったところ、冬季に鉛を含む質量スペクトル数の割合は約2.6%で、春季（4/13-4/29）に同様の観測を行った際の約2.4%とほぼ同様の値であった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】大気エアロゾル、PM_{2.5}、長距離輸送、PAH、重金属、黒色炭素

【研究題目】乾性沈着表面抵抗の定量法の開発

【研究代表者】忽那 周三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】忽那 周三、小池 和英、瀬戸口 修、陳 亮（常勤職員4名）

【研究内容】

大気質モデルで現在用いられている乾性沈着表面抵抗は、水への溶解性と水中の酸化力を指標としたスケーリング係数により評価され、大気成分の反応性や沈着表面の特性を十分に反映していない。本研究は、沈着表面抵抗のスケーリング係数の決定方法を提案して大気質モデルの改良に資することを目的とする。具体的には、アルデヒド類について、水、土壌成分等に対する沈着表面抵抗を室内実験で観察すると共に、関連物性データ等の観

察と水表面反応の理論計算を行い、沈着表面抵抗と関連物性データ等の相関を明らかにし、スケーリング係数決定方法を提案する。

23年度は、磁気浮遊天秤とミラー式露点計を用いて、粘土鉱物試料等に対する吸湿等温線を重量法により観察した。相対湿度が80%以上では吸湿量が急増し、試料粉末間への水の凝集が粉末表面と細孔への吸着以外に起きること、試料表面・細孔・間隙の水を区別した実験条件の設定と解析が必要であることがわかった。沈着表面抵抗を測定するためにストリッピング法実験装置を整備するとともに、新たに自動切換6方バルブとガスクロマトグラフからなる測定システムを導入した。また、二相フロー実験装置の気相成分観察用多重反射セルとフーリエ変換赤外分光光度計の光学系を再調整し、アセトアルデヒドの水への物質移動係数測定の高感度化を行った。一方、アルデヒド類の水和反応について、複数の水分子が触媒として働く水クラスター反応モデルを構築し、水和反応の活性化自由エネルギーの傾向を合理的に再現した。さらに構築したモデルを用いて、文献値がないアルデヒド類の水和反応速度を決定した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】沈着、アルデヒド、水和反応、吸着平衡定数、分配係数、物質移動係数、大気質モデル

【研究題目】グラファイト状窒化炭素の構造制御と光触媒性能の向上

【研究代表者】佐野 泰三（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】筒井 咲子（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

酸化チタン微粒子は空気浄化やセルフクリーニング機能を発揮する光触媒として幅広く研究されているが、屋内のような紫外光の少ない環境では光触媒作用が十分に得られない。本研究課題では、屋内に存在する可視光に応答する新しい光触媒として、グラファイト状窒化炭素 ($g-C_3N_4$) の高機能化を行った。アルカリ水溶液中で加熱することによりグラファイト状窒化炭素が微細化されて比表面積が増大する機構を解明するとともに、光触媒酸化の反応機構を解析した。

グラファイト状窒化炭素の微細化機構の解明では、 $g-C_3N_4$ の基本構造の推定と剥離による構造変化の解析を進めた。光触媒作用のある $g-C_3N_4$ は完全な窒化炭素 (C_3N_4) シートではなく、メレム ($C_6H_6N_{10}$) のユニットの3つのアミノ基の内の2つだけを利用して連結した一次元ポリマーを形成していた。水熱処理による $g-C_3N_4$ の構造変化を解析したところ、メレムユニットを連結するアミノ基の部位で加水分解が起り、 $g-C_3N_4$ の一部が溶解し、溶解しにくい部分が薄片として剥離したり多孔質粒子を形成したりして、比表面積が増大したと推察された。光触媒反応機構の解析では、 $g-C_3N_4$ のラジカ

ル生成量と光触媒活性の関係を調べた。電子スピン共鳴法 (ESR) により $g-C_3N_4$ の内部欠陥に由来するシグナルが観測された。メラミンを520~550℃で焼成した $g-C_3N_4$ で強いシグナルが観測され、500℃以下や600℃以上で焼成された $g-C_3N_4$ のシグナルは弱く、光触媒活性と同様の傾向を示し、関連性が示唆された。また、可視光照射により $g=2.004$ のシグナルが増大し、伝導帯電子の生成を検出できた可能性がある。これらのシグナルは光触媒反応過程の解明に利用できると期待される。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】グラファイト状窒化炭素、可視光応答型光触媒、空気浄化、一酸化窒素

【研究題目】富栄養化内湾堆積物における異種微生物間長距離細胞外電子伝達の実証

【研究代表者】左山 幹雄（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】中島 善人、鳥村 政基、佐藤 浩昭、
小熊 輝美、片山 明美、川畑 史子、
今井 左知子、池田 智英子
(常勤職員4名、他5名)

【研究内容】

富栄養化内湾堆積物の生物地球化学的物質循環過程において、微生物群集、細胞外電子伝達系 (extracellular electron transfer, EET)、固体酸化還元物質及び溶存態酸化還元物質により構成されている長距離細胞外電子伝達 (EET network) により、空間的に大きく隔たって存在している異種微生物間での酸化還元反応の共役 (酸化還元種間の電子の授受) が実際に機能していることを実証し、その調節要因と調節機構を明らかにする。具体的には東京湾を調査対象海域とし、 H_2S 酸化反応と O_2 還元反応を解析対象の酸化還元反応として研究を行う。平成23年度は、EET network が実際に機能していることが確実な実験堆積物コアの構築、実験堆積物コアを対象として EET network を解析するための生物電気化学的手法の開発、及び EET network に対応する物理的実体の実在の地球物理学的手法による検証を目的に研究を行った。実験堆積物コアは、EET の実在が示唆された東京湾湾中央部から採取した堆積物を用いて構築し、好気条件下で培養することにより suboxic zone の形成と特徴的な pH microprofile の発達が確認され、EET network の実在が確実な実験堆積物コアの構築方法を確立できた。また EET の生物電気化学的解析に用いる機能性電極について、グラフェン系炭素電極が有望であることを明らかにした。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】細胞外電子伝達、酸化還元反応、堆積物、物質循環、微生物

【研究題目】白金族抽出における外圏サイズ認識効果の解明及び新規分離試薬開発

〔研究代表者〕 成田 弘一（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 田中 幹也、森作 員子、元川 竜平
（日本原子力研究開発機構）
（常勤職員2名、他2名）、

〔研究内容〕

目標：

白金族の中で有効な工業用分離試薬が存在しないオクタヘドラル構造を持つ白金族クロロアニオン錯体の新規分離試薬の開発、及び白金族抽出錯体の内圏及び外圏構造測定による抽出機構解明を目標とする。

研究計画：

本研究では、新規抽出系における白金族イオンの抽出分離挙動の把握に加え、X線吸収微細構造（XAFS）法と中性子小角散乱（SANS）法を用い、内圏における錯形成と外圏におけるイオン対形成を相互に観察しながら白金族イオンの抽出機構を明らかにすることで、新規抽出剤の設計・開発を行う。

年度進捗状況：

N,N-二置換アミド含有3級アミン化合物について、アミド基が2個のビス型及び3個のトリス型を用いて、アミドのN-置換基の構造変化による白金族金属の抽出率の変化について調べたところ、いずれも基本的な抽出挙動に差異は見られなかったが、側鎖の炭素数が少ない程より高いロジウム抽出率を示す傾向が得られた。また、構造研究において、塩酸溶液中のロジウムおよび白金をN,N-二置換アミド含有3級アミン化合物により抽出し作成した白金族錯体の内圏構造を調べたところ、いずれも塩酸溶液中および有機相中での白金族イオンの内圏構造に差異はみられず、イオン対型抽出であることが示唆された。さらに、この白金族錯体の外圏を含めた構造をX線散乱法により分析したところ、白金族錯体間に生じている排除体積効果を反映した散乱ピークが観測された。この排除体積効果は白金族のオクタヘドラル錯体の外圏で抽出試薬が相互作用を起こし、大きな会合構造がつけられた事が原因と考えられる。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 白金族、抽出錯体、溶媒抽出、抽出剤

〔研究題目〕 ヒマラヤ氷河融解によるガンジス河生態系への影響評価研究

〔研究代表者〕 谷保 佐知（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 山下 信義、山崎 絵理子
（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

現在インドは急速な経済発展により、淡水供給源・量の急激な変化によってガンジス川生態系は危機的な環境変動を被りつつある。本研究ではPFOS関連物質やPOPs等を化学トレーサーとして用い、全長250kmに渡るガンジス川・ベンガル湾への化学物質流入過程を推測可能な物質循環モデルを作成し、ガンジス川生態系保

全に役立てることを目的とする。

本年度は、Central University of Bihar、Manipal University 大学、インド海洋研究所（NIO）との研究協力体制を確立し、現地研究者の協力の下、ヒマラヤ山脈からベンガル湾まで、全長250kmに及ぶガンジス河流域の包括的環境試料を収集した。また2012年1月に協力研究者を現地へ派遣し、残留性汚染物質（POPs）や医薬品汚染なども含めた包括的な化学分析のために on-site 試料抽出を行った。

特に、ガンジス河流域において、魚類・河川水・湖水・雨水・底質等を採集し、新たな地球化学トレーサーであるPFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）関連物質とPOPs類等、水資源の地球環境動態解析に必要な環境分析化学・地球化学指標をJISK0450-70-10およびISO25101等に準じて高度に精度管理がとれた機器分析科学技術を用いて測定した。検出感度は数pg/Lであり、インドのようなベースライン汚染を調査する上で十分な高感度分析技術を開発した。また、2008年の予備的調査で有用性が明らかになったPFOS関連物質等の分析より、ガンジス川における化学汚染がヤムナ川から始まっていることを明らかにできた。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 インド、ガンジス川、PFOS

〔研究題目〕 生体環境高分子の動的立体構造分析技術の研究

〔研究代表者〕 和泉 博（環境管理技術研究部門）

〔研究担当者〕 和泉 博（常勤職員1名）

〔研究内容〕

赤外円二色性（VCD）絶対配置解析から派生した立体配座コード構造相同性解析手法を動的立体構造変化を起こす生体環境高分子の分析技術に応用することを目的とする。具体的には、立体配座コードを第一原理計算法に拡張し、VCD分光法やX線結晶構造解析等の計測手法に組み込む基盤研究を行う。1000個を目標にタンパク質及びRNAの立体配座コード構造データのデータベース化を行い、活性と相関を持った共通する動的構造因子を特定するとともに立体配座コードの国際基準への採用を目指した活動を行う。

α ヘリックス型（h: 3 β 5 α 4 β ）、 β シート型（s:6 α 4 β 4 β ）のコードをテンプレートとして用いる構造パターン解析手法の改良を行い、主要組織適合遺伝子複合体（MHC）分子や免疫グロブリン（Ig）のX線結晶構造データに適用した。その結果、Ig軽鎖に属するIgMリウマチ性因子、Ig重鎖、非古典的MHCクラスI分子MIC-A,B、CD1D及びUL-18（サイトメガロウィルス）は、多くの古典的MHC分子やIg軽鎖に共通する、HisとProに挟まれたアミノ酸配列（HisXaaXaaXaaXaaXaaPro）をとる特徴的な主鎖構造フラグメント（shhshss）を持っていなかった。IgM

リュウマチ性因子の存在やこのフラグメントを持たない非古典的 MHC クラス I 分子が制御を主目的としない活性化に深く関与している点もあわせて、自己/非自己の認識がかかわるなんらかの精密な制御系の機能にこの動的構造因子が携わっていることが示唆された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】コンフォメーション、コード化、パターン解析、ケモインフォマティクス、キラリティー、赤外円二色性

【研究題目】超伝導ナノストリップライン分子検出器による巨大分子質量分析

【研究代表者】大久保 雅隆
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大久保 雅隆、全 伸幸、鈴木 宏治、志岐 成友(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

超伝導体を厚み数10nm、幅1 μ m 以下のナノサイズにすると、イオンの衝突を高感度、高速で検出でき、その性能は従来技術を上回ることができる。この検出器は、イオン衝撃により発生したフォノン(格子振動の量子)により、超伝導状態が壊れて抵抗状態が出現することを利用する。平成23年度は、ナノサイズの超伝導ストリップに流すバイアス電流を変化させることにより、質量分析において、イオンの価数識別が可能なメカニズムを調査した。その結果、イオンが検出できるバイアス電流に臨界値が存在することを実験的に明らかにした。また、臨界値は、イオン衝突により形成されるホットスポットをトリガーとモデルで説明できた。ホットスポットのサイズは、1keV のイオンに対して直径110nm と見積もられた。

さらに、ナノストリップの膜厚を変えたイオン検出実験を行い、予想に反して膜厚が厚くなるほど、検出効率が高くなるという現象を発見した。通常、膜厚が薄い程超伝導から常伝導状態への転移が起りやすいと予想される。この予想に反する実験結果を、フォノンの基板への散逸で説明した。即ち、超伝導ストリップの厚みがある程度厚い程、フォノンが基板に散逸する前に、効率よく超伝導を担っているクーパー対を壊すことができると考えられる。この検出器を質量分析装置に搭載すると、ナノ秒の高速応答とイオンの分子量に依存しない検出効率が期待される。

【分野名】標準・計測

【キーワード】質量分析、ナノ構造、超伝導デバイス、極低温

【研究題目】大気陽電子顕微鏡の開発

【研究代表者】大島 永康
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大島 永康、鈴木 良一、

オローク ブライアン、黒田 隆之助
(常勤職員4名)

【研究内容】

大気陽電子顕微鏡とは、パルス化した集束陽電子ビームを大気中に引き出して実環境中の材料中に照射することで、材料中の原子空孔や分子間のすき間を分析する装置である。実際に大気陽電子顕微鏡の試作機を完成させて、実験を通してその仕様を明らかにしたことで、大気陽電子顕微鏡の実用化の目途を得るに至った。試作機を用いて、従来には不可能であった大気中実環境下にある機能性薄膜材料等中の分子間のすき間を、陽電子寿命測定法により非破壊的に定量評価することにも成功した。

本装置は、真空環境で生成した低速の陽電子ビームを大気中に高効率で取り出す必要があるため、30ナノメートルと極めて薄い窒化シリコン薄膜を用いた真空窓を開発した。これにより陽電子ビーム(ビーム径:100マイクロメートル)を静電加速管を用いて1-25keV のエネルギー範囲で加速し、真空窓を通して大気に取り出して、厚さ数百ナノメートルのシリコン酸化膜や高分子薄膜試料に入射して陽電子寿命測定を行った。測定した陽電子寿命値を分子間のすき間の大きさに変換することで、試料の微細構造を評価することに成功した。

実験結果の解析から、大気中に設置した数百ナノメートル厚の試料に対して、陽電子ビームによる欠陥分析が可能であることを実証することに成功し、装置の有用性も明らかにした。従来には不可能であった実環境下にある機能性薄膜材料の空隙特性を評価する新しい計測技術を確立することに成功した。

今後は、陽電子ビームの大気取出し効率の改善を進めることで、大気陽電子顕微鏡の公開装置としての実用化をめざす。

【分野名】標準・計測

【キーワード】陽電子、顕微鏡、ビーム大気取り出し

【研究題目】準単色 LCS-X 線と標的指向性 DDS を組み合わせた相乗的癌治療効果に関する研究

【研究代表者】小池 正記
(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】小池 正記、黒田 隆之助、三浦 永祐、鶴島 英夫(常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

本研究は、将来の低侵襲の新たな癌治療システムの構築を目指し、薬剤と X 線の相乗効果を利用した癌治療法の開発を行うことを目的とする。高繰り返し再生増幅器型レーザー共振器とマルチパルス電子ビームを用いた、マルチパルス・レーザーコンプトン散乱による高収量の(準)単色 X 線源を開発する。さらには金コロイ

ドや白金抗癌剤（シスプラチン）などの重金属を内包し、癌細胞に集積させる標的指向性（アクティブターゲティング）Drug Delivery System (AT-DDS)を開発する。それらを融合させ、重金属の吸収端近傍を狙った（準）単色X線（約20keV）を用いたピンポイント集光照射により、擬似的なブラッグピークを形成し、癌細胞へのエネルギー付与を高め、薬剤との相乗効果を生み出す原理実証を行う。

準単色 LCS-X 線源の開発に関しては、産総研 S バンド小型加速器を用いた X 線源の高収量化研究を行った。昨年度に自己発振まで達成した Ti:sapphire 結晶ベースの再生増幅型エネルギー蓄積レーザー共振器へ、加速器と同期した種パルス列を導入しビルドアップ増幅を行い、100パルス以上のレーザー蓄積に成功した。また、同時に計算機シミュレーションにより共振器長、凹面鏡半径等の最適パラメータをサーベイし、集光サイズ50 μm 以下を達成できることを確認した。電子ビームに関しては、昨年度に引き続き、マクロパルス内に10ns 程度の間隔で50パルス以上のマルチパルス電子ビームを安定に発生させることに成功した。また、照射密度をあげるためピンポイント X 線集光光学系に関しては、ガラス・ポリキャピラリーと X 線管球を用いた集光テストを行い、約10倍弱の輝度増強を確認した。光軸調整を含め、単色光源を用いた際には更なる増強が見込まれる。

AT-DDS 薬剤の開発と単色 X 線ピンポイント集光照射による照射効果の検証としては、細胞培養液中に金ナノ粒子を付加して低エネルギーX線を照射したところ、活性酸素の産出量が約2-3割増加したことが確認された。X線源は1.0mm アルミフィルター、1.0mm アルミ+0.5mm 銅フィルター、又は1.5mm 銅フィルターでエネルギー分布を調整した。細胞培養溶液中には粒径8nmと50nmの2種類の金ナノ粒子が、100mg/mLになるように加えた。悪性脳腫瘍細胞（U251）に金ナノ粒子（粒径8nm）を細胞培養液にそれぞれの濃度で添加して低エネルギーX線（1.0mm アルミフィルター使用）を照射して colony forming assay を施行した結果、照射線量8Gy、添加金ナノ粒子30mg/mL（培養液中濃度）以上でコントロールに比して有意な細胞増殖抑制効果が観られた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】レーザーコンプトン散乱、単色 X 線源、標的指向性 DDS、金コロイド、相乗的癌治療効果

【研究題目】質量顕微鏡による高空間分解能分子動態解析

【研究代表者】高橋 勝利
（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】高橋 勝利（常勤職員1名）

【研究内容】

シロイヌナズナの葉をテスト試料として、質量顕微鏡

観察のための試料調製法を確立した。植物組織には細胞壁があり、細胞壁を取り除かないと細胞内部の物質にアクセスが出来ない。しかし常温下で細胞壁を取り除くと膨圧によって細胞が破裂してしまう。このため植物組織を急速凍結固定して極低温下で薄切し、細胞壁を取り除き細胞内部を露出させた状態で乾燥試料を作成する必要がある。本年度はこのための手法、つまり（1）急速凍結法、（2）極低温薄切法、（3）氷温凍結乾燥法に関して検討を行い、シロイヌナズナの葉の40ミクロン厚の乾燥切片を作成することに成功した。この乾燥切片にネガティブモードで有機酸を検出することが出来ることが報告されているマトリクス物質を吹きかけて乾燥させたのちに質量顕微鏡測定を行うが、マトリクス塗布法についても蒸着法、スプレー法を様々な条件で適用し評価を行った。

質量顕微鏡装置に関して、試料ステージを微小精密制御するための改造及び制御ソフトウェアの開発を行い、11mm \times 11mm の ITO 導電性コートを施したスライドガラス状に張り付けた植物組織切片の光学画像上で質量顕微鏡観察を行う領域を指定し、自動的にスキャンして質量分析を行うための制御ソフトウェアを開発した。これにより、より勘弁な操作で質量顕微鏡測定を行うための環境を整備に成功した。

全固体紫外線パルスレーザー（波長355nm）を光ファイバーに入射し、反対端から出射されるパルス光を大口径カセグレン鏡に入射し、ファイバーコア径の約4分の1のスポット径にレーザー光を集光できる光学系を用いているが、よりコア径の小さい特殊な光ファイバーを用いることで、レーザー集光スポット径を各段に小さくすることに成功し、高精密化した試料ステージと組み合わせることで、10~20ミクロンの空間分解能で質量顕微鏡測定を行う事に成功した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】質量顕微鏡、フーリエ変換型質量分析計、MALDI、イメージング、植物組織

【研究題目】デュアルピーク FBG センシングシステムの開発

【研究代表者】津田 浩（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】津田 浩（常勤職員1名）

【研究内容】

構造物の欠陥や異常を超音波を利用して検出する手法がある。FBG センサは電磁波障害を受けないことや多重化可能といった特徴から、超音波検出センサとして従来用いられてきた圧電素子に替わることが期待されている。これまでに提案された FBG 超音波検出システムはシステムが高価、または大型であることから普及には至っていない。そこで本研究では小型・軽量で安価な FBG をセンサとして超音波検出システムを開発することを目的とした。

最終年度までにファイバ・レーザを光源とする超音波検出感度を高めたシステムを開発し、FBG を用いた超音波計測では困難であったひずみ変動下においてもファイバ・レーザシステムを用いて超音波が検出可能なことを実証した。最終年度はこのシステムを用いてひずみ変動条件下において材料の微視破壊時に発生する超音波であるアコースティック・エミッション (AE) の検出を試みた。具体的には炭素繊維強化プラスチック製圧力容器の耐圧試験中に発生する AE を検出した。耐圧試験中において AE 計測に多用されてきた圧電素子と同じ AE 検出挙動を示し、FBG を用いたひずみ変動条件下での AE 計測の可能性を実証した。またこのシステムから得られる FBG センサ出力を周波数フィルタ処理することにより、数 Hz~MHz までの広帯域振動を検出することができた。

【分 野 名】 標準・計測

【キーワード】 光ファイバセンサ、超音波、アコースティック・エミッション、非破壊検査、構造体診断

【研究 題 目】 加速器を用いた光子誘起陽電子消滅法による非破壊材料評価法の開発

【研究代表者】 豊川 弘之

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 豊川 弘之、榊 浩司 (常勤職員2名)

【研究 内 容】

高温・高圧や、真空、溶液中など、特殊な環境下にある材料の健全性を実環境で評価することは、構造体や原子炉構造材の経年劣化や余寿命を評価する上で重要な課題である。本研究では、材料破壊に繋がるとされる、空孔型格子欠陥や空孔クラスター、あるいは不純物等の生成量を特殊環境下で遠隔・非破壊かつ、その場で測定する手法を開発すること、および本手法を用いて材料の健全性について新たな知見を得ることを目的とする。測定手法としては、電子加速器を用いて発生した高エネルギー光子ビームによる、光子誘起陽電子消滅法という非破壊分析手法を新たに開発する。

今年度は、6MeV の LCS 光子ビームを用いた陽電子寿命測定システムを構築した。BaF₂シンチレータによって陽電子消滅ガンマ線を検出し、得られた信号波形を高速のデジタルオシロスコープによってデジタル化し、チタンサファイアレーザーの繰り返し周波数 (1kHz) と電子蓄積リングの高周波信号 (90MHz) をオシロスコープのトリガーとして用いることで、時間分解能が約 300ピコ秒の光子誘起陽電子寿命測定を行うシステムの開発に成功した。

【分 野 名】 計測・計量標準

【キーワード】 加速器、ガンマ線、光子誘起陽電子消滅法、レーザーコンプトン散乱、水素

【研究 題 目】 表面脱離有機分子の新規ソフトイオン化法の開発：高感度イメージング質量分析への展開

【研究代表者】 藤原 幸雄

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 藤原 幸雄 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

二次イオン質量分析 (Secondary Ion Mass Spectrometry : SIMS) は、イメージング質量分析における有力な手法の一つである。特に、クラスターイオンを一次イオンビームとして用いることで、有機材料等を構成する大きな分子も検出できるようになり、半導体産業のみならず、化学分野等においても、SIMS の応用範囲が広がっている。

SIMS 法における大きな課題の一つは、試料分子のイオン化率の向上である。一般的に、イオンビーム照射によって試料表面から脱離する粒子の殆どは、二次イオンではなく電気的に中性な原子や分子である。特に有機分子の場合には、電子衝撃を用いる電子イオン化やレーザー照射による光イオン化では、分子の解離が問題となるため、有機分子をソフトにイオン化する新しい技術が必要となる。

一般的に、有機分子等の質量分析においては、外部からイオンを付加する手法がソフトなイオン化法として知られている。例えば、有機分子に1個のプロトンを付加することでフラグメントを抑制したイオン化が可能となる。

そこで本研究では、試料分子の二次イオン化率を増大させるため、プロトン等のイオンを付加する手法を応用する研究開発を進めている。具体的には、水素や炭化水素等を含有する多価の帯電液滴を分析試料表面に照射することにより、二次イオン化率の向上を目指している。

本年度は、水素や炭化水素等を含有する導電性液体に高電圧を印加することでプラスの電荷を有する正極性の帯電液滴やマイナスの電荷を有する負極性の帯電液滴を生成し、それらのサイズや価数分布等を詳細に調べ、二次イオン生成実験に向けて各種パラメーターの最適条件について検討を行った。

【分 野 名】 標準・計測

【キーワード】 表面分析、イメージング質量分析、イオン化

【研究 題 目】 複合材料の超音波非接触映像化探傷技術に関する研究

【研究代表者】 卜部 啓 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 卜部 啓 (常勤職員1名)

【研究 内 容】

レーザー励起/空中受信による、繊維強化複合材料のための非接触超音波映像化探傷技術の確立を目的として、CFRP (炭素繊維強化プラスチック) を対象に以下のよ

うに研究を進めた。

1. 欠陥(層間剥離のモデルとして埋め込んだテフロンシート)の映像と繊維配向との関係について調べた。その結果、表層の繊維方向と映像化した板波の進行方向が直交する場合の方が平行な場合に比べ鮮明な映像が得られるが、後者の方が欠陥による映像変化が顕著で剥離検出感度が高いことが分かった。
2. 空中探触子の受信角調整による板波モード選択性の活用に関し、多種のモードが存在する800kHz帯においてモード別映像化を試みた。その結果、モード別映像化が可能であったが、完全なモード分離は困難で、低周波に比較すると映像がやや複雑となることが分かった。
3. レーザー励起条件の最適化に関し、照射レーザーのビーム径0.5~2.0mmの範囲で照射を行い、目視可能な照射痕を生じないレーザーエネルギーの許容値を求めるとともに、その時の励起超音波振幅を定量的に調べた。その結果、レーザービームを絞るとエネルギー許容値が低下するため励起超音波振幅が大幅に低下し、得られる映像が不鮮明となることが分かった。
4. 探触子の小型化を目的に従来の約半分の大きさの探触子を試作しこれによる受信を試みた結果、受信振幅が概ね受信面積に比例して低下することが分かった。また、複雑形状への対応として円筒形金属試験体の円周方向伝搬波の映像化を試み、この映像から照射・受信範囲外の欠陥も検出可能であることが分かった。更にCFRPと金属の接合部の映像化についても実験に着手した。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] 非破壊検査、超音波、映像化、非接触、空気伝搬超音波、レーザー、板波、炭素繊維強化複合材料

[研究題目] 超低エネルギーイオン注入によるシリコン半導体極浅接合形成実用化技術の開発

[研究代表者] 山本 和弘

(計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 山本 和弘 (常勤職員1名)

[研究内容]

シリコン半導体デバイスの高集積化に伴い2014年にはドーパント層の厚さはおよそ10nmになるとされている。従来の高エネルギーイオン注入法ではシリコン結晶中に多量の原子空孔および格子間原子がなだれ現象的に形成されてしまい、ターゲットであるシリコン半導体の結晶性が著しく劣化する。結晶性の回復と導入したドーパントの活性化のためには熱処理が必要であるが、ドーパントの拡散が生じてしまい10nm以下の極浅ドーピング層の形成が困難となる。本研究では、上記問題を解決するために500eV以下の超低エネルギーボロンイオンを用いた超低エネルギーイオン注入実用化技術の開発を行った。

本年度はイオン注入層の構造解析を行った。SiO₂保護膜(厚さ約1nm)を有するシリコン(100)基板表面にボロンイオンを照射した。室温でイオン照射を行い、その後真空を破る事無く超高真空中で800℃、30分のアニールを行った。300eVのイオン注入を行った試料の断面TEM観察からシリコン結晶格子が明瞭に観察され、注入層にはダメージがないことがわかった。エネルギーフィルター断面TEMにより12.3eVのエネルギー損失電子で結像した際に、断面試料における表面領域にコントラストが観察され、その厚さは電子線強度のラインプロファイルから15nmであった。同じ試料のSIMS分析の結果からボロンの導入深さは15nmであり、エネルギーフィルター断面TEM観察の測定結果と良く一致した。これよりエネルギーフィルター断面TEMによりボロン注入層の可視化が達成されたものと考えられる。

[分野名] 標準・計測

[キーワード] イオン注入、シリコン、ボロン、超低エネルギー、極浅接合

[研究題目] 錯体水素化物のリチウムイオン伝導圧力依存と構造の相関による伝導パス形成因子の解明

[研究代表者] 山脇 浩 (計測フロンティア研究部門)

[研究担当者] 山脇 浩、藤久 裕司、中野 智志
(常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

Li系錯体水素化物は、水素貯蔵材料としてのみならず、高いLiイオン伝導性が見出されたことで固体電解質としても注目されている。本研究では、LiBH₄をはじめとするLi系錯体水素化物に関して、温度・圧力により出現する様々な結晶相に対して各相のイオン伝導度を調べ、振動分光によるイオンの振動状態、粉末X線回折による構造変化などを明らかにし、イオン伝導度と構造との相関関係を解明することを目的とした。

今年度は、LiBH₄を超える高い伝導性を示すことが知られるLiBH₄-LiNH₂複合錯体と、その合成のベースとなるLiNH₂に関して、温度-圧力相図を調べた。まず、LiNH₂については、赤外分光および粉末X線回折測定により、従来報告されていた常圧α相と高圧β相の中間領域に新たな相が存在することを明らかにすると共に、粉末X線回折データとリートベルト解析、DFT計算により高圧β相の構造を求めた。ラマン分光により10GPa以下の圧力域ではα相が500K以上の高温まで存在していることも明らかとなった。

次に、LiBH₄-LiNH₂の組成比1:3の錯体と1:1の錯体についての圧力-温度相図を調べた。1:3錯体は常圧でcubic相であるが室温17GPa以上でラマンスペクトルやX線回折パターンに変化が見られ、常圧近くまで減圧すると相分離して、一部は元のcubic相であった。このことから、転移もしくは化学反応が起きた可能性がある。

一方、1:1錯体については3GPa、400K以上の温度・圧力域で新たな高温高压相が出現することを見出した。今後、構造およびイオン伝導性に明らかにしていく予定である。

【分野名】標準・計測

【キーワード】リチウムイオン伝導、錯体水素化物、粉末X線回折、ラマン分光、温度圧力相図

【研究題目】高精度三次元形状・変形計測を実現する高次元情報を用いた時空間位相シフト法の開発

【研究代表者】李 志遠（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】李 志遠（常勤職員1名）

【研究内容】

高度な電子部品や精密加工品の使用にあたって、信頼性の高い精度のよい検査が要求される。このような要求に対して、全視野形状変形計測が行える位相解析を用いた格子投影法が有効な手法である。これまでに開発された位相シフト法は時間的輝度変化から縞画像の位相値を解析する方法であるが、測定ノイズを低減するために撮影枚数を増やす必要があり、計測精度と計測速度の両立が困難であった。そこで本研究では撮影枚数を増やすことなく、高精度に縞画像の位相分布を計測できる手法とその計測システムを開発することを目的とした。

本研究では、時間と空間での高次元輝度情報を活用した高精度な位相解析手法である時空間位相シフト法を世界に先駆けて開発し、コンピュータシミュレーションおよび形状変位実験よりその有効性を確認した。具体的には、撮影された複数枚の位相シフトした縞画像を時系列に並べた三次元空間の縞画像に対して、間引き処理より得られるモアレ縞画像の位相を2次元離散フーリエ変換より解析することで、カメラのランダムノイズやシステムの振動等に起因した測定誤差を大幅に低減することができた。また計測システムにおける格子投影装置では、強磁性反射型液晶素子である FLCOS 素子を用いることで、輝度非線形性のない格子模様を高速に投影することができた。同計測システムにより、半導体パッケージの形状および温度変化中の反り分布をマイクロオーダーの精度で計測できた。本計測手法および測定装置は製造ラインの品質管理をはじめ、電子産業分野の新規材料開発における信頼性評価に利用できる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】形状変位計測、モアレ縞、位相シフト、高次元輝度情報、格子投影法、半導体パッケージ

【研究題目】指向性圧電素子を用いた CFRP 積層板の損傷モニタリングシステムの開発

【研究代表者】遠山 暢之

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】遠山 暢之（常勤職員1名）

【研究内容】

炭素繊維強化プラスチック（CFRP）積層板に内在する衝撃損傷を、一箇所のみ配置した超音波アレイセンサを用いて検出・位置同定することが可能な全方位損傷モニタリングシステムを開発することを目的としている。本年度は、本システムを実現するための基盤技術となる超音波探傷に最適な励起周波数とラム波モードの選定、さらに指向性を有する圧電素子形状の設計を行った。

まず被検体として用いる CFRP 積層板を伝播するラム波のモードを把握するために、ラム波分散曲線を理論的に導出し、高次ラム波モードの遮断周波数を導出した。高次モードおよび分散の影響を低減させることで、検出波形の複雑化を避け、信頼性の高い探傷を実現するために、遮断周波数以下の狭帯域トーンバースト波を励起信号として決定した。さらに損傷検出には短波長が有利であることから、遮断周波数以下のゼロ次非対称モードを選定することとした。

次に選定した周波数のゼロ次非対称モードを効率的に送受信することが可能な圧電セラミックス素子の形状を設計した。長手方向のサイズをゼロ次非対称モードの半波長に等しくし、幅方向および厚さ方向のサイズを長手方向のそれに比較して著しく短くした高アスペクト比形状にすることによって指向性を発現させることとした。

以上の指針を基に CFRP 積層板上に設計・作製した一对の圧電素子を貼り付け、ラム波ゼロ次非対称モードの送受信を行い、衝撃損傷のエコーが得られることおよび圧電素子が十分な指向性を有することも併せて確認した。さらに超音波伝搬可視化法を用いて衝撃損傷部を伝播するラム波の挙動を可視化することで説明することができた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】炭素繊維強化プラスチック、超音波、板波、非破壊検査、圧電素子、アレイ探触子

【研究題目】強誘電体チューブを用いた単色可変高出力テラヘルツ光源の開発

【研究代表者】黒田 隆之助

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】黒田 隆之助、吉田 光宏、熊木 雅史（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究は、Sバンド小型リニアック施設を用いてキロアンペア級のピーク電流値を持つ高輝度・超短パルス電子ビームを生成し、キャピラリーチューブによるテラヘルツ領域コヒーレント・チェレンコフ放射生成を行う。更に誘電率可変の強誘電体を用いることで、単色可変の高出力テラヘルツ光源の実現を目指す。本年度は、Sバンド小型リニアック施設を用いて、高輝度・超短パルス

電子ビーム（エネルギー約40MeV、電荷量1nC以上、パルス幅500fsec以下）を生成し、誘電体キャピラリーチューブを通過させることでテラヘルツ領域のコヒーレント・チェレンコフ放射を生成する実験を行った。最初の放射実験としては誘電率2.1、内径1/8インチ、外径1/16インチのテトラフルオロエチレン（PFA）チューブを用いたところ、進行方向にテラヘルツ光を観測し、ショットキーダイオード検波器によって検出に成功した。スペアナを用いたヘテロダイン検出による0.1THz近傍でのスペクトル測定を試みたが、コヒーレント・シンクロトロン放射との区別が困難であることがわかり、それらを分離するため、偏向電磁石の前に穴あきミラーを導入することとした。また、シミュレーションコードによるコヒーレント・チェレンコフ放射計算を行った。誘電率3.8の石英チューブを仮定し、内径：200 μ m、外径：300 μ m、長さ1cmに、電荷量0.75nC、ビーム径50 μ m（rms）、電子パルス幅500fsec（rms）の電子ビームを集光させると、0.45THz帯で10 μ J以上のコヒーレント・チェレンコフテラヘルツ放射が得られることがわかった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】テラヘルツ、キャピラリーチューブ、コヒーレント・チェレンコフ放射

【研究題目】超短パルス電子ビームを用いたリアルタイム2Dテラヘルツ分光システムの開発

【研究代表者】黒田 隆之助

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】黒田 隆之助、熊木 雅史

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究は、小型加速器ベースの高出力テラヘルツ光源を開発し、テラヘルツパルスによるシングルショット時間領域分光を行い、ラインスキャン法を用いたリアルタイム2D吸収スペクトル測定の実現を目的としている。本年度は、Sバンド小型電子リニアックを用いてエネルギー約40MeVの高輝度・超短パルス電子ビームを生成し、高出力コヒーレントテラヘルツパルスによるEOサンプリング法をベースとした時間領域分光の実証試験を行った。アルミターゲットによりコヒーレント遷移放射光を生成し、テラヘルツレンズによって平行光にし、Z-cut結晶水晶窓によって大気中に取り出し、テラヘルツレンズによってEO結晶に集光した。EO結晶としては、信号強度をかせぐため5mmのZnTe（100面）結晶を用いた。プローブ光としては、加速器と同期したTi:Saフェムト秒レーザーを用い、テラヘルツパルスと同時にEO結晶に集光した。結晶を透過したプローブ光は、 10^{-7} のコントラストを持つ偏光子を透過させ、プローブ光の位相変化をPhoto Diode（PD）によって検出した。上記手法により、光学遅延を用いたポンププローブ法を

行うことでテラヘルツ時間波形の取得に初めて成功した。測定した時間幅は約1.7psecであった。テラヘルツのスペクトルとしては ~ 0.4 THz程度であった。しかしながら、本手法の時間分解能は、テラヘルツパルスとプローブパルスとの時間ジッターと、結晶の応答帯域によって制限される。次年度以降は、これらの問題を解決していき、時間分解能の向上と、スペクトルの広帯域化を行っていく。

【分野名】標準・計測

【キーワード】テラヘルツ、シングルショット時間領域分光、コヒーレント遷移放射

【研究題目】レーザーコンプトン準単色硬 X 線による低侵襲高精細医用イメージング技術の研究

【研究代表者】山田 家和勝

（計測フロンティア研究部門）

【研究担当者】山田 家和勝、黒田 隆之助、

豊川 弘之、福山 直人

（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

X線を用いた非破壊イメージング技術は産業や医療分野で広く利用されているが、現場の技術者や医師・被験者は常にX線被曝のリスクを負っている。本研究では、高い安全性と機能を有する単色X線イメージング技術の地域の病院や研究施設への普及を目指し、小型電子加速器と高出力レーザーを駆使したレーザーコンプトン準単色硬X線の高収量発生技術とその医用イメージングへの適用手法の研究を行う。レーザーコンプトン散乱X線は単色性、エネルギー可変性等の優れた特性を有するが、X線収量が十分ではない。この弱点を克服するため、X線をマルチパルス化する技術を開発するとともに、X線吸収端を利用した微小血管造影及びタルボ干渉による生体軟組織の高精細イメージングを実現するための技術開発を行う。

本年度は、マルチパルスLCS法によるエネルギー可変準単色X線の高収量発生鍵となる再生増幅型レーザー共振器を構築するとともに、共振器へ供給するシードレーザー及び共振器内の増幅媒質励起用レーザーを含めた再生増幅システムの最適構成を決定し、再生増幅器内で実効的に100パルス程度の高出力レーザーパルスを蓄積した。このレーザーパルスに精密に同期させたマルチバンチの電子ビームをコンプトン衝突させ、X線マルチパルスの高収量発生を目指す予定である（目標収量： 10^8 photons/s以上）。

【キーワード】小型電子加速器、高出力レーザー、レーザーコンプトン散乱、単色X線、放射線、線量測定・評価、医用・生体画像

【研究題目】光誘起協同現象を用いた超高速光スイッ

テング手法の開拓

【研究代表者】松崎 弘幸

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】松崎 弘幸 (常勤職員1名)

【研究内容】

光照射によって、電子系全体の秩序が高速に遷移する現象は、光誘起相転移と呼ばれ、近年、精力的な研究が行われている。この現象の最大の特徴は、巨大かつ高速な光応答性であり、高速・高繰り返し動作が可能な次世代型の光スイッチング素子の新しい動作原理として期待されている。しかしながら、このような超高速スイッチングの実現を目指した系統的な物質探索や、応用展開を視野に入れた基礎研究は、これまでほとんど為されていないのが現状であった。本研究では、有機電荷移動錯体および遷移金属錯体を対象として、これらの系で発現する超高速な光誘起協同現象の探索と、これらを利用してテラビットオーダーの高速・高繰り返し動作の光スイッチング手法を開拓することを目指した。以下に、本年度における主な成果を述べる。

1. 一次元臭素架橋 Pd 錯体 $[\text{Pd}(\text{en})_2][\text{Pd}(\text{en})_2\text{Br}_2](\text{C}_5\text{-Y})_4(\text{H}_2\text{O})$ において、モット絶縁体相にフェムト秒パルス光照射を行うと、励起光子エネルギーが励起電子吸収ピークに一致する場合には、モット絶縁体→電荷密度波転移が、より高いエネルギーでの励起の場合には、モット絶縁体→金属転移が生じることを見出した。この結果は、励起光子エネルギーの選択による相制御という新しい電子相制御手法の可能性を示す成果である。
2. 上記の臭素架橋 Pd 錯体において、二つの異なる光子エネルギーのフェムト秒励起光パルスを選択し、両者の時間差をつけて照射することで、モット絶縁体相において、光誘起モット絶縁体→電荷密度波→モット絶縁体という超高速光スイッチングを実現した。この手法を用いることで、生成した光誘起相の緩和時間に制限されずに、テラビットオーダーの全光型の超高速スイッチングが原理上可能であり、本結果は、光誘起相転移を利用した新しい光スイッチング手法の可能性を示す重要な成果である。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光誘起相転移、強相関電子系、過渡吸収、フェムト秒レーザー、ダイナミクス

【研究題目】コヒーレント放射光を用いたテラヘルツ波電子線分光の研究

【研究代表者】清 紀弘

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】清 紀弘、小川 博嗣、高橋 俊晴、早川 建、田中 俊成、早川 恭史、中尾 圭佐、野上 杏子、稲垣 学 (常勤職員2名、他7名)

【研究内容】

テラヘルツ波を用いてナノ秒スケールで動的吸収分光測定を可能にする技術として、テラヘルツ波電子線分光法を考案した。本研究課題は、テラヘルツ帯のコヒーレント放射光 (CSR) を利用し、この新たな分光法の実証を目的としている。

今年度は、京都大学原子炉実験所 L バンドライナック下流に、小型の永久磁石型偏向磁石を2台設置した。その偏向磁石間を通過する電子ビームによって CSR を発生させ、加速器室に隣接している実験室まで CSR の輸送を行った。電子ビームエネルギーが25~32MeV の間の時に、コヒーレント遷移放射 (CTR) の約10%の強度を有するミリ波帯の放射を観測した。この放射は3~5mm の波長で最大強度となり、CTR に比べて長波長側へシフトしていることがわかった。

四重極電磁石架台及び真空チェンバーを作成し、L バンドライナック下流に新たな四重極電磁石ダブレットを設置した。CSR の発光点の約1m 上流の位置にて Q スキャン法によるエミッタンス測定を実施し、規格化エミッタンスが水平 $5.0 \times 10^{-4} \text{ m rad}$ 、垂直 $3.5 \times 10^{-4} \text{ m rad}$ であることを明らかにした。これにより、電子ビームエネルギーが18~32MeV の場合は、CSR の発光点にてビームサイズを5mm 以下にできることを確認した。

また、日本大学電子線利用研究施設の S バンドリニアック LEBRA にて CSR 観測を行った。当施設では自由電子レーザービームラインの偏向部に電子バンチが圧縮されるので、高強度のミリ波放射が期待されたが、1 μJ 級の放射があることを確認できた。新たな高強度テラヘルツ光源として利用可能であるため、CSR の特性を詳細に調べている。

【分野名】標準・計測

【キーワード】テラヘルツ、コヒーレント放射、放射光、逆コンプトン散乱

【研究題目】位相制御レーザーパルスによる液相中分子の量子制御と物質濃縮への応用

【研究代表者】大村 英樹

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】大村 英樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

レーザー光を用いて物質の量子状態や量子ダイナミクスを直接操作し、物性や機能を制御しようとする量子制御 (またはコヒーレント制御) に関する研究が近年精力的に行われている。これまでに我々は波長の異なるフェムト秒光パルスを重ね合わせ、その相対位相を精密に制御した位相制御光による異方的トンネルイオン化とそれに基づいた分子配向制御を世界に先駆けて実現し、位相制御光と気体分子との相互作用は位相に強く依存する多彩な量子現象を示すことを明らかにした。位相制御光は従来の光とは本質的に異なった性質を持っているため、

光の位相に関わる新しい量子現象の観測、さらに位相制御光を用いた物質制御の新しい方法論を提示できる可能性がある。

本研究課題の目的は、位相制御光と物質との相互作用による量子現象の探索をこれまでの気体分子から固体表面に展開することである。具体的には以下のとおりである。(1) 位相制御光と固体表面および固体表面に担持された分子との相互作用によって引き起こされる量子効果を系統的に探索・分類し、総合的な理解をする。(2) 位相制御光を用いた新しい方法論に基づく物質操作法として、位相制御レーザーパルスによる液相中分子の特定分子の選択イオン化による破壊とそれに基づく化学物質の濃縮を試みる。

位相制御レーザーパルスによる液相中分子の異方性トンネルイオン化の観測を行うためのフェムト秒過渡吸収2色性測定装置は、(1) フェムト秒レーザー光源、(2) フェムト秒パルス波長変換装置、(3) 位相制御レーザーパルス発生装置、(4) 過渡吸収二色性測定用光学系、(5) CCD 検出器付分光器、から構成される。H23年度は、(4) の構築を中心に行い、フェムト秒過渡吸収2色性測定装置を完成させた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 量子制御、コヒーレント制御、位相制御レーザーパルス

【研究題目】 有機電子材料の非占有軌道の電子状態と非局在性の観測手法の開発

【研究代表者】 池浦 広美

(計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 池浦 広美 (常勤職員1名)

【研究内容】

有機分子が電気伝導性を示すためには、隣接する分子間を電子が自由に動く必要がある。そのため、分子設計においては分子間での軌道の重なりや電子の動きやすさに関する情報が不可欠である。2007年に内殻正孔寿命を利用して高分子 (DNA) の伝導帯上の最低非占有分子軌道 (LUMO) の非局在性 (電子の動きやすさ) や分子鎖内の隣接する原子へのアト秒レベルの電子移動の新たな計測手法の報告を行った [Phys.Rev.Lett. 99, 228102 (2007)]。この手法は、非占有軌道へ共鳴励起された内殻電子が内殻正孔寿命よりも長く局在化する場合 (スペクテーターオージェ電子放出) と伝導帯を通過して速い電子移動により非局在化する場合 (ノーマルオージェ電子放出) とでは電子のもつエネルギーが異なることに着目し、両者のオージェ電子収量の分布から電子の移動時間や軌道の非局在性についての情報を得るといものである。本研究では、LUMO や電子が不足した価電子帯上の最高占有分子軌道 (HOMO) などの他の計測法では観測することが困難な非占有軌道の非局在性に関する情報を得るとともに、新たな計測手法として確立する

ことを目的とする。これまで、ポリチオフェンなどの導電性高分子の計測を行ったが、速い電子移動は観測されなかった。当該年度は、ポリチオフェン誘導体の配向膜作製および金属ジチオレンおよび有機金属として知られる電荷移動錯体などの計測を行った。電荷移動錯体では LUMO に加えて部分的に電子が不足した HOMO への遷移が可能となる。HOMO への遷移によって分子間の速い電子移動が観測され、金属に匹敵する電子移動速度を持つことが明らかとなった。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 電子状態、放射光、オージェ電子、有機導体、X線吸収分光、電子移動

【研究題目】 二成分系ガスハイドレートのケージ占有性とゲストホスト間相互作用

【研究代表者】 竹谷 敏 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 竹谷 敏、藤久 裕司 (常勤職員2名)

【研究内容】

CO₂や CH₄等が他の分子と混合した2種類以上の分子を包接したクラスレートハイドレートを対象とし、ケージ内でのガス分子の分布状態を決定するとともに、水分子で囲まれたナノスペースでのガス分子と水分子との相互作用を検討し、ガスの貯蔵メカニズムを明らかにすることを研究の目的としている。

今年度、-80℃の温度条件下で低温型位相コントラスト X線 CT 測定により、エア (N₂+O₂) ハイドレート、CO₂ハイドレート結晶試料の非破壊内部観察を行った。ハイドレート部分、未反応で残された水が凍結して氷になった部分、未反応の CO₂ が固化したドライアイスが共存する条件下で、これらを識別し、得られた画像の位相情報から、試料内部の密度解析を実施するとともに、密度分解能の評価を行った。位相コントラスト X線 CT による密度誤差の大きな要因は、その測定中に生じる温度変動、勾配に起因する部分が大きい。一方、本手法で用いている光学系は、装置設置室内の温度変化や、機械的振動に非常に敏感に影響を受けてしまうため、独自に開発したクライオセルにより、低温で温度変動±1K で制御し、位相コントラスト X線 CT 法を可能にした。これにより、X線干渉法を用いた高密度分解能測定では、密度誤差 5mg/cm³ での測定が可能になった。今後、温度変動を抑えた状態での数時間の長時間測定を実現することで、測定の密度分解能のさらなる向上を目指す。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 X線構造解析、位相コントラスト X線イメージング、包接化合物

【研究題目】 気泡核生成制御による超音波化学反応の高効率化に関する研究

【研究代表者】 辻内 亨 (計測フロンティア研究部門)

【研究担当者】 辻内 亨 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

パルス超音波と気泡核生成サイト供給のための粒子添加を組み合わせることで超音波化学反応の高効率化を図るとともに、高音圧振幅下で発生する反応効率低下や粒子、アルコール添加による高効率反応の機構解明を主な目的とする。

平成23年度は、二流体ノズルで微小気泡添加の下で音響発光強度を測定し、超音波周波数、超音波パワー、投入気泡量の最適化条件等を探索した。微小気泡を添加しながら測定した音響発光強度の結果から、周波数と気泡添加条件の選択により気泡サイズを最適化でき、気泡無添加に比べて高強度の発光が得られることがわかった。超音波周波数 F と気泡の共鳴半径 R の間には $F \cdot R=3$ の関係があることは知られており、この関係が示唆するとおりの気泡サイズを、対応する周波数の音場中に投入することが肝要であることが明らかとなった点は、大変意義深い。このようにパルス超音波により休止時間で気泡が溶解する特徴を生かして気泡核を制御することに成功した。また、超音波化学反応の指標として観測された音響化学発光と、超音波霧化を同時に発生させるべく選択したパルス波のデューティサイクル条件下で、発生した霧の映像化を行うとともに連続波駆動時の霧の生成の様子との違いを明確にすることができた。レーザ散乱による気泡の膨脹収縮の検出をおこなう中で、定在波の音圧の腹の面内では気泡群の空間分布はあまり変わらない一方、気泡数が変動することを明らかにした。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 超音波、気泡核、キャビテーション気泡、超音波化学反応、レーザ散乱

〔研究題目〕糖鎖等の超高感度構造解析を目指した真空紫外域での顕微円二色性計測装置の開発

〔研究代表者〕 田中 真人

(計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 田中 真人 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は微量しか抽出・合成することが困難な糖鎖や希少タンパク質(例えばアミロイドタンパク質、膜タンパク質)など重要な生体分子の分子構造解析のための新規分析手法として、円二色性分光装置と顕微装置とを組み合わせた画期的な計測システムの開発を行うものである。計測波長領域としてタンパク質の二次構造解析に広く利用されている真空紫外領域をカバーできるシステムを構築する。本研究の遂行を将来的には円二色性計測による糖鎖や微量タンパク質の分子構造解析へとつなげていき、これら生体高分子の構造解明による各種疾病の予防や治療・製薬開発などへ貢献していきたいと考えている。

本年度は光源として通常の真空紫外ランプを用いる装置の設計・開発を進めた。分光器からの真空紫外光の方向を反射鏡で水平方向から鉛直下方向に変えることで、試料の水平配置を可能にした。また直線偏光子、光弾性変調子、ロックインアンプから成る真空紫外域における円二色性計測システムを構築した。このシステムを用いて、縮小光学系を入れない場合において、生体分子試料の真空紫外領域での円二色性スペクトル計測(波長範囲140~300ナノメートル)に成功した。逆のキラリティの試料で対称なスペクトルの計測を確認することなどから、このシステムの正確性を証明した。次年度は縮小光学系を入れた系における円二色性計測とそのための光学系の整備・調整を行う予定である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 円二色性、糖鎖、タンパク質、真空紫外線、キラリティ、構造解析、分子構造

〔研究題目〕固体 NMR による固体酸触媒材料の酸性質の計測・評価

〔研究代表者〕 林 繁信 (計測フロンティア研究部門)

〔研究担当者〕 林 繁信、小島 奈津子
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

多孔質材料における吸着、分離、触媒などの機能は、細孔やメソ孔のサイズだけではなく、その内表面の性質に大きく依存する。本研究では、多孔質材料における内表面の性質を計測・評価する技術を確立することを目的としている。機能として酸触媒機能に着目し、酸強度および酸量の計測・評価を行う。手法として固体 NMR 法を用い、酸性質を担う「水素」を直接観測するとともに、分子をプローブとして細孔やメソ孔に導入してその分子の挙動(吸着サイト及びダイナミクス)を固体 NMR 法によって詳細に観測することにより、内表面の性質を評価する。細孔もしくはメソ孔を持つ物質としては、ゼオライトやその類縁化合物、メソポーラス物質を取り上げる。

今年度は、固体 NMR 法により「水素」を直接観測して、その量と酸性質を計測・評価する方法を開発した。プロトン (^1H) の固体高分解能 NMR 測定により、固体酸触媒である H 型ゼオライトのブレンステッド酸点の測定を行った。

多孔質材料の内表面は空気中の水分に敏感なため、NMR 測定は空気中の水分を完全に遮断した状態で行う必要がある。固体高分解能 NMR 測定を行うためには、マジック角回転 (MAS) を行うための特殊な試料管 (MAS ローター) に試料をバランスよく充填する必要がある。ガラス製真空ラインを使用して試料を加熱脱水したのち、その試料を全く空気中に出すことなく窒素ガスを充填したグローブバッグに移し、窒素雰囲気下で MAS ローターに試料を充填した。この操作手順を確立

することにより、非常に吸湿性の高い多孔質材料の表面水酸基の¹H 固体高分解能 NMR スペクトルを測定することが可能となった。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 固体 NMR、固体酸触媒、酸性質、計測・評価、多孔質材料、プローブ分子

〔研究題目〕 ナノ粒子の比熱容量測定による低次元デバイ理論の実験的検証

〔研究代表者〕 阿部 陽香（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 阿部 陽香（常勤職員1名）

〔研究内容〕

近年、ナノ材料の形状・構造制御技術の向上により、金属、磁性材料、セラミックス等のナノ粒子がさかんに開発され、その用途はますます拡大しつつある。一方、ナノ粒子に対する物理的又は化学的特性はバルク材料とは異なることが指摘されているが、その評価は研究途上の段階にある。本研究の目的は、ナノ粒子の熱的性質に着目し、重要な熱物性値の一つである比熱容量の精密測定を行なうことにより、0次元系での比熱容量の振る舞いを明らかにすることである。これは、低次元デバイ理論への実験的見地を与えることと期待される。

平成23年度は、パルスチューブ冷凍機式断熱型熱量計を用いて、金ナノ粒子と金のバルクの比熱容量測定を行い、3次元デバイモデルの理論値と比較した。測定温度は、20 K～230 K である。低温においてはナノ粒子とバルクとの測定値に異なる振る舞いがみられると予想していたが、大きな違いは見られなかった。これは、試料量などの測定条件により、振る舞いを捕えられていない可能性が高い。

今後は条件を変えた測定を行う必要がある。一方、高温側の振る舞いは、予想外に興味深い振る舞いが観測された。

高温になるにつれて、ナノ粒子の比熱容量が大きくなり、220 K 付近ではバルクの比熱容量より約10%も大きい値となった。高温の極限であるデバイ温度以上では、固体元素の定積モル比熱がどれもほとんど等しく、 $C_V = 3R = 3N_A k_B$ (R : 気体定数、 N_A : アボガドロ定数、 k_B : ボルツマン定数) であるというデュロン=プティの法則が知られている。金のデバイ温度は約165K である。本研究の結果は、この経験則が低次元では適応できない可能性があることを示唆している。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 熱物性、ナノ粒子、断熱型熱量計

〔研究題目〕 微量必須元素の網的解析のための細胞内多元素同時計測法の開発

〔研究代表者〕 稲垣 和三（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 稲垣 和三（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、細胞内外の多元素動態及び相互作用の網的解析を可能とし、これまで見逃していた未知なる生命機構発見に資することを目的として、ICP-MS用の細胞直接導入型インターフェースを開発し、高速スキニング計測による細胞中微量元素の高感度多元素同時計測技術を確立した。

平成23年度は、単一酵母細胞計測を実現するため、前年度に開発した細胞直接導入型インターフェースをさらに改良するため、細胞を高効率に導入するための気化室を新規にデザインした。さらに、細胞の導入系内吸着を抑制する手法を新たに確立した。

気化室に関しては、熱流体解析ソフトウェアによるシミュレーションに基づき、異なる形状・容積の気化室を試作し、高速カメラによる液滴動態観察、ICP-MS に接続した際に得られる感度及び信号安定性に基づいて性能を評価することで最適化を試みた。細胞の導入系内吸着に関しては、検討の結果、細胞分散液に0.1 % (w/w) アルカリ金属を添加することで抑制することができた。

単一細胞計測に関しては、高速スキニングによって計測した信号強度分布とレーザー回折式粒度分布計測によって得られた細胞粒度分布を比較することで、分散液中の細胞を単一細胞として計測可能であることを実証した。さらに、プレートカウンティングにより分散液中の細胞数を計測した結果と ICP-MS 測定における信号検出頻度を比較することでプラズマへの細胞導入効率を評価した結果、開発したインターフェースによる細胞導入効率は30 %以上であり、従来の細胞導入方法の導入効率0.5 %程度に対し2桁近く高い効率で細胞を導入可能であった。

本研究では、粒径2-3 μm ほどの比較的小さい酵母細胞をモデルとして検討したが、開発した細胞直接導入型インターフェースは、10 μm ほどの細胞まで対応することから、今後、より大きな細胞への応用展開が期待できる。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 細胞・組織、微量元素、多元素計測

〔研究題目〕 ジョセフソン効果と量子ホール効果を基準とした熱力学温度測定技術の開発

〔研究代表者〕 浦野 千春（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕 浦野 千春、丸山 道隆、金子 晋久、大江 武彦、堂前 篤志、福山 康弘、山澤 一彰、丹波 純（常勤職員8名）

〔研究内容〕

2011年10月に行われた第24回国際度量衡総会の決議で、国際単位系 SI の熱力学温度の単位ケルビンの定義は、基礎物理定数であるボルツマン定数を基にした定義となる方向性となった。現行の定義と改訂後の定義との不一

致が最小限となるよう、現在多くの研究機関で各種の熱力学温度計を使用し、現在の熱力学温度の定義からボルツマン定数を精密に測定するための研究が進められている。我々のグループでは抵抗器の熱雑音から熱力学温度を求める、所謂 Johnson Noise Thermometry (JNT) によってボルツマン定数の精密測定を行う技術の開発に取り組んでいる。

平成23年度は震災の影響でプロジェクト進行の計画は変更を余儀なくされた。特にジョセフソン接合素子作製に不可欠なクリーンルームの損傷し、素子作製条件を再現するのに長い時間がかかった。しかしながらジョセフソン任意波形発生器、水の三重点用温度場および専用温度プローブ、低雑音プリアンプ、データ収集システム、といった要素技術を大方完成させた。それらの要素技術を統合して2つの抵抗器の雑音スペクトル強度の比較測定を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 ジョセフソン効果、量子ホール効果、熱力学温度、ボルツマン定数、SI 単位

【研究題目】 光コムを用いた広帯域光学特性計測技術の開発

【研究代表者】 粥川 洋平 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 粥川 洋平 (常勤職員1名)

【研究内容】

液体の濃度指標や、光学材料の特性評価などにおいて、屈折率の正確な計測は極めて重要であり、多波長での測定ニーズも増えている。本研究では、近年光周波数のものさしとして注目されている光周波数コムを用い、広帯域における屈折率を高精度に測定する手法を開発することを目指している。具体的には、光周波数の広がり数が数百 THz にわたる超広帯域の光源を用意し、この光を、測定対象である媒質中で多重反射させ、透過スペクトルを解析することにより、広帯域にわたる屈折率を一度に求める。

最終年度である平成23年度は、これまでに導入した広帯域光源である光コム、ファブリペローエタロンおよび光スペアナを組み合わせ、エアギャップにおける空気屈折率の計測を行った。波長範囲420 nm~620 nm の範囲において、空気屈折率の計算値からの標準偏差は約0.000 01以内であり、市販計測器の最上位機種のパフォーマンスに匹敵する測定精度を達成することができた。これによりこの測定方法が、多波長での測定を必要とする光学材料評価や屈折率分散の計測に応用が可能であることが確認できた。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 屈折率、光周波数コム、ファブリペロー干渉計、光学特性評価

【研究題目】 強力水中超音波音場計測技術開発に関する研究

【研究代表者】 菊池 恒男 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 菊池 恒男、内田 武吉
(常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、「強力水中超音波計測技術の開発」を目的として、強力水中超音波音場計測用デバイスの開発、強力水中超音波パワー計測技術の開発及びキャビテーション発生量の定量計測技術の開発を検討した。

強力水中超音波音場計測用デバイスの開発では、受波面を Ti 箔で覆った高音圧測定用ハイドロホンの受波感度の改善のために、等価回路を用いた数値解析を行った。その結果、受波面保護に用いた Ti 箔の厚さを50 μm から5 μm 以下に変更することで感度を改善できることを明確にした。

強力水中超音波パワー計測技術の開発では、前年度に明らかにした天秤法とカロリメトリ法による測定値の系統的なずれを、超音波振動子表面に位置する PZT の発熱が主な要因と仮定し、発熱の異なる2つの PZT を用いた超音波振動子を試作して実験を行った。その結果、超音波振動子表面の発熱が、カロリメトリ法の測定に影響を与えている事を明確にした。

キャビテーション発生量の定量計測技術の開発に関する研究では、高空間分解能キャビテーションセンサを設計・試作した。キャビテーションセンサを水槽内で走査しながら、キャビテーションバブルから発生する超音波信号を検出し、当該信号から算出される Broadband Integrated Voltage (BIV) をマッピングすることで、水槽内のキャビテーション空間分布の測定を試みた。その結果、定在波音場中のキャビテーションが、定在波の半波長周期と一致して分布することを示した。成果として、BIV を用いることにより、水槽内のキャビテーション分布を、従来のキャビテーション分布測定よりも、高分解能測定が可能であることを実証した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 強力水中超音波、水熱合成法、カロリメトリ法、キャビテーション、超音波パワー、天秤法、医用超音波、ソノケミストリ、HITU

【研究題目】 振動子による二種混合気体の粘性計測

【研究代表者】 黒河 明 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 黒河 明 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、気体中で振動するカンチレバーの共振周波数 (F_0)・共振インピーダンス (Z_0) がその気体の粘性・圧力と相関があることを利用し、 F_0 や Z_0 の測定を行って気体粘性を測定する手法の開発を行う。この計測手法の特徴は、被測定気体の圧力変動の影響を受ける

ことなく粘性を計測できることである。

本研究ではこの測定手法の開発を進めることにより、2成分の混合気体で純ガスの粘性値から予見とは異なるものや有用な混合ガス系についてその粘性と濃度の相関を計測する。また実用ガスとして活性な酸化種で知られるオゾンを含むオゾン-酸素の2成分気体について粘性と濃度の相関を明らかにする。本年度の成果を以下に示す。

- ・気体の平均分子量の計測方法の開発

これまでに開発してきた振動子センサーによる気体の粘性計測装置をもちいて得られるデータについての解析方法を見直した。振動子センサーからの2種類の出力信号と圧力センサーの値とから、被測定気体の粘性係数だけでなく、気体の平均分子量を算出できることを見いだした。

- ・センサーの信頼性劣化要因の解明

振動子センサーを長期間酸化雰囲気中に曝すと感度特性が次第に変化した。これはセンサー表面の保護層のピンホールから気体が侵入して酸化が発生しその結果振動子の質量に変化が生じるためであった。酸化による劣化を防ぐため酸化阻止保護層の形成について検討を開始した。

- ・2成分混合ガスの調整方法

混合ガスを精度よく濃度調整する装置の開発を行った。2台の容器にそれぞれ任意圧力で気体を充填した後にそれらを混合する方式で精度0.3%が期待できる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】気体、粘性計測、振動子

【研究題目】新たな放射能絶対測定法を用いた PET 装置の定量性向上に関する研究

【研究代表者】佐藤 泰（計測標準研究部門）

【研究担当者】佐藤 泰（計測標準研究部門）、
村山 秀雄（放射線医学総合研究所）、
織田 圭一（健康長寿医療センター研究所）（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

陽電子放出断層撮影装置（以下、PET）は、定量性の高い画像診断装置および分子イメージング装置として考えられているが、相対測定を行っているため、定量性の精度が不十分なままである。そこで、本研究開発では、新たな放射能絶対測定法を確立し、精度の高い画像測定を行う基盤を確立することを目的とする。

本年度は、PET 装置校正に用いる点線源の製法を検討した。本点線源は Ge-68/Ga-68または、Na-22を密封して製作される。Ge-68/Ga-68は揮発性があるので、揮発を抑制でき、揮発した Ge-68/Ga-68を漏洩させない線源製法を開発する必要がある。このため、これらの条件を満たす製造装置を考案した。

また、シンチレータを用いた点線源の放射能校正において、シンチレータ間の散乱により、測定値が影響を受

けるが、この影響を抑制する計算手法の開発を行った。本法では、複数の同時計数値を用いることで、散乱による計数の寄与を評価することが出来る。

これに加え、DOI-PET 装置や市販 PET 装置での放射能絶対測定に関する予備的検討を引き続き行った。

今後の本研究開発の進展により、多施設間による診断画像の比較を高精度に行うことで、より精密な画像診断が可能になると期待されることに加え、核医学研究、生物科学研究における計測基盤の向上にも資することができると期待される。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射線、陽電子放射断層撮影装置、放射能絶対測定、シンチレーション検出器、点線源

【研究題目】分子特異的要素を指標としたタンパク質・核酸の高感度分析法の開発

【研究代表者】高津 章子（計測標準研究部門）

【研究担当者】高津 章子、稲垣 和三、藤井 紳一郎（常勤職員3名）

【研究内容】

本研究では、“分子特異的要素を指標とする計測”を可能とすることで、対象分子そのものから得られる測定データを単純化し、タンパク質・核酸の分析の高感度、高精度及び高確度化を実現することを目的として研究を実施した。平成22年度までに、全量消費型高効率フォーカス試料導入インターフェースを新規に開発し、キャピラリー液体クロマトグラフィー（キャピラリーLC）やキャピラリー電気泳動（CE）などのナノ・マイクロ分離技術と誘導結合プラズマ質量分析法（ICP-MS）の高効率な結合を可能とした。平成23年度はさらなる高効率化と感度向上を図るために、本インターフェースの気化室形状、特に、試料の壁面衝突を抑制した気化室の形状について検討を行った。具体的には、シースガス導入手法を検討するため、異なる形状・容積の気化室を試作し、高速度カメラによる液滴動態観察と ICP-MS に接続した際に得られる感度及び信号安定性に基づいて評価し、最適な気化室形状を選択することにより、高効率試料導入を可能とした。さらに、本インターフェースを利用して CE やキャピラリーLC と ICP-MS を接続した分析システムを構築し、生体分子である核酸の選択的検出に応用した。本法を適用することで、極微量の試料を分離するクロマトグラフィー技術においても、ICP-MS による分子特異的要素を指標とした分析を実現することが可能となった。本法は、キャピラリーLC や CE を用いた分離と要素を指標とした分析を行うことから選択性が高く、かつ ICP-MS を用いた検出を行うことから高感度な分析を実現できる。また、生体試料分析などに有効な極微量試料分析を可能とすることから、今後、ゲノム解析における高確度ファーストスクリーニングメソッドと

しての応用が期待される。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 誘導結合プラズマ質量分析、核酸、タンパク質、液体クロマトグラフィー、キャピラリー電気泳動

〔研究題目〕 ポルフィリン類化合物の X 線増感作用に関する基礎的研究

〔研究代表者〕 高橋 淳子 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 高橋 淳子、三澤 雅樹、岩橋 均 (常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

これまでに、濃度 (数 $\mu\text{g/ml}$) のプロトポルフィリンと数グレイの X 線照射処理により、光照射とは異なる活性酸素種が発生することを見いだした。また、培養細胞のコロニー形成能評価により細胞増殖能の阻害が促進され、さらに、マイクロアレイを用いた遺伝子発現解析によりリボソーム構成タンパク質の遺伝子群の発現が特異的に抑制されることから、ポルフィリン類化合物の X 線増感作用が確認された。ポルフィリン誘導体は腫瘍細胞親和性を有し光線力学的治療において既に臨床応用されており、放射線療法において増感効果が得られれば、深部低被曝悪性腫瘍の治療法として臨床に用いることが可能となる。

本年度は増感効果を検証するため、担癌動物を用いた治療効果の評価を行い、ポルフィリン類化合物により腫瘍の成長が有意に抑制されることを確認した。今後は、さらに治療効果の評価を継続し、遺伝子発現解析により作用機序を解明して最適な治療方法の開発を行うとともに、長期毒性と短期毒性の評価を行うことにより治療の安全性を確認して、ポルフィリン化合物-X 線増感治療法の実用化の基礎を固める。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 放射線療法、X 線増感剤、ポルフィリン、遺伝子発現解析

〔研究題目〕 超伝導、常伝導ハイブリッド構造を持つ単電子トランジスタによる電流標準の研究

〔研究代表者〕 中村 秀司 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 中村 秀司 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、超伝導/絶縁体/常伝導/絶縁体/超伝導 (SINIS) 接合構造をもつ単電子トランジスタを用いて直流電流標準を実現することである。電流値を正確に測定することは、構造の微細化が進み微小な電流を測定することが求められる現在のエレクトロニクスにおいては必須な技術である。これまでの電流標準は、ジョセフソン電圧標準および量子ホール抵抗標準を用いて間接的に実現されてきたが、本研究では、SINIS 接合構

造を持つ単電子トランジスタを用いることにより直接的に電流の標準を実現し、実現した単電子トランジスタを並列に組み合わせることで、ナノテクノロジーなどにおいて重要性が増している数 pA~数 nA の電流標準の確立を目指している。本年度は、SINIS 接合構造をもつ単電子トランジスタを動作させるため希釈冷凍機中に高周波ケーブルの組み込み、室温測定系の構築を行った。また電流を生成する SINIS 型単電子トランジスタの作製を行った。この成果については「日本物理学会第67回年次大会」「NMIJ 成果発表会」において発表を行い、「計量標準報告」に解説記事を投稿した。今後はさらにこの SINIS 型単電子トランジスタを並列化させ大電流化を目指す。またこの研究を進展させジョセフソン効果による電圧、量子ホール効果による抵抗と組み合わせ、電気素量 e の絶対測定、オームの法則を介した基礎物理学定数の整合性の確認を行う予定である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 電流標準、単電子トランジスタ、微小超伝導接合

〔研究題目〕 ICP プラズマ分析における分析感度の化学形態依存性機構の解明と環境分析への適用

〔研究代表者〕 成川 知弘 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 成川 知弘、黒岩 貴芳、千葉 光一 (常勤職員3名)

〔研究内容〕

無機ヒ素化合物である As (III) および As (V) において、ICP プラズマ分析の際に観測される分析感度差の機構を検討した。この現象については、IMF 効果が関与していることを明確にしているが、さらに詳細な要因と挙動を検討することで、IMF 効果が起こる原因を特定した。その結果、As (III) と As (V) の分析感度差を引き起こす原因は、装置における試料導入部と ICP プラズマ内で生成する As の多原子分子イオンの生成率の違いであることを明らかにした。試料導入部では、ネブライザーからトーチまでの距離が長くなるに従って As (III) のみの感度が低下した。このことから、溶液がネブライザーでミスト化された後の輸送効率に依存する感度差の現象が明らかとなった。また、ICP プラズマ内では、プラズマ内で起こる AsHx^+ 分子の分子種形成率の違い、同時に ICP プラズマのサンプリング位置により、観測される感度が異なることをはじめ明らかにした。また、 AsHx^+ 分子の生成機構を検討した結果、溶液中の As は1度、ICP プラズマ内で原子になった後、ICP プラズマ内の温度が低い部分で H と再結合していると考えられた。これらの機構から生じる分析感度差を抑制するため、熱化学的見解から抑制方法を検討した。そして、 AsHx^+ 分子の生成を抑制するためにはパラジウムまたは臭化水素が効果的であることを見出した。いず

れかを抑制剤として As (III) および As (V) に適量添加することで、As (III) および As (V) の化学形態に依存する分析感度差をなくし、同一感度で測定することが可能となった。

また、As と同様に2つの酸化数を有する Cr [Cr (III) と Cr (VI)] についても検討を行ったが、Cr では、IMF 効果は認められなかった。

環境分析において As の化学形態に依存するリスク評価を正しく行うには、前処理を含めた妥当性の確認と分析の正確さが必要である。そこで、我が国の主要農産物であり主食となる米について、前処理法を含む As 化合物の化学形態分析の確立を行った。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 ICP プラズマ分析、化学形態分析、環境分析

【研究題目】 高速クラスターイオン照射による非線形的2次イオン強度増大効果の解明

【研究代表者】 平田 浩一 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 平田 浩一 (常勤職員1名)

【研究内容】

クラスターイオン照射と単原子イオン照射による2次イオン生成強度の比較測定、負2次イオン電流を直接測定する装置の調整及び最適化等を行った。2次イオン生成強度測定に関して、炭素系クラスターイオン、およびこれらのクラスターイオンと同程度の質量を持つ単原子イオンを、同じ入射エネルギーで、PMMA、ポリスチレン等の有機系高分子薄膜ターゲットを中心に照射し、各ターゲットから放出される負電荷を持つ2次イオンの強度を測定した。調整及び最適化を行った2次イオン電流測定装置による負2次イオン電流の直接測定、および、飛行時間型質量分析器で測定された2次イオンのカウントレートの経時変化の測定を行い、単原子イオン照射時は、試料表面の帯電による負2次イオン強度の急激な減少が観測されたが、クラスターイオン照射時は、単原子イオン照射時に見られた負2次イオン強度の急激な減少は観測されなかった。これは、クラスターイオン照射では、試料表面の正帯電が抑制され、負2次イオンが安定的に放出されていることを示している。また、フラレンククラスターイオン照射による2次イオンについても、単原子イオン照射との比較を行ったところ、同様に、フラレンククラスターイオンの場合は、帯電による負2次イオン強度の急激な減少は観測されなかった。さらに、フラレンククラスターイオン照射の場合、測定したエネルギー範囲では、入射エネルギーが高くなる程、分析に有用な負2次イオン強度が増大することがわかった。これらの結果は、高いエネルギーのクラスターイオン照射により、高い強度の2次イオンを安定的に得ることができることを示していて、この知見を論文として発表した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 クラスタ、2次イオン分析

【研究題目】 MEMS 技術を用いた粘性センサ (η -MEMS) の開発

【研究代表者】 藤井 賢一 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 藤井 賢一、山本 泰之、松本 壮平、黒田 雅治、藪野 浩司 (常勤職員4名、他1名)

【研究内容】

日本学術振興会科学研究費補助金の基盤研究 (B) では、MEMS 技術を用いて超小型の粘性センサを実現するための研究開発を行っている。平成22年度は、粘性センサの基本構造の製作方法が完全に確立し、ひずみゲージの内蔵化にも成功したことで、製作プロセスの大部分を完成させることができた。また、センサーホルダーを製作して、粘度測定の検証実験を行い、粘度を数%の偏差で測定できることを確認した。さらに、自励発振現象を用いた粘性測定の理論を実験的検証によって確かめ、これまでの振動粘度計では測定が困難であった高粘性液体の粘性測定にも成功した。

MEMS 構造としては、バルクウェーハを用いることができる新しい構造を提案した。テストシステムを用いて、開発したセンサチップの粘度計としての基本性能を評価した。理論と一致する周波数応答曲線が得られ、偏差数%での粘性測定が可能であることを確認した。MEMS チップ上に変位センサを形成する製作プロセスの開発を進めた。開発したひずみゲージセンサの性能評価を行い、ひずみの検出が可能であることを確認した。

制御部を改造した市販の振動型粘度計の実験システムを用いて、自励振動の発振限界の線形フィードバックゲインの値を用いた粘度測定の原理の検証を進め、低粘度から、高粘度まで、同一の振動子で粘度を測定可能であることを確認した。また、モックアップタイプのテスト装置を用いて、自励発振現象を用いた、粘性測定の検証を進め、従来の振動式粘度計の測定範囲外の高粘性液体の測定が可能であることを立証した。

【分野名】 標準・計測

【キーワード】 粘性率、粘度、センサ、MEMS、微細

【研究題目】 低熱雑音光共振器を用いた超安定化レーザーの開発

【研究代表者】 保坂 一元 (計測標準研究部門)

【研究担当者】 保坂 一元、稲場 肇、渡部 謙一 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究では、光格子時計における時計遷移励起用レーザーの線幅狭窄化実証のため、熱雑音の極めて少ない新型光共振器を用いた超安定化レーザーを開発する。目標とする周波数安定度は平均時間1秒において 10^{-17} 台で、実現すれば世界最高となる。現在、周波数安定度の限界

を与えている光共振器の熱雑音を抑制するために、鏡の基材として、機械的 Q 値の高い熔融石英を用い、また共振器長の長い共振器を採用する。長い共振器を用いた時に問題になる、熱膨張及び振動による影響を最小にするため、新しいスペーサー材料の開発を行う。

セラミックは現在主流の ULE 等のガラス材料と比較して硬く、振動加速度を受けても変形しにくいために、共振器長の長い光共振器を作るのに有利である。平成23年度は、低熱膨張セラミックをスペーサーとして用いた光共振器（共振器長75 mm、鏡の基材 ULE ガラス）を開発し、Nd:YAG レーザー（1064 nm）をこの光共振器に安定化することにより、光共振器の特性を評価した。また、この光共振器の光学的特性を高感度に評価するために、国際原子時にリンクした光周波数コムシステムを用いた周波数計測を行った。結果として、このセラミックを用いた光共振器が、熱膨張係数が0を横切る温度（ゼロ点温度）を室温付近に持つこと、および温度変化に対する熱膨張率の傾きが ULE ガラスと比較して数倍であること、が明らかになった。得られたデータからは、低熱膨張セラミックには高精度な温度調整システムが必要であるが、目的とする長い光共振器を作成することは十分に可能であると考えられる。今後温度調整システムの改善、および鏡の基材として機械的 Q 値の高い熔融石英を用いることで、熱雑音を大きく軽減させる予定である。

【分野名】計測・計量標準

【キーワード】光格子時計、光共振器、超安定化レーザー

【研究題目】究極の交流電圧発生を目指したジョセフソン電圧標準の研究

【研究代表者】丸山 道隆（計測標準研究部門）

【研究担当者】丸山 道隆（常勤職員1名）

【研究内容】

交流電圧の基準となる理想的な交流電圧波形の発生を目指し、プログラマブルジョセフソン交流電圧標準（ACPJVS）システムの最適化と測定手法の開発を行った。この方式では、10 V を超える振幅の標準交流電圧波形の生成が可能で、トランジェントエラーと呼ばれる過渡現象が大きな課題となっている。前年度までの研究により、現行システムにおけるトランジェントエラーの時間幅は3.8 us 以下であり、それらの主な原因が、バイアス制御回路や配線の帯域等に起因することが明らかになった。今年度は、これらの情報をもとに、①デジタル電圧計（DVM）の離散的なサンプリングモードを用いた測定と、②システムの最適化によるトランジェントエラーの抑制、という二つの課題に取り組んだ。その結果、①サンプリング測定においては、市販の標準信号発生器（キャリブレータ）の校正において、62.5 Hz の周波数で3.5 ppm の標準相対不確かさを得ることができた。さらに、DVM の基準クロックの不確かさ

（タイムベースエラー）を補正することにより、1 ppm 程度まで不確かさを低減できることが分かった。

これにより、当初目標である60 Hz で1 ppm という値を達成するとともに、従来のサーマルコンバータを用いた交直変換標準による低周波領域の校正の不確かさを低減する手法を確立する目的が立った。一方、②システムの最適化においては、冷凍機チャンバー内およびバイアス制御回路内の配線を広帯域化することにより、トランジェントエラーの設計値を100 ns 以下に抑制した。また、従来のバイアス制御回路において、チャンネル間の干渉が素子の動作マージンを大幅に狭めていることを見出した。これらを改善するため、チャンネル間のグランド電位を分離独立化した新たなバイアス制御回路を開発した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】交流電圧、電圧標準、ジョセフソン効果、精密計測、超伝導素子、電子デバイス

【研究題目】光コムを用いたカスケード型コヒーレントリンクによるサブ波長精度の絶対距離計の研究

【研究代表者】美濃島 薫（計測標準研究部門）

【研究担当者】美濃島 薫、稲場 肇、高橋 真由美（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

昨年度までに開発した高繰り返し・高強度のエルビウム添加モード同期ファイバレーザーにおいて、産総研保有の時間標準 UTC (NMIJ) を周波数基準としてヨウ素安定化 Nd:YAG レーザー（1064 nm）の周波数計測を行って繰り返し周波数の安定度を評価し、1秒平均 10^{-12} 、1000秒平均 10^{-13} を得た。また、ループフィルタの最適化などによってキャリアエンベロップオフセット周波数の制御帯域を500 kHz 程度まで向上し、残余位相雑音の低減により分周無しで堅牢な位相同期を実現した。

次に、2台のフェムト秒パルスレーザー間のタイミングを自在に操作可能なデュアル光波形シンセサイザを構築して基本特性を評価し、タイミングジッター300 fs 以下を実現した。これをテラヘルツ (THz) コム発生・検出用光源として利用し、THz コムを基準とした超精密 THz 分光法を実証した。

さらに、開発したデュアル光波形シンセサイザを time-of-flight 法を用いた距離計測に適用し、その有用性を評価した。2台の光コムの繰り返し周波数がわずかに異なるよう設定し、ポンプ・プローブ式相互相関測定法における高速時間遅延走査を実現し、距離計測の実時間化（測定レート10 Hz）を達成した。その結果、数メートル先に置かれた測定対象の絶対距離を、200 μm 以下の誤差で計測することに成功した。

最後に、1台のモード同期ファイバレーザーによる光コムを用いて繰り返し周波数が異なる2種の光コムを発

生することにより、開発したモードの相互コヒーレンスを利用した干渉位相信号のビートダウンによる距離測定手法を改良した。光コムモードフィルタリング手法を高安定化し、残余周波数信号強度を低減化して位相信号のクロストークを低減化させた。その結果、測定光路長を変化させることによって、距離に依存した位相信号が高精度に取得できることを実証した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光周波数コム、干渉計測、光シンセサイザ

【研究題目】高安定原子時計のための冷却原子とイオンの相互作用の研究

【研究代表者】渡部 謙一（計測標準研究部門）

【研究担当者】渡部 謙一、高見澤 昭文、保坂 一元（常勤職員3名）

【研究内容】

冷却原子とイオンの相互作用によるイオン冷却と状態選択・状態検出を採用した、従来の水素メーザーなどに置き換わる全く新しい実用原子時計の開発を行うため、Rb 冷却原子ビームの光ポンピング用レーザーのパワー及び周波数安定化、イオントラップ装置の改良を行った。レーザーは、1590 nm DFB レーザーよりファイバー結合導波路型の非線形光学結晶（PPLN）を用いて第2高調波の795 nm（Rb D1線）を発生するシステムである。パワー安定化に関しては、音響光学素子（AOM）の1次光を Rb セルの吸収線検出用と制御用に分けることにより行い、変動を約1/200に減少させた。周波数安定化に関しては、Rb セルを用いて一次微分信号を検出することにより吸収信号への安定化を行い、変動を17 MHz以下に抑えた。イオントラップ装置の改良に関しては、多数のイオンを軸上にトラップするリニアトラップの電極を16重極構造にした。更に、イオントラップ電極、イオン用オープン、電子銃、及びそれらの配線を共通の電流導入端子付フランジに取り付けた構造にして、真空槽への脱着を容易にした。また、イオンとの荷電交換によりイオン化された原子の検出に関して S/N 比を高くするために、二次電子増倍器をイオントラップ用電極の後方に配置して、相互作用から検出までの距離を短くした。

【分野名】標準・計測

【キーワード】時間周波数、原子時計、イオントラップ

【研究題目】イッテルビウム光格子時計における青方魔法波長の探索

【研究代表者】安田 正美（計測標準研究部門）

【研究担当者】安田 正美、赤松 大輔（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、イッテルビウム（Yb）光格子時計のさらなる不確かさ低減のために、Yb 原子の青方離調魔法

波長を探索することを目的とする。魔法波長とは、時計遷移周波数に対する最大の摂動要因であるドップラシフトを抑制するために原子を空間的に強く束縛しながらも、それに対する1次光シフトの影響をキャンセルできる光格子レーザー波長のことである。従来の赤方光格子とは逆に、正に離調をとる青方光格子の場合には、原子は光電場強度がゼロの点に捕獲されるため、従来の魔法波長では除去できない高次光シフトによる不確かさを低減できる。

本年度は、観測原子数の規格化により時計遷移スペクトルの SN 比向上に成功した後、このスペクトルに対して、時計遷移励起用レーザー周波数を安定化することに成功した。さらに、本研究課題である、青方離調の光シフト用レーザー光源システム（外部共振器半導体レーザー、テーパアンプによる光強度増幅器、第二次高調波発生用光共振器等）の開発に着手した。青方離調魔法波長がどこにあるのかという理論予測が皆無であるので、LED 光源を用いた大まかな状況把握が必要となる。そのため、青色 LED 光源の準備も行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】光格子時計、魔法波長、高次光シフト

【研究題目】堆積物中ペリレンの新規指標物質としての確立と検証

【研究代表者】伊藤 信靖（計測標準研究部門）

【研究担当者】伊藤 信靖（常勤職員1名）

【研究内容】

多環芳香族炭化水素類の一つであるペリレンは、世界中の堆積物から普遍的に見つかっているものの、その起源は未だ不明である。そこで本研究では、高濃度にペリレンを含む琵琶湖堆積物（NMIJ CRM 7307-a）を用いて、その起源を明らかにする事を目的とした。平成23年度は、ナイロンメッシュを用いることで、堆積物試料から効率的にペリレンを含有する断片を採集する方法を開発した。メッシュ上に捕集された多数の黒色球体を走査型電子顕微鏡（SEM）で観察したところ、菌根菌の一種である *Cenococcum geophilum* (*Cg*) の菌核粒子であることが確認された。続いて、メッシュ上に捕集された粒子のうち、紫外光下で青色に発色するものを蛍光顕微鏡下で観察した。その結果、*Cg* の菌核粒子に特徴的な細孔構造が認められるとともに、高濃度にペリレンを含むことが顕微分光のスペクトルにより確認できた。さらに、この顕微分光システムを用いて複数の蛍光粒子のスペクトルを収集し、別途合成した試薬の蛍光スペクトルと比較・フィッティングを行った。その結果、*Cg* の菌核粒子に含まれるジヒドロキシペリレンキノン（DHPQ）はペリレンキノンを経由してペリレンになることが明らかになった。これらの蛍光粒子についてエネルギー分散型 X 線分光器（EDX）を備えた SEM で分析したところ、蛍光スペクトルから推察した元素組成

と同様であった。これらのことから、琵琶湖堆積物中に含まれる高濃度ペリレンの起源は Cg に由来するものと結論付けた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 ペリレン、堆積物、起源、琵琶湖、蛍光顕微鏡、走査型電子顕微鏡

〔研究題目〕 高安定光共振器による光周波数コムの絶対線幅狭帯化

〔研究代表者〕 稲場 肇 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 稲場 肇、保坂 一元、洪 鋒雷
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

光周波数コム(光コム)は、それまで世界最先端のグループが大プロジェクトを組んで限定された期間行うものだった「光の周波数を測ること」を、各国が定期的に行える技術に変えた画期的なものである。これにより光周波数での時間標準(光時計)が現実味を帯び、現在熾烈な研究競争が繰り広げられている。この光時計では、高安定共振器に安定化された線幅1 Hz級の連続発振(CW)レーザ、いわゆる狭線幅化レーザが時計遷移の観察に必要である。一般的には、時計遷移波長に相当する波長用の高安定共振器が一種類の光時計に一つ必要である。本研究の目標は、高安定共振器に安定化された狭線幅化レーザ(既存、1064 nm)を用いて、光コムを介して Yb 光格子時計の時計遷移波長である578 nmに線幅を転送して時計遷移を観察する。この技術により、高安定共振器が一つあれば可視～近赤外全ての波長域で狭線幅化レーザを実現できるようになる。さらに、高安定共振器に安定化された狭線幅化 CW レーザを省略し、光コムを光共振器に直接安定化する。CW レーザを省略することでより線幅伝達の経路が短くなり、我々の開発した高速制御型光コムがもともと低雑音であること、および制御帯域が1 MHzを超え、他のレーザでは実現することが難しいほど高速であることと相まって、信頼性の飛躍的な向上、および高安定光共振器の安定性のより忠実な光コムへの伝達による性能向上が期待できる。

今年度は、光コムを直接安定化するための共振器を調達した。本研究の趣旨から、共振器として光コムの広帯域性に対応するために低分散・高フィネス仕様とした。また、できるだけ短時間で成果を出すため、ヒーターのみの温調ができるように膨張率の零点温度は室温以上とし、既存の真空チャンバーに収まるサイズとした。また、共振器に安定化するための高速制御型光コムを製作した。光コムの高速制御のための電気光学変調器(EOM)として、モード同期のかかりやすさ、およびジャイアントパルスなどによる破損に強い信頼性を重視してバルク型を採用した。光コムの繰り返し周波数はディレイラインにより可変できる仕様とし、共振器の縦モード間隔の整数分の一に調整できるようにした。製作した光コムにつ

いては、光増幅器の作成、およびキャリア・エンベロープ・オフセットビートの観察を行い、80 dB/HzRBW程度のS/N、および10-30 kHzの線幅など、良好な特性を得ている。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 光周波数コム、高安定光共振器、狭線幅レーザ、線幅1 Hz級レーザ

〔研究題目〕 環境動態解析のためのハロゲン化ナフタレン分析法の高度化

〔研究代表者〕 羽成 修康 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 羽成 修康 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目標は、一から八塩素化体の同族体を有する塩素化ナフタレン(PCN)の全75異性体について、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計(GC×GC/MS)を用いて詳細な分離分析を実施することである。当該装置は一次・二次元目異なる極性の分離カラムを組み合わせることで高精度な分離が可能になるため、当該年度の研究計画は、最適な分離カラム(無・微・中・高極性カラムや液晶カラム)の探索とした。分析試料は、一から八塩素化体まで含有する、塩素含有率の異なる4種類の製剤の混合品を使用した。

結果として、一次元目に光学異性体分割カラム(中極性)、二次元目に高極性カラムを適用することで、より多くの異性体分離が実現できた。具体的には、全75異性体のうち66成分の分離を確認した。特に、分離が困難で、混合物として取り扱われていた五塩素化体の異性体#52/60、六塩素化体の異性体#64/68、#66/67及び#71/72の分離に成功した。これにより、異性体別の毒性値を用いたリスク評価が可能になった。次に、本手法をPCN製剤に適用したところ、分離可能となった異性体#52/60に関して、同一製剤でも製造元の違いに伴い、存在割合が異なることが明らかとなった。これらの結果から、GC×GC/MSによる個々の異性体を用いたリスク評価の高度化が可能になっただけでなく、その存在割合に注目した成分組成パターンからの供給源推定の高度化も期待できる。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 有害化学物質、環境分析、異性体分離、二次元ガスクロマトグラフ質量分析計

〔研究題目〕 双方向波長多重信号による長距離光ファイバの位相安定化技術の研究

〔研究代表者〕 雨宮 正樹 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 鈴木 智也、渡部 謙一
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

高精度タイミング信号はサイエンス、産業等の多岐の分野において同期のために必要であり、光ファイバによ

る高安定な伝送が期待されている。課題は光ファイバ周囲の温度変動等による位相変動をいかに抑えるかにある。そこで平成23年度は、一心の光ファイバに双方向に異なる波長の制御用信号を送信させ、光ファイバの位相変動量を送信側で検出し、高精度に位相制御する基本検討を実施した。具体的な実施状況を下記に示す。

(1) 位相補償装置の開発進捗状況

制御系試作：応答速度の速いピエゾ素子駆動の微調用ファイバストレッチャーの制御系を試作しその動作特性を評価した。この結果、光ファイバの機械的振動による変動成分に対処可能な300 Hz で安定に制御ができた。ただし、適応できる時間位相量が小さいため、長距離ファイバの位相変動に対応可能な粗調用ファイバプール（温度制御）を組合せた位相補償装置の開発に着手した。伝送路長が100 km で周囲の温度変動15℃を想定した場合、最大位相変動量は約50 ns となる。このため断熱化した小型のチャンバを製造し、平成23年度の後半においてファイバプールの設置と組み立てを行った。小型のチャンバをペルチェ素子で温度制御を行い、最大位相変動量に対応できる装置を実現する予定である。

(2) 二重ループ位相制御系の開発状況

検出系の試作：位相検出精度は高い周波数ほど良くなるため、10 GHz の周波数において、伝送路を往復した信号と送信信号の周波数混合による検出装置の試作を行った。この位相差情報をもとに、第1の制御ループにおいてストレッチャーの制御を行ったところ応答速度として300 Hz の制御が実現された。さらに適応位相変動量拡大用の第2のループにおいて、小型チャンバの温度制御を平成23年度の後半において実施した。

(3) 短距離ファイバでのシステム実験

(1)(2)で開発した装置の伝送路適用実験に向け機材の準備を行った。

【分野名】標準・計測

【キーワード】計測工学、情報通信工学、クロック伝送、タイミング信号、同期技術、周波数安定度

【研究題目】音波と電磁波を用いた気体の複数物性同時計測装置の開発

【研究代表者】狩野 祐也（計測標準研究部門）

【研究担当者】狩野 祐也（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、ガスサンプルの複数の物性について同時に精度良く測定可能な多重物性計測手法の確立を目標としている。具体的な手法としては、サンプルガスを封入した円筒型キャビティ中において、音波および電磁波による共鳴現象を観測し、それぞれの共鳴周波数特性の解析からサンプルガスの音速、誘電率、粘性、および熱伝導率を同時に測定するものである。

今年度は、気体試料の音速、粘性、および熱伝導率の同時計測を目指して、円筒型キャビティを用いた音波共鳴測定装置を開発した。円筒型キャビティのサイズは直径35 mm、長さ50 mm である。円筒軸上の両端面にはコンデンサマイクロホンが取り付けられており、サンプルガスが充填されたキャビティ内での音波共鳴特性を測定することができる。サンプルガスの音速は音波共鳴周波数から求めることができ、一方で音波共鳴特性の半値幅はサンプルガスの粘性や熱伝導率と密接に関係した値となる。円筒型キャビティ中での音波共鳴は、円筒長さ方向に定在波の節がある longitudinal mode と、円筒径方向に定在波の節がある radial mode が観測される。これら2つの共鳴モードにおける半値幅を測定して比較することで、粘性および熱伝導率をそれぞれ求めることが可能となる。

物性がよく知られているアルゴンをサンプルガスとして、開発した円筒型キャビティを用いた音波共鳴測定装置により予備的測定を行った。得られた測定結果を解析したところ、音波共鳴モード間のばらつきが予想よりも大きかったものの、本研究で提案する測定原理による音速、粘性、および熱伝導率測定の妥当性を確認することができた。

【分野名】標準・計測

【キーワード】音波、電磁波、マイクロ波、共鳴、音速、粘性、熱伝導率、誘電率

【研究題目】放射線源を利用した高性能微弱光源による発光溶液の新領域応用に関する研究

【研究代表者】松本 哲郎（計測標準研究部門）

【研究担当者】松本 哲郎、丹羽 一樹、原野 英樹、増田 明彦（常勤職員4名）

【研究内容】

ルミノメータのような微弱光を測定する機器はアレルギー検査など様々な領域で利用されている。また、近年、発光溶液を生体に適用することによる医療診断など新しい技術が開発されてきている。これらに利用される光は、通常の生活で利用される光に比べてとても弱く、利用される機器の光検出器に適用できる安定性、再現性が確保されている標準・基準が存在しない。そこで、シンチレータとガンマ線源の組み合わせによる安定微弱光源を提案し、その特性評価技術を確立した。安定微弱光源は、BGO シンチレーション結晶と Cs-137ガンマ線源により構成されており、その特性評価のため6インチ積分球を用い、10 mm チ光電子増倍管、フォトダイオード、光ファイバーを取り付けた。また、鉛遮蔽体内に装置を設置し、自然バックグラウンドを可能な限り取り除いた状態でガンマ線による測定を行った。積分球に取り付けた各光検出器は、標準光源を用いることにより段階的に感度校正を行い、最終的にシンチレータを用いた微弱光の発光を再現性良く測定することを可能にした。一般的に微

弱光測定に用いられる発光反応測定装置の感度校正も実証試験として実施し、結果を得ることができた。本研究結果が、発光反応測定装置の測定再現性、安定性に関するよりどころになると期待される。

【分野名】標準・計測

【キーワード】放射線源、微弱光、シンチレータ、光検出器

【研究題目】極微弱 LED の全光子束測定技術の開発

【研究代表者】丹羽 一樹（計測標準研究部門）

【研究担当者】丹羽 一樹（常勤職員1名）

【研究内容】

マイクロプレートリーダ、あるいは発光イメージング装置の精度管理、あるいは校正に用いられる 2π 放射 LED 微弱光源の開発が進められている。本研究では、この光源の分光全放射束の測定を目的としている。現在は光源の極微弱領域での分光全放射束値を分光放射照度標準を用いて測定するための積分球式分光測定系の構築に向けた研究を行っている。

測定系評価に必要な極微弱 LED 光源は、レファレンス用光源として開発が進められているものを活用している。

積分球で光源を測定する際、通常は積分球の中心に光源を設置するが、 2π 配光である本光源は積分球壁面の窓（ポート）から覗く位置に設置するしかなく、正しい値を測定できない恐れがある。そこで本光源の形状を模した発光位置可変光源を作製し、光源設置位置による測定結果に対する影響を評価した。この結果は、極微弱領域の光源に限らず、 2π 配光光源であれば、例えば大型の液晶パネルのような光源にも適用できる。

更に、感度特性の異なる複数の光検出器を用いた相互評価を目的とし、2つのマルチチャンネル CCD 検出器、フォトダイオード、光電子増倍管で同時に測定するシステムを構築した。これは、現在使用可能な国家標準が 500 W という高強度な分光放射照度標準電球のみであり、本研究の対象となる微弱な LED 光源の測定を行うためには、検出器の感度直線性評価が重要となることから実施するものである。また、極微弱 LED 光源を使用して校正する目的の一つである発光測定装置を実際に校正する実証試験として、ホタル発光反応の量子収率測定を実施した。

以上の結果を国際会議論文3件にまとめ発表した。

【分野名】標準・計測

【キーワード】分光放射計測、積分球、LED、バイオアッセイ

【研究題目】フィードバック型広帯域干渉計による位相・群屈折率分散計測システムの開発

【研究代表者】平井 亜紀子（計測標準研究部門）

【研究担当者】平井 亜紀子（常勤職員1名）

【研究内容】

光科学、光学産業の多くの分野で、光学材料の屈折率やその波長依存性（分散）の正確な情報が必要とされているが、 10^{-5} から 10^{-6} オーダーで値の信頼性が確保できる測定技術は少なく、また、これまではレーザーや輝線スペクトルのような離散的な単一波長における屈折率の値しか直接精密測定できなかった。本研究では、白色 LED のようなブロードバンド光源を用い、バリエブルパス（光路長可変）干渉法と分光器、光路長補償系を組み合わせるにより、光学材料の位相屈折率分散および群屈折率分散を精密に直接計測する手法を開発する。

平成23年度は、群屈折率分散と位相屈折率分散の両方を測定することができる光学系を設計し、目標とする屈折率の測定精度を達成するために必要な、各装置の性能を検証した。

光源としてブロードバンド光源を用いるため、光源の可干渉距離以上の光路長差を与えた場合は干渉縞やチャネルドスペクトルの構造が消滅し、測定できない。よって、バリエブルパス干渉計の測定光路長変化を参照光路長の変化により補償し、補償量測定干渉計でその補償量を測定することにより、試料中の光路長変化量を求める系を設計した。次に、設計した系の挙動をシミュレーションにより評価し、使用する光源に対して必要な光路長差を与えた場合でも干渉縞を計測することができる移動ステージの制御パラメータを決定した。また、屈折率測定の不確かさに寄与する要因を挙げ、それらの影響を解析的に評価することにより、屈折率の目標測定不確かさ 10^{-5} を達成するために必要な、各不確かさ要因の不確かさを見積もった。

【分野名】標準・計測

【キーワード】屈折率、分散、干渉計測、広帯域光干渉計

【研究題目】光励起型原子泉方式実用セシウム原子時計の開発

【研究代表者】柳町 真也（計測標準研究部門）

【研究担当者】柳町 真也（常勤職員1名）

【研究内容】

現在、一次周波数標準器の主流である原子泉方式を実用原子時計に適用し、セシウム原子のラマン遷移を分光することで、現用の高安定実用原子時計（水素メーザー等）の周波数安定度を超越する原子時計の実現を主目的としている。装置の開発に当たって、本開発の重要な要素となるセシウム原子 D2線のラマン遷移の観測から着手した。周波数安定度を劣化させるノイズ要因を見極め、得られた知見を装置の設計に反映させるため、一次周波数標準器として利用している NMIJ-F1を用いて予備実験を行った。ラマン遷移を励起するために必要な2週波は電気光学変調器の搬送波と側帯波を用いた。原子の打ち上げ方向と平行にラマン遷移励起レーザーを照射し、

相互作用時間0.4秒でスペクトルを観測した結果、約1.8 Hzの半値全幅をもつ蛍光信号を観測した。また、ラマン遷移励起レーザーの照射を時分割することでラムゼーフリンジを観測することができた。その際、原子の打ち上げとラマン遷移励起レーザーの照射タイミングのジッターが一次ドップラーシフトにより周波数シフトを誘引することがわかり、本装置作製のための重要な参考データが得られた。このことからラマン遷移励起レーザーの照射方向は原子の運動と垂直が最適であるとの結論を導いた。次に、電気光学変調器に付加するマイクロ波の変調指数とラマン遷移励起レーザーの総合パワーの2つをパラメータとして、時計遷移のACシュタルク効果が打ち消される条件を探った。時計遷移の周波数が照射レーザーの光強度に依存しない条件として変調パワーが-0.3 dBm から-1.0 dBm の間にあることがわかった。以上の結果は次年度以降の装置開発の基礎データとして用いられる。

【分野名】標準・計測

【キーワード】マイクロ波周波数、実用原子時計、2分
光ラマン遷移

【研究題目】抗マalaria薬スクリーニングを見据えた
迅速マalaria原虫検出手法の開発

【研究代表者】八代 聖基（健康工学研究部門）

【研究担当者】八代 聖基、片岡 正敏、山村 昌平、
阿部 香織、橋本 芳子、
メイ モウテツ（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

マalaria原虫はヒトの赤血球に寄生を繰り返し、年間感染者数3億人以上うち200万人以上が死亡している人類史上最も重篤な寄生虫感染症である。感染症マalariaの深刻な問題として抗マalaria薬に対する薬剤耐性マalaria原虫の出現や、地球規模の温暖化・交通手段の発達によるグローバル化によって感染者数の増加・感染地域の拡大が上げられる。このような背景のなか WHO などの国際機関ではマalaria撲滅指針の一つに「早期発見および適切な早期治療」を掲げている。近年、予防・治療分野では薬剤を塗布した蚊帳による感染予防は大きな成果を上げ、また生薬をベースとした抗マalaria薬の開発は実を結びつつある。しかし診断法に関しては、免疫クロマト法や PCR 法が開発されてはいるものの、検出感度や検出時間などの面から今だ100年以上前に確立されたギムザ染色による顕微鏡下での観察診断が主流とされている。そのため特に感染初期段階での診断に多大な時間と労力を必要とし、早期発見とその先に続く治療の大きな妨げとなっている。そのため感染症マalaria撲滅にはギムザ染色法に代わる感染初期に感染の有無を見極める事のできる迅速な診断手法の開発が急務と考えられる。そこで小胞輸送関連タンパク質を標的としたマalaria特異的抗体と、大量の血球細胞を一定数ずつ整列させ

る事ができる細胞チップと名付けた微細加工プラスチック基板を用いることで、数百万個の血球細胞の中からたった一個のマalaria感染赤血球を見つけ出すことを可能とする簡便かつ迅速なマalaria診断手法の確立を試みている。これまで研究してきたマalaria原虫の小胞輸送関連タンパク質に関する生物学的研究と大量の細胞を正確に並べる工学的技術を融合し、分離・濃縮・検出をワンステップで行うことで300万個程度の赤血球中からたった一個のマalaria感染赤血球の有無を15分程度で検出するため、今年度は300万個を一度に観察することを可能とする細胞チップを作成した。これを使って赤血球が並ぶ事を確認している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】マalaria原虫、細胞チップ、薬剤スクリーニング

【研究題目】細胞機能を可視化する新奇な超分子ナノ材料の光創製

【研究代表者】Biju Vasudevan Pillai
（健康工学研究部門）

【研究担当者】Biju Vasudevan Pillai、
Edakkattuparambil Shibu
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究の目的は、無毒性かつ高発光性超分子の新規ナノ粒子を開発することである。また、これらのナノ粒子については、細胞外および細胞内標識用の蛍光ラベルとしての利用を目指している。初めに、Au や Ag の高発光性量子クラスターの合成を行った。この合成には、グルタチオンやウシ血清アルブミン（BSA）のようなりガンドを用いた。BSA やグルタチオンに含まれる親水基は水相における量子クラスターを安定化する性質も有する。そこで、我々は Au₈、Au₁₅、Ag₂₅の三種の量子クラスターを合成した。これらの量子クラスターは、赤外線領域での可視化が可能な強いフォトルミネセンスを示す。また、これらの量子クラスターが、ベクターなどの導入媒体を介することなく、生きた細胞に効率的に輸送されることも見出した。さらに、これら量子クラスターは、 μM レベルにおいても細胞毒性を持たなかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】量子クラスター・ナノ粒子・蛍光ラベル

【研究題目】運動一視覚神経ダイナミクスの脳機能
関連モデルによる「操作感」の評価

【研究代表者】岩木 直（健康工学研究部門）

【研究担当者】岩木 直、梅村 浩之（常勤職員2名）

【研究内容】

目標：

人ー機械インターフェイスの操作から得られる現実感（「操作感」）の知覚が、自己運動とそれによる環境変化

の知覚情報(感覚フィードバック)の脳内処理の中でどのように表現されているのかを解明する。

研究計画:

主観的な操作感の変化が運動-感覚連関にどのように反映されるのかを調べるために、高精度な脳活動ダイナミクス解析技術と脳領域間の相互作用を解析する技術を用いて、「操作感」と相関して変化する脳活動成分を抽出・可視化する。

年度進捗状況:

fMRI装置内で、視覚フィードバックの忠実性をコントロールした1次元の目標追跡実験(被験者のジョイスティック操作に関連して動くカーソルで、画面上を移動するターゲットをできるだけ正確に追跡する実験)を行い、被験者のジョイスティック操作、画面上に表示される目標(ターゲット)とカーソルの位置関係、およびfMRI信号を同時に計測した。この実験から得られるfMRI信号のStatistical Parametric Mapping解析を行ったところ、被験者の主観的操作感の知覚に比例して、right temporo-parietal junction (rTPJ)における脳活動が増大することを明らかにした。また、同様の目標追跡課題を遂行中の被験者のMEGデータの計測を進めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】操作感、非侵襲脳活動計測、fMRI、MEG、right temporo-parietal junction、バーチャルリアリティ

【研究題目】不溶性セルロース分解をめざした耐熱性人工酵素創製に関する基盤研究

【研究代表者】上垣 浩一(健康工学研究部門)

【研究担当者】上垣 浩一(常勤職員1名)

【研究内容】

近年、食物(トウモロコシ等)の持つ糖を利用した発酵法でのエタノール生産(バイオエタノール生産)が注目を集めている。しかし食物を利用する限り食糧問題とエネルギー生産のバランスをどう調整するかという問題が生じてくる。そこで食物と競合しない木質系バイオマス(廃材等)を利用して糖を生産することができればバイオマス利用の促進に大きな弾みをつけることができる。そのためには硬い結晶構造をもつセルロースを主成分とする木質系バイオマスを高速で分解することのできる強力な酵素セルラーゼの開発が渴望されている。研究代表者らは木質系バイオマスの酵素的分解に利用可能な有用超耐熱性セルラーゼを開発することを目標に*Pyrococcus horikoshi*由来の超耐熱性セルラーゼの触媒ドメインと他の好熱性古細菌(*Pyrococcus furiosus*)由来の糖分解酵素キチナーゼが持つ基質吸着ドメインとの融合化を行い不溶性基質に強い活性を持たせたセルラーゼの高機能化研究を行っている。本年度ではこの融合セルラーゼをさらに高機能化させる指針を得るため両ドメインの順番を入れ替え(N末側に吸着ドメイン、C

末側にセルラーゼ)これらをつなぐリンカーの長さを変化させた各変異体の発現系の構築と精製を行い各変異体の不溶性基質に対する分解活性を野生型(耐熱セルラーゼの触媒ドメインのみ)と比較した。活性測定はソモギーネルソン法を用いた。解析の結果、N末に吸着ドメインを融合した場合にはリンカー長が長い方が活性増強効果が大きく効果を調べた最長のリンカー長(50アミノ酸)で最大の効果が得られた。ただし増強効果は2倍程度でありC末に融合した場合よりも効果は少し劣る事が判った。本研究から吸着ドメインの融合位置が活性発現に重要なことがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】人工酵素、セルロース、バイオマス

【研究題目】Wnt/RorRor2シグナルと細胞応答、組織形成機構の解析

【研究代表者】大石 勲(健康工学研究部門)

【研究担当者】大石 勲(常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

Wntシグナル伝達は様々な生体応答に必須のシグナル伝達である。Wntシグナルは多岐に渡る複雑なシグナル伝達系であり、受容体型チロシンキナーゼRor2はWntシグナル伝達因子の一つである。本研究ではWntシグナル伝達機構をRor2を中心に解析する。

研究計画:

ゼブラフィッシュを用い、Ror2をはじめとするWntシグナル関連分子の機能促進、抑制を中心に生体における構成要素の役割を明らかにする。

研究進捗状況:

本年度はゼブラフィッシュを用いて受容体型チロシンキナーゼRorを介するWntシグナルならびに心臓再生過程におけるWnt及び関連シグナルの関与の可能性について検討した。ゼブラフィッシュ受精卵のRor2遺伝子をモルフォリノアンチセンスオリゴにて抑制するとWntシグナルの活性化が認められ、頭蓋顔面形成、付属肢形成等の異常が認められる。これら形態形成異常の一部は神経堤細胞の異常に起因すると予想されたが、Ror2抑制個体における初期神経堤細胞マーカーの異常は認められず、Ror2が神経堤細胞の初期分化過程に関与せず、それ以降の過程に関与することが示された。また、ゼブラフィッシュ個体は組織損傷時に旺盛な再生能力を示すが、心臓の部分切除や穿孔による損傷時にWntシグナルが活性化することを見出した。これを受けて、心臓損傷後の再生応答に関わるシグナル伝達について明らかにする目的で、心臓の損傷部位に発現誘導される新たな分子の探索を試みた。その結果、ケモカインとその受容体が損傷部位に発現誘導されることを見出し、Wntを介する再生応答の新しいメカニズムに繋がる展望が開けてきた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ゼブラフィッシュ、形態形成、シグナル伝達

〔研究題目〕 顕微イメージング・エリプソメーターの開発

〔研究代表者〕 大槻 荘一（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 大槻 荘一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

デバイスや細胞の表面構造を0.5 μm 以下の水平分解能および0.1nm以下の深さ分解能で非標識かつ定量的にイメージングを行うことを目標とする。H23年度は、対物レンズに並行光を入射し、後側焦点面における射出光強度分布をCCDで測定する顕微エリプソメーターを構築し、その性能を調べた。

酸化タンタルを蒸着したカバーガラスを試料とし、油浸型対物レンズを用い、カバーガラスを通して測定を行った。入射光学系に位相遅延子を設置し、偏光子および検光子の方位角を4通りに設定し、方位角依存性が除去された後側焦点面における光強度分布の背景画像を求めた。次に、前記背景画像において射出光の輪郭線を円として識別し、入射角30°～41°の範囲で0.5°おきに、また方位角22.5°おきに同心円状のセクタを定義し、CCDの1画素を10 \times 10に分割した小画素を前記セクタに帰属した。偏光子、位相遅延子および検光子の方位角をそれぞれ0°、22.5°および0°とし、後側焦点面における光強度分布を測定した。前記セクタにおいて、CCD画像の画素の輝度を、帰属した小画素の数に応じて積算し、方位角についての直流成分、2倍波および4倍波のそれぞれ余弦ならびに正弦成分を求め、試料の偏光解析計数を算出した。計算によって求めた計数をフィッティングすることにより、酸化タンタル膜の厚さと屈折率を求め、合わせて対物レンズおよびビームスプリッターの影響を推定した。さらに、回転位相遅延子法を用いて対物レンズからCCDに至る光学効果のベクトルを求め、前記背景画像を用いて規格化することにより、試料のミューラー行列の12個の要素を求めた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 デバイス、細胞、表面構造、偏光解析、顕微鏡

〔研究題目〕 光の波長による日中覚醒作用の心理的・神経生理的評価に関する研究

〔研究代表者〕 岡本 洋輔（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 岡本 洋輔（他1名）

〔研究内容〕

光はその波長成分（色）によって夜間における人間の覚醒度に与える影響が異なる。これまで、緑色光や暗闇と比較して青色光への暴露が覚醒度を向上させることが明らかにされている。一方、夜間以外の時間帯における

光の波長成分による覚醒作用特性や作用メカニズムについては不明な点が多い。本研究課題では、これらを解明するため、以下の実験を行った。

まず、早朝における青色と赤色光暴露時の脳波の計測を行った。後頭部付近で計測した脳波のアルファ波成分は、暗闇条件と比較して青色光と赤色光暴露後約30分後から小さくなった。大脳活動の低周波成分（シーター波、アルファ波）の強度は主観的眠気と正の相関を持つと考えられることから、本結果は早朝における青色光と赤色光への暴露によって眠たさが抑制されたことを示唆している。これは、夜間以外の時間帯である早朝においても青色光と赤色光には覚醒作用がある可能性を示している。

さらに、日中において、波長成分の異なる光を暴露したときに、認知課題に対する反応時間と脳波およびセッション中の主観的眠気を計測した。認知課題として聴覚オドボール課題を用いた。出現頻度の異なる2種類の音を呈示し、被験者には低頻度の音刺激に対してボタン押しを求めた。主観的眠気と反応時間は、実験時間の経過とともに増加する傾向が見られたが、光の波長による違いは見られなかった。脳波は低頻度刺激呈示後約300msに観察される大脳活動のピーク（P300）について解析を行った。その結果、暗闇条件と比較して、青色光に暴露中ではP300の相対振幅が経過時間とともに大きくなる傾向が見られた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 光環境、波長、覚醒度、認知作業

〔研究題目〕 海藻生長促進微生物群集の解明及び海藻と微生物共存系による水圏環境浄化に関する研究

〔研究代表者〕 垣田 浩孝（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 垣田 浩孝（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

海藻バイオフィルターへの導入海藻の供給技術開発として本研究を行う。海藻の栄養塩吸収機能を活用した水圏健康リスク因子削減技術を進展させるために、海藻付着共存微生物群集を解明し、海藻付着共存微生物群集と海藻を人工的に共存させた再構成共存系での培養により海藻収量の増加を試みる。

研究計画：

平成23年度は、海藻バイオフィルターへ導入可能な海藻の単藻培養株の作成、非成熟株の継続培養、海藻の付着共存微生物の数とその検索を実施する。

研究進捗状況：

試料に介在する微生物数は天然海藻試料で10⁵～10⁶個/g、培養海藻試料で10⁶～10⁷個/g、環境海水で10³～10⁵個/mlであった。介在微生物を塩要求性（生育に海水が必要な微生物と海水でも生育するが1M塩化ナトリウムでも生育可能な微生物）に区別後、微生物の形態・色素

でグループ分けをした。天然海藻試料では1M 塩化ナトリウムでも生育可能な非発酵性グラム陰性桿菌と生育に海水が必要な非発酵性グラム陰性桿菌がほぼ同数（ 10^6 個/g）で一番多く、培養海藻試料では生育に海水が必要な非発酵性グラム陰性桿菌が飛び抜けて多いこと（ 10^7 個/g）を明らかにした。この結果は2年とも同様であった。このことは海藻に付着共存する微生物群集菌相が海藻培養中に変化することを示唆している点で意義のある結果である。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 健康リスク削減、水圏、海藻

〔研究題目〕 聴覚補助器による音声コミュニケーション能力を評価する尺度の開発

〔研究代表者〕 籠宮 隆之（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 籠宮 隆之（他1名）

〔研究内容〕

音声言語では、言葉の意味以外にも、話者の感情や発話者が誰であるか、などの様々な情報を伝達している。例えば、「そうですか」という発話は、発話の仕方により「あいづち」「疑念」「感心」など、伝える意図を変えることができる。また、話し声を聞けば、話者の性別や年齢などを概ね推定できる。このような非言語・パラ言語情報は円滑な音声コミュニケーションを行うためには不可欠な情報であり、補聴器や人工内耳などの聴覚補助器でも伝達すべき情報である。しかし、現在広く用いられている聴覚補助器の評価法では、単音が正しく伝わるか、単語の聞き取りができるか、などに着目しており、上記のような非言語・パラ言語情報については着目されてこなかった。そこで、本研究では、聴覚補助器による非言語・パラ言語情報伝達性能を評価するための方法を確立することを目的とした。

本年度は、話者識別情報の伝達性能評価法の確立にむけ、話者識別情報伝達性能テストのプロトタイプを構築した。また、このプロトタイプのテストを用いて、産総研健康工学研究部門で開発している骨導超音波補聴器の性能評価を行った。さらに、本テストを用いて骨導超音波補聴器と人工内耳のシミュレータの性能との比較を行った。その結果、骨導超音波補聴器の話者識別情報伝達性能は人工内耳よりも優れていることが分かった。

さらに、話者情報のうち、性別や年齢などの情報がどの程度伝達できているかを評価するテストのプロトタイプを作成した。その上で、このプロトタイプテストを用いて骨導超音波補聴器と人工内耳シミュレータの性能評価を行った。その結果、1) 骨導超音波補聴器は話者の性別情報の伝達においては人工内耳と同等の性能を持っていること、2) 話者の年齢情報の伝達は人工内耳よりも優れていること、3) 本プロトタイプテストにより聴覚補助器の性能の違いを評価できること、などの結果が得られた。

これらの結果は、本研究課題で作成したプロトタイプテストにより、聴覚補助器のユーザにとって有益な情報を得られることを示している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 補聴器、音声知覚、心理実験、話者識別、パラ言語情報

〔研究題目〕 BDNF プロドメインの新しい生理作用に関する構造生物学と神経生理学の融合研究

〔研究代表者〕 小島 正己（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 小島 正己、上垣 浩一
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

背景:

BDNF は LTP (Long-term potentiation) を促進し LTD (Long-term depression) を抑制するが、proBDNF は LTD を促進しスパイン密度を低下させることを我々は昨年度までに見出している。これらの結果から、BDNF 依存的なシナプス可塑性において、BDNF プロドメイン (BDNF pro-peptide) も生理作用を発揮する可能性が推察され、昨年度までの研究から、BDNF pro-peptide は濃度依存的に LTD を促進することを明らかにしてきた。

目標:

本年度は、BDNF プロドメイン (BDNF pro-peptide) の生理機能を解明することを目標とした。つまり、BDNF pro-peptide の配列中に存在する一塩基多型 (Val66Met) に注目し BDNF pro-peptide による LTD の促進効果への影響を検証した。

進捗状況:

電気生理学的手法を用いた研究から、Val66Met 変異は BDNF pro-peptide による LTD の促進作用を抑制することを明らかにした。さらに、LTD 発現のメカニズムに不可欠な AMPA 受容体の分子動態を解析した。その結果、BDNF pro-peptide による AMPA 受容体の分子動態が Val66Met 変異により影響されることが確認された。以上の結果は、ヒト BDNF 遺伝子の一塩基多型 (Val66Met 変異) は BDNF pro-peptide の生理作用に影響しうることを強く示唆する。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ペプチド、神経伝達、神経細胞

〔研究題目〕 ムチン型糖蛋白質による微絨毛形成機構と細胞接着におよぼす機能の解析

〔研究代表者〕 立花 宏一（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 立花 宏一（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標:

CD43等の細胞表面ムチン型糖蛋白質による微絨毛形

成のメカニズムを分子細胞生物学的手法により明らかにすると共に、これらの糖蛋白質による細胞接着制御機構を明らかにする。

研究計画：

CD43などの細胞表面ムチン型糖蛋白質をヒト胎児腎臓由来細胞株 HEK293T に発現させると細胞表面に微絨毛（マイクロビライ）を形成すると共に細胞の球状化を引き起こし、また、細胞接着を抑制することを発見している。微絨毛形成や細胞接着阻害に必要な CD43等ムチン型糖蛋白質のドメインを明らかにすると共に、細胞内シグナル伝達の変化を解析することで、ムチン型糖蛋白質の機能発現メカニズムを明らかにする。

年度進捗状況：

本年度は細胞表面ムチン型糖蛋白質である CD34も CD43同様微絨毛形成および細胞接着抑制を HEK293T 細胞に引き起こす事を明らかにした。また、前年度発見した細胞接着阻害が ERM 蛋白 C 末 Thr 残基をリン酸化する細胞内シグナル伝達機構を明らかにする為に阻害剤等を用いた解析を行い、このリン酸化に関わると考えられる複数のキナーゼ候補を抽出し同定を進めている。さらに、本研究中に今まで知られていなかった全く新しい細胞-基質接着を発見しており、この細胞接着制御におけるムチン型糖蛋白質の機能についても解析を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微絨毛、ムチン型糖蛋白質、細胞接着

【研究題目】 細胞操作技術を目指したケージドペプチドの合成

【研究代表者】 達 吉郎（健康工学研究部門）

【研究担当者】 達 吉郎（常勤職員1名）

【研究内容】

ケージドペプチドは、光解離性保護基を生理活性ペプチドに導入したペプチド誘導體であり、生理活性が遮蔽されている状態にあるが、紫外光照射により、保護基を脱離させ、活性な構造のペプチドを生成することができる。光で生理活性ペプチドの濃度を瞬間的に任意の部位で上昇させることができることから、神経伝達や細胞内情報伝達のような速く且つ部位特異的な生命現象の解明に有用と期待されている。ペプチドへ光解離性保護基が導入できる部位は、親水性アミノ酸の側鎖、両末端、アミド、に限られる。これまでの構造生物学的な知見からは、ペプチドとその相手蛋白質（レセプターや酵素等）との相互作用は、側鎖と主鎖アミドが関与しているものが多く知られており、これらの部位への「汎用な導入法の確立」が望まれる。まず、ペプチドの主鎖アミドへの光解離性保護基（2-ニトロベンジル基）の導入法につき、セリンなどの保護基を有するアミノ酸への導入を検討した。Fmoc-X1-(NB)X2-OH のジペプチドを合成し、これを固相合成へ利用することにより、X2が

スレオニン等の親水性アミノ酸の主鎖アミドにもニトロベンジル基を導入することができることを確認した。この方法をもちいて、ターン構造をとるペプチドのフラグメントペプチドの合成に適用したところ、ランダムコイル構造のペプチドが得られた。これまでの研究から、バリンなどの嵩高いアミノ酸のほか、保護基を持つアミノ酸にも適用することが確認できた。この方法は、ケージドペプチドのほか、Difficult Sequence の配列のペプチドの合成にも有用であると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ケージド化合物、ペプチド

【研究題目】 周期構造・高屈折率無機界面を有する高感度バイオチップの研究

【研究代表者】 田和 圭子（健康工学研究部門）

【研究担当者】 田和 圭子、笹川 知里
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

臨床診断チップ開発を目指した高感度バイオセンシング技術の開発においては、マーカーの高感度検出技術とマーカー認識抗体をチップに高密度配列させる技術の両方が必要である。本研究では、産総研の周期構造チップ（＝プラズモニクチップ）を利用した高感度蛍光計測技術と、共同研究者である東北大学大学院工学研究科の梅津光央准教授の酸化亜鉛表面に特異的に結合する抗体断片を利用した抗体固定化技術の異分野融合によって、簡単な装置および操作でマーカータンパク質の高感度検出法の確立を目標としている。

本年度は、様々なマーカータンパク質を認識できるアッセイを構成するため、多様性を持たせる重要なパーツとしてビオチンタグ抗酸化亜鉛抗体と酸化亜鉛コーティングプラズモニクチップを利用した系を検討し、サンドイッチアッセイ法を使って計測される従来の ELISA 法よりも高感度検出できるサンドイッチアッセイシステムの構築を目指した。まず、酸化亜鉛へのビオチンタグ抗酸化亜鉛抗体の結合については、リン酸が酸化亜鉛膜への抗体の結合を阻害し、抗体とリン酸が、競争反動的に酸化亜鉛表面に結合していることがわかった。そこで高濃度な抗体溶液をチップに加えることで、抗体の選択的な結合が確認できた。このビオチンタグ抗酸化亜鉛抗体を用いたサンドイッチアッセイで、神経栄養因子（BDNF）をマーカーとするアッセイを構築し、1pM を検出することができた。今後、ほかのマーカーについても酸化亜鉛コーティングプラズモニクチップを用いた高感度な検出法の開発を進めていく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオセンシング、プラズモン共鳴、周期構造、プラズモニクチップ、サンドイッチアッセイ、高感度検出、酸化亜鉛

〔研究題目〕 ソフト界面で修飾されたプラズモニックチップ上の高感度蛍光バイオセンシング

〔研究代表者〕 田和 圭子 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 田和 圭子 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

プラズモニックチップ (=金属薄膜でコーティングした波長オーダーの周期構造をもつチップ) を用いた増強蛍光法によるバイオセンシングでは、表面プラズモン共鳴法 (ピアコア) と比べ、5桁ほど高感度な抗原抗体反応の検出が可能である。本研究では、さらに高 S/N・高感度なマーカー検出を目指し、酸化亜鉛でコーティングされたプラズモニックチップに、非特異吸着を抑制し、様々な種類の抗体に対して高密度な抗体修飾が可能なソフト界面を形成し、サンドイッチアッセイによる高感度なマーカー計測を目指した。

周期構造のレプリカは石英モールドを用いて光ナノインプリント法により作製し、銀薄膜 (膜厚30~40nm) と酸化亜鉛薄膜 (膜厚20nm)、銀薄膜との界面には接着層として膜厚1nm 以下の Cr 薄膜を RF スパッター法により成膜し、プラズモニックチップとした。プラズモニックチップ表面の酸化亜鉛はシリカと異なり、UV 照射による洗浄ができなかったため、成膜後のまま2種類のシランカップリング剤を用いて、PEG をリンカーとするビオチン固定化ソフト界面を作製した。そのソフト界面に、蛍光標識ストレプトアビジンを結合させ、蛍光強度を計測した。1ステップでビオチン修飾できるシランカップリング剤のソフト界面と、2ステップでビオチン修飾できるシランカップリング剤を比較すると、前者の蛍光強度がより大きかった。よって、1ステップ反応によるシランカップリング剤は、ビオチン密度の向上に有効であることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 バイオセンサー、プラズモン共鳴、周期構造、プラズモニックチップ、非特異吸着抑制

〔研究題目〕 メダカの発生過程におけるリンパ管と神経の相互作用の解明

〔研究代表者〕 出口 友則 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 出口 友則、田中 みどり (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

リンパ管は体液の恒常性の維持・脂肪の吸収・免疫に必須であり、病理面では癌や浮腫あるいは様々な炎症性疾患で重要な役割を果たす事が知られる。このことから、リンパ管形成に関する理解は、リンパ管が関与する様々な生命現象の真実に迫るとともに、新たな治療戦略の開発につながることを意味する。しかし、リンパ管内皮細胞が増殖・進展しながら個体内の隅々まで、そのネットワーク構造を形成していく機構については不明なこ

とが多い。血管の形成過程においては、血管内皮細胞は体節由来や神経由来の遺伝子によりガイダンスを受けており、リンパ管でも同様の機構の存在が考えられる。

そこで、本研究ではメダカを用いた *in vivo* イメージングと末梢神経の走行操作、神経由来ガイダンス遺伝子の発現操作により、末梢神経がリンパ管形成に与える影響とその機構を明らかにする。

本年度は、我々が独自に開発したリンパ管可視化メダカと神経可視化メダカを交配し、リンパ管・神経二重可視化メダカを開発した。そして、このメダカの観察によりリンパ管の走行と末梢神経束の走行の類似性を解剖学的に明らかにした。中でも、外側リンパ管と後側線神経束の主幹は左右体表面の正中線付近を併走していることが分かった。次に、走行に類似性が見られた外側リンパ管と後側線神経束について、発生時における動態を共焦点レーザー顕微鏡観察下で経時的に観察することに成功した。その観察結果から、後側線神経の発生後、それを追うように外側リンパ管が形成されていることが明らかになった。また、末梢神経束由来の血管ガイダンス遺伝子である SDF1のメダカホモログのクローニングにも成功した。今後、この遺伝子を本来の発現パターンと異なる領域に発現させ、リンパ管形成にどのような影響を与えるか調べていく。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 リンパ管、神経、発生、*in vivo* イメージング、遺伝子組換え、蛍光タンパク質、モデル生物、メダカ

〔研究題目〕 マイクロウェルによる微小分割を用いた細胞単離に基づく一細胞 PCR 用ディスクの開発

〔研究代表者〕 永井 秀典 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 永井 秀典、岡本 香織 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

目標:

診療現場での癌など各種疾患の早期診断を目指して、既存の大型で高価なセルソーターを利用せず、小型化が容易な遠心力による送液と簡便な微小分割による細胞単離を組み合わせ、正常細胞群に僅かに混在する病変細胞を高感度に検出可能な一細胞 PCR 用ディスクの開発を目的とする。

研究計画:

これまでに開発した流路構造を用いて、①PCR 溶液に希釈した細胞懸濁液を②遠心力で分注し、③マイクロウェルに細胞を単離後、④リアルタイム PCR による遺伝子増幅を検討する。PCR は、プレートの PCR が可能な既存の *in-situ* PCR 用サーマルサイクラーを利用し正確な温度制御を実現する。特に、反応場を微小化するほど、表面効果が増大するために、PCR 反応液中の DNA

がマイクロウェル表面へ吸着するなどにより PCR の収率が著しく低下することを既に報告しているため、リアルタイム PCR により再現性良く遺伝子が増幅されるために必要なボリュームや吸着防止の手法について最適化の検討について着手する。

年度進捗状況：

流路表面への試料の吸着抑制の方法の検討を進めた。その結果、タンパクを用いたコーティング技術を新たに開発することにより、PCR を阻害する非特異吸着を抑制し、樹脂製流路においても PCR が可能となることを実現した。また、PCR のための各ウェルのサイズを微小化していった場合、50pL 以下のレベルまで微小化すると界面効果の影響により PCR が困難となるが、それ以上のボリュームであれば、今回の新規コーティング技術により問題なく PCR が可能であることが確認された。これにより、樹脂製 PCR 用ディスクを用いて、in situ PCR 用サーマルサイクラーによりリアルタイム PCR を行った場合、遺伝子増幅に伴う蛍光増加を確認した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 マイクロウェル、単一細胞、PCR、微小分割

【研究題目】 生物発光長期イメージングによる時計タンパク質の核-細胞質間シャトル機構解析

【研究代表者】 中島 芳浩（健康工学研究部門）

【研究担当者】 中島 芳浩（常勤職員1名）

【研究内容】

本年度は、ルシフェラーゼを細胞内のどのオルガネラに局在化させても、発光イメージング画像が得られるかを検討した。ミトコンドリア、小胞体、細胞膜の各局在化シグナル配列を高発光強度型緑色ルシフェラーゼ (ELuc) の N 末端または C 末端にインフレームで融合させ、CMV プロモーターの制御下で NIH3T3細胞に一過的に過剰発現させた。この際、既に発光イメージング画像が得られている、細胞質、核、ペルオキシソーム移行型ルシフェラーゼをポジティブコントロールに用いた。各細胞を1細胞発光イメージングに供したところ、細胞質、核、ペルオキシソームに局在化させたルシフェラーゼでは明瞭なイメージング画像が得られた。しかし小胞体局在型では低解像度の画像が得られたものの、細胞膜およびミトコンドリア局在型では有意な発光シグナルが検出されなかったことから、局在化させるオルガネラによっては更に詳細な条件検討が必要であることが明らかとなった。続いて時計タンパク質の一種である CRY2タンパク質の細胞内局在化の時間変動を可視化するため、Cry2遺伝子の N 末端に ELuc を融合させ、CMV プロモーター制御下で NIH3T3細胞に一過的に過剰発現させた。その結果、CRY2-ELuc 融合タンパク質は測定開始後1日程度まで、数時間間隔での細胞質と核内の移行を

繰り返すイメージング画像を得ることに成功した。一方、CRY2の核移行配列に変異を導入した CRY2-ELuc 融合タンパク質は常に細胞質に留まったことから、本研究で得られた発光イメージング画像は CRY2の生理的な時刻依存的局在変化を捉えていることが示唆された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ルシフェラーゼ、発光イメージング、概日リズム

【研究題目】 古細菌におけるチオレドキシシン系抗酸化システムの解明

【研究代表者】 中村 努（健康工学研究部門）

【研究担当者】 中村 努（常勤職員1名）

【研究内容】

細胞の抗酸化機構を進化の観点から理解し、同時に熱に安定な抗酸化タンパク質の産業利用を目指すため、超好熱性古細菌由来の抗酸化タンパク質の反応機構の解析を行っている。特に、超好熱性古細菌としては例外的に好気性である *Aeropyrum pernix* K1からペルオキシレドキシシン (Peroxiredoxin, Prx) とスーパーオキシドデイズターゼ (Superoxide dismutase, SOD) を対象とした。また、Prx と同じくチオールペルオキシダーゼに分類される酵素であるグルタチオンペルオキシダーゼ (Glutathion peroxidase, GPx) を研究対象として追加した。

前年度までに、Prx の基質複合体の構造解析と大型結晶の作製、SOD の構造解析を行った。その過程で、SOD の金属原子に配位する水分子が金属選択性に重要な役割を果たすことを明らかにした。SOD の反応サイクル中には、金属原子のまわりに水以外にも基質（スーパーオキシド）や生成物（過酸化水素、酸素）が結合する。X 線結晶解析では水素原子の位置を観測することができないため、水分子の向きを知ることはできず、また、基質と生成物はすべて酸素原子2個が結合した状態で観測されて区別がつかない。そこで平成23年度は、中性子線結晶解析を目指し、*A. pernix* SOD の大型結晶の作製法 (syringe-type top-seeded solution growth) を開発した。この方法で、1mm オーダーの SOD の結晶を、その向きを制御した上で得ることができた。

GPx については、細菌 (*Escherichia coli* および *Geobacillus kaustophilus*) 由来の酵素の結晶を作製した。いずれの酵素も、ポリエチレングリコールを沈殿剤とする結晶化条件を検討し、結晶を得ることができた。現在、立体構造を計算できる回折データを得るべく、結晶の改良を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 活性酸素、超好熱性古細菌

【研究題目】 精神疲労の客観的評価手法の確立と精神的健康の増進

【研究代表者】七里 元督（健康工学研究部門）

【研究担当者】七里 元督（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究計画の2年目である23年度には、初年度で見出した精神的ストレス負荷時に脂質酸化生成物が生成されるメカニズムについての解析を行った。特にラジカルに依存しない酵素的酸化によって生成される脂質酸化生成物の変動を認めていたため、脂質酸化酵素の各臓器での発現に着目して行った。白血球、脳、肝臓、胃、肺、脾臓など各臓器の蛋白レベルでの発現は変化が見られなかった。この脂質酸化酵素は白血球で強く発現が認められるため、白血球細胞内での局在の変化を細胞染色法にて解析したところ、白血球全体では蛋白量は変化しなかったが、細胞膜分画で脂質酸化酵素の増加が認められ、脂質酸化酵素の局在の変化が本モデルで生じていることを見出した。さらに、細胞内局在変化に関する運搬蛋白と脂質酸化酵素が結合することを同定した。一方、マウスに抗酸化物質であるビタミン E 類（トコフェロール、トコトリエノール）を投与した上で精神的ストレスを負荷した場合、トコトリエノール投与群で、脂質酸化生成物の減少および胃粘膜障害の抑制を認めた。トコトリエノールは脂質酸化酵素と結合し阻害するという報告もあり、精神的ストレス負荷時の脂質酸化生成物の産生に脂質酸化酵素が関与することが考えられた。

また、ヒトに終夜のデスクワーク作業負荷を行った際の血液中脂質酸化生成物および抗酸化物質の測定を行った。終夜のデスクワーク負荷に伴って、抗酸化物質トコフェロール、コエンザイム Q の減少とトコフェロール酸化物の増加及びコレステロール由来脂質酸化物の増加を認めた。このヒト疲労負荷実験の結果を学会にて発表し、現在論文作成を行っている。

【分野名】バイオマーカー・酸化ストレス・疲労

【キーワード】精神疲労、脂質酸化生成物

【研究題目】抗菌ペプチドの細菌外膜への結合機構の単一分子感度解析に基づく高活性抗菌剤の開発

【研究代表者】福岡 聡（健康工学研究部門）

【研究担当者】福岡 聡、伊藤 民武（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では抗敗血症性の高活性抗菌剤開発を推進する。細菌表層複合糖の物理化学的なマクロ解析、及び、単一分子計測技術を応用し定量的に評価する。細菌の生物活性発現複合糖のリポ多糖及びその脂質部分リポド A を用いる。抗菌作用を示すマガイニン2や NK-リシンとそのアミノ酸の部分置換ペプチドや細菌表層結合性の生体関連物質を作用させたときの、膜物性及び生物活性への影響を検討し、活性抑制の指針を得る。

平成23年度は、マガイニン2のグルタミン酸残基から4番目に位置するアラニン残基など一部のアミノ酸を、カ

ルボキシルアミノ酸などに置換したペプチドを用いて、リポ多糖やリポド A に結合したときの相転移挙動や電気状態変化を、各種分光スペクトルの測定や熱分析などにより調べた。その結果、カルボキシルアミノ酸置換ペプチドをリポド A に作用させた場合、電荷はアニオンで静電反発するにもかかわらず、膜結合性が高く膜物性も顕著に変化した。一方、カルボキシル基をアミド化しカチオン性にしたアミノ酸では静電相互作用は強くなるが結合性は向上しなかった。以上の結果などにより、アミノ酸置換によるペプチドのコンフォメーション改変で細菌外膜との相互作用が変化し、生物活性の抑制・向上が制御可能なことが示唆された。また、表面増強ラマン分光法によるリポ多糖とペプチドとの相互作用に関しては、金属微粒子凝集体-ラマン分光システムによりリポ多糖で凝集反応が誘導されるタンパク質類との組み合わせで評価可能と判明するなど、本年度の目標をはほぼ達成した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】リポ多糖、リポド A、抗菌ペプチド、胆汁酸、表面増強ラマン、単一分子解析

【研究題目】人工ナノレセプター粒子を用いたアルツハイマー病早期診断非標識検知チップの開発

【研究代表者】瀧脇 雄介（健康工学研究部門）

【研究担当者】瀧脇 雄介（常勤職員1名）

【研究内容】

金キャップナノ構造体チップの上に、抗体分子と分子インプリント薄膜（MIPR）を各々調製し表面状態を比較した。抗体固定界面は、数百ナノメートルの表面凹凸構造が認められたが、MIPR 界面はそれら凹凸構造が殆ど認められなかった。そこで、MIPR の調製工程で必要な重合時間を0.1-5.0分の間で検討を行ったところ、2分以下の時にターゲット分子の吸着に伴う僅かな局在表面プラズモン共鳴（LSPR）応答が認められはじめた。抗体固定チップでは自己組織化単分子膜（SAM）を介し共有結合的に素子を固定化させるが、MIPR チップは金キャップナノ構造体表面でランダムにテンプレート分子を配置・重合させる事により薄膜を調製し固定化させるため、ターゲット分子を捕捉する結合サイトの分布や、その密度を抗体固定界面のよう化学的に配置・制御する事が困難である。よって、LSPR 応答によるバックグラウンドと S/N 比がチップ毎に大きくバラつくため、多角的なプロファイリング解析を正確に行う事が困難である事が分かった。そこで、この問題を解決するため、化学結合によりテンプレート分子を予め SAM 表面に共有結合的に固定化し、MIPR がナノオーダーの薄膜になるよう、重合時間と作製工程の条件を変える事で結合サイトの分布と密度を化学的に制御し、バラつきの低減が可能であるかを検討した。又、テンプレート分子を固定化する際に、ピコリットルオーダーで素子を正確に配置で

きるインクジェットプリント技術を新たに活用し MIPR チップを作製した。その結果、重合時間を0.5分でバックグラウンドのバラつきを、従来より約3-4倍低減させる事が可能である事が分かった。同時に、シグナル値の低下も観察されたが全体として S/N 値は増加したため、プロファイリング化に向けて良好な結果を得るに至った。

【分野名】複合新領域

【キーワード】ナノ、非標識、インクジェット、インプリント

【研究題目】共鳴レーザー光を利用した細胞内ナノマニピュレーション

【研究代表者】細川 千絵（健康工学研究部門）

【研究担当者】細川 千絵（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、従来の光ピンセット技術に共鳴レーザー光を組み合わせるにより、細胞表面や細胞内の特定分子のみを局所的に操作するナノマニピュレーション技術を開発することを研究の目的とした。本年度は、神経細胞内の特定分子のナノマニピュレーションの実証に取り組んだ。ラット胎児脳から調整した海馬神経細胞の分散培養系を対象とし、神経細胞接着分子である NCAM に対する抗体に量子ドットを結合する免疫蛍光染色により、生細胞条件において神経細胞接着分子の局在を確認した。波長1064nm の光ピンセット用レーザーを細胞表面に集光すると、集光位置において NCAM に結合した量子ドットからの二光子励起蛍光が観測され、時間とともに引き寄せられる様子が確認された。レーザー光強度が高くなるにつれ、集光位置での蛍光強度の増加が顕著にみられたことから、光捕捉力の増大に伴いレーザー集光領域内の分子数の増加が示唆された。次に、蛍光相関分光法により、集光位置での二光子励起蛍光強度の自己相関関数を測定した。自己相関関数を二成分関数によりフィッティングしたところ、早い減衰成分と遅い減衰成分との両成分において、レーザー光強度が高くなるにつれ、自己相関関数の減衰時間が遅くなり、レーザー集光領域内の分子数が増加し、分子運動が遅くなると考察した。さらに、波長488nm の共鳴レーザー光を光ピンセット用レーザー光と同時に照射することにより、自己相関関数の減衰時間が遅くなる傾向もみられ、光捕捉力の増大が示唆された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】光ピンセット、神経細胞、共鳴効果

【研究題目】多孔性無機陰イオン交換体の細孔制御及び過塩素酸イオンの選択的捕捉技術に関する研究

【研究代表者】榎田 洋二（健康工学研究部門）

【研究担当者】榎田 洋二、苑田 晃成
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、過塩素酸イオンを選択的に吸着する多孔性の鉄系水酸化物を開発するために、細孔の縦方向の Fe (OH) 6八面体の連結数を m 、横方向を n として $[m \times n]$ と表記した場合に、 $[2 \times 3]$ または $[3 \times 3]$ の細孔構造を持ち、かつ、陰イオン交換性を有する新規多孔体の合成を目指す。本年度は、鉄系層状複水酸化物（レピドクロサイト、 γ -FeOOH）の一部の Fe (III) を Zr (IV) に置換し、各種オキソ酸イオンに対する交換特性を調べるとともに、合成物を水熱処理して新規な細孔構造の構築を試みた。レピドクロサイトの Fe の一部を Zr に置換したイオン交換体の各種陰イオンに対する分配係数 (Kd) は、Zr の置換率に関係なくリン酸・硫酸>硝酸>過塩素酸の順であったが、Zr の置換率が高いほど過塩素酸イオンに対する分配係数が高かった。一方、Fe (III) の一部を Zr (IV) に置換した化合物を水熱処理したが、 $[2 \times 3]$ または $[3 \times 3]$ の細孔構造は構築できなかった。そこで、鉄系以外の層状化合物を過塩素酸イオン捕捉剤に応用できないか予備的に検討したところ、層状アルミノケイ酸塩鉱物のモンモリロナイトの層間に塩化ヘキサデシルピリジニウムを過剰に挿入した化合物が過塩素酸イオンに対して高い交換特性を示すことがわかった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】無機イオン交換体、多孔質材料、有害イオン除去、過塩素酸イオン、透過電子顕微鏡

【研究題目】感染症診断を目指した細胞チップデバイスの構築

【研究代表者】山村 昌平（健康工学研究部門）

【研究担当者】山村 昌平、八代 聖基、片岡 正俊
（常勤職員3名）

【研究内容】

目標：

寄生虫感染症であるマラリアの診断方法としては、原虫感染した赤血球の顕微鏡観察が主流であり、その他に PCR 法やイムノクロマト法があるが、感度、検出時間、操作性に問題がある。そこで本研究では、既存の診断法では不可能であった自覚症状のない段階で極めて早期に、高感度、短時間に診断するため、赤血球を均一かつ単一層に配置し、その中から100万個に1個レベルの極少数のマラリア感染赤血球を迅速かつ高感度に検出できる超集積型の細胞チップの開発を目標とする。

研究計画：

マラリア原虫の核を蛍光染色することによって、核のない正常な赤血球に対して、マラリア感染赤血球のみを検出できるように蛍光染色の条件検討を行う。マラリア感染赤血球を0.1%から0.0001%に細胞濃度を変化させ、マイクロアレイスキャナーを用いて感染赤血球を検出す

る条件を洗い出す。さらに、チップ上でそのままギムザ染色等を行うことによって、標的の単一感染赤血球の詳細な機能解析を行うことを目指す。

年度進捗状況：

昨年度は、細胞チップを用いて、270万個以上の赤血球を均一かつ単一層に配置することに成功した。本年度は、本細胞チップを用いて、270万個の赤血球中から1個のマラリア感染赤血球を15分間で検出することに成功した。それによって、従来法である PCR 法の5倍以上、顕微鏡観察法の100倍以上の高感度検出でありながら、簡易、迅速なマラリア診断方法の構築を実現した。さらに、細胞チップ上において、標的のマラリア感染赤血球のギムザ染色ができたことから、検出後の詳細な機能解析も可能であることが示された。将来、既存法に置き換わる新しいマラリアの早期診断法として期待される。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 細胞チップ、マイクロアレイ、単一細胞解析、ハイスループットスクリーニング、感染症、マラリア

【研究題目】 レーザによる任意組織における発癌モデル開発

【研究代表者】 弓場 俊輔（健康工学研究部門）

【研究担当者】 弓場 俊輔、出口 友則、川崎 隆史、上崎 頼子、静岡 和子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

目標：

研究代表者が世界で唯一の新技术として開発に成功した赤外レーザー誘起遺伝子発現操作（IR-LEGO）法を、メダカに適用し、任意組織における発癌を誘起する。これにより、細胞レベルの空間分解能をもった生体イメージングから発癌メカニズムの研究のみならず、抗癌剤等の候補物質のスクリーニングにも寄与する発癌モデルの開発を目指す。

研究計画：

IR-LEGO 法によって、臓器構成細胞に癌関連遺伝子を強制発現させ、各種臓器における発癌モデルメダカを作製する。一方、蛍光タンパク質遺伝子の導入によって血管・リンパ管を可視化した系統も同時に作製し、発癌モデル系統との交配系統も作製する。この交配個体を用いて、発癌過程や固形癌における脈管新生・転移過程等について解析する。

年度進捗状況：

標的とする膵臓組織を可視化するために昨年度クローニングした複数の同組織特異的プロモーター下流に蛍光タンパク質の遺伝子を繋いだベクターを作製、メダカ卵に微量注入法により導入し、膵臓組織特異的に蛍光タンパク質が発現するトランスジェニック系統の複数樹立に成功した。一方、がん組織の血管新生を可視化するため、

複数遺伝子のメダカ BAC クローンを利用した血管可視化トランスジェニック系統の樹立準備を進めた。また、赤外レーザーによる発癌系統として、熱ショックプロモーター制御下で組換え酵素 Cre を発現する系統は他機関からの分与に負い、他、Cre 発現によって、構成的プロモーター制御下で癌遺伝子が誘導される系統に関しては、樹立のためのベクター構築を進めた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 癌、病理学、顕微鏡システム、創薬スクリーニング

【研究題目】 SERS チップの性能評価

【研究代表者】 福岡 聡（健康工学研究部門）

【研究担当者】 福岡 聡、伊藤 民武
（常勤職員2名）

【研究内容】

目的：

表面増強ラマン散乱スペクトル（SERS）測定用の量子結晶チップ（有限会社マイテック製）について、金属基板の基本的評価及び同基板表面で作製した、銀ナノ粒子の形状と成分を調べた。また、エンドトキシン検出用のリムルス試薬やエンドトキシン結合タンパク質・ペプチドを固定化した量子結晶を作製し、標準エンドトキシン溶液の SERS を測定し、エンドトキシンバイオセンサとしての性能を評価する。

研究内容：

SERS チップの微細構造及び測定の鍵となる銀微粒子の形状とサイズを走査電子顕微鏡により観察し、元素組成を蛍光 X 線分析した。エンドトキシン測定では、SERS 測定に最適なリムルス試薬と銀ナノ粒子の組み合わせ方法、試薬の最小量、測定時間、測定感度などを調べた。また、エンドトキシン定量分析用のエンドトキシン結合タンパク質類の選抜を進めた。

研究結果：

SERS チップは製造ロットによって、基板表面の微細構造や元素成分に微小差があり、銀ナノ粒子の形状とサイズに変化が認められた。SERS チップに感度250EU/Lのリムルス試薬を組み合わせると、100EU/L が短時間に測定可能なことが示された。5分程度と標準的な所要時間の1/10に短縮された。また、標準的なゲル化法に比して1/1000以下の試薬量での測定を実現した。エンドトキシン結合タンパク質類を用いた検討では、リポ多糖のレセプタータンパク質、抗菌ペプチドなどの中では、リポ多糖結合タンパク質で特異的 SERS ピークを認めた。以上により、SERS チップがエンドトキシン用のバイオセンサデバイスとして有用であることが示された。

【分野名】 ナノテクノロジー・計測・ライフサイエンス

【キーワード】 表面増強ラマン散乱スペクトル、単一分子感度計測、エンドトキシン、リポ多糖、

リムルス試薬、ゲル化反応

【研究題目】 マイクロチップ基板を用いた歯周病迅速診断デバイスの開発

【研究代表者】 阿部 佳織 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 阿部 佳織、片岡 正俊

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

歯周病患者で血中濃度が上がると報告されている炎症性サイトカインの IL-6 と TNF- α の測定をマイクロチップ基板上で行った。検出原理は96穴 ELISA 法と同じであり、本年度は迅速 (抗原抗体反応: 35分) で高感度 (検出感度: 2pg/ml) な検出を行うために以下の4項目について検討を行った。

①マイクロ流路に吐出する一次抗体濃度および吐出パターンとの検討: 一次抗体濃度は、高濃度なものをを用いるほど検出感度が上がり、96穴 ELISA 法の125~500倍濃度のものをを用いた場合、抗原抗体反応時間35分で2pg/ml を検出することが可能となった。また、一次抗体の吐出面積が広いほど、抗原抗体反応によるシグナルも大きくなるのが分かり、従来の吐出面積の3倍を吐出することにより、高感度な検出が可能となった。②ブロッキング条件の検討: BSA や市販のブロッキング液4種類を比較した結果、DS ファーマ社のブロックエースが流路への非特異的吸着を最も抑制できることが分かった。また、ブロッキングは室温で1時間行った場合と4°Cで一晩浸漬した場合を比較して大きな差は見られなかった。③抗原抗体反応温度の検討: 室温、37°C、50°Cで比較した結果、37°Cと50°Cでは流路への非特異的吸着が大きくなり、抗原特異的な発光シグナルを検出できなくなったが、室温では流路への非特異的吸着は少なく、抗原特異的な発光シグナルの検出が可能であった。④既存法 (96穴 ELISA 法) と本法 (マイクロチップ法) の相関の確認: 健常者の血漿を用いて、既存法と本法での測定値を比較し、良い相関を得ることができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 歯周病、マイクロチップ、サイトカイン

【研究題目】 新規育種技術による糖鎖改変酵母を利用した糖鎖機能の解析

【研究代表者】 安部 博子 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 安部 博子 (常勤職員1名)

【研究内容】

目標:

本研究は糖鎖異常を補填することによって増殖能を回復した酵母株のその補填機能の解明から、糖鎖が持つ増殖制御機構を明らかにすることを目的とする。

酵母の高マンノース型 *N*-糖鎖の外糖鎖を除去し、マンノース5個までにトリミングした *N*-結合型糖鎖を持つ YFY20株に、*O*-マンノース型糖鎖付加の抑制も同時

に行う目的で、*PMT1*遺伝子 (protein-O-mannosyl transferase) の破壊を加えた YFY21株を取得した。しかしながら、YFY21株は増殖能の低下および *ts* 性を引き起こす。そこで、新規育種技術である不均衡変異導入法を適用し、増殖能等を回復させた YFY22株を取得することに成功している。この YFY22株がどのようなメカニズムによってこれらの表現型を回復することができるのかを調べることを目的に、今年度は YFY21株とその増殖回復株である YFY22株との間で網羅的遺伝子発現解析を行い、YFY22株にて発現量が増加する遺伝子、および発現量が低下する遺伝子を明らかにすることができた。現在、これらの遺伝子はマンノース転移活性が抑制されている中、増殖および *ts* 性を回復するための必須遺伝子であるかどうかの解析を行っている。また、*O*-結合型糖鎖の機能を調べる目的で著しい増殖能の低下を示す、*PMT2*および *PMT4*の2重遺伝子破壊株を構築し、不均衡変異導入法の適用によってその増殖回復株の取得を行った。この取得した2重遺伝子破壊株の増殖能の低下は、細胞壁センサータンパク質 *Wsc1*、*Mid2*の細胞表層への局在能が失われていることが原因であることから、本研究にて取得した増殖回復株にてこれらタンパク質の局在能の変化について解析を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖機能、酵母、遺伝子発現解析

【研究題目】 単一銀ナノ粒子2量体と単一色素分子で構成された電磁気学的強結合系の実証

【研究代表者】 伊藤 民武 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 伊藤 民武 (常勤職員1名)

【研究内容】

概要:

表面増強ラマン散乱 (SERS) 分光では、単分子の振動状態の詳細な識別が出来るため生体分子の超高感度認識へ応用できる。しかし、SERSの起源であるプラズモン (金属の伝導電子の集団振動) 共鳴と分子の電磁気学的結合の状態は不明な点が多い。従って、この結合の定量的検証を行う。弱結合の場合はプラズモン共鳴と分子分極は独立して扱えるので分子のラマンとして SERS スペクトルを扱える。強結合の場合では、分子分極とプラズモン共鳴の量子状態が混合するため、それぞれを独立して扱えない。このような弱結合と強結合の検証という観点で SERS の研究を行う。

目標:

単一銀ナノ粒子凝集体の SERS を用いて弱結合と強結合の効果を検証する。第1の目標は銀ナノ粒子凝集体のプラズモン共鳴スペクトルの変化を SERS の発現前後で比較することである。第2の目標はそのプラズモン共鳴スペクトルの変化を強結合の証拠であるラビ分裂の観点から検証することである。

進捗状況:

目標1は成功した。目標2の実験中に SERS 揺らぎに関連する重要な知見が得られたため研究の方針を転換した。SERS 揺らぎをスペクトル解析することでこの揺らぎが~0.1nm 程度の分子位置変化と金属ナノ粒子形状変化に対応していることを明らかにした。また、プラズモンによる蛍光消光の増強が蛍光増強より100倍以上強いことを発見した。この強い蛍光消光増強によって分子分極率は時間的に変動し、その結果ラビ分裂に繋がる可能性がある。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 表面増強ラマン散乱 (SERS)、銀ナノ粒子、プラズモン (伝導電子の集団振動)、蛍光増強、蛍光消光増強

【研究 題目】 好塩、好アルカリ・ハロモナス菌による化成品原料生産に向けた極限菌との代謝比較解析

【研究代表者】 河田 悦和 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 河田 悦和、熊田 志保
(常勤職員1名、他1名)

【研究 内容】

持続可能型社会実現にはエネルギー・リファイナリーの非食用バイオマス資源化が必要である。我々が発見した *Halomonas* sp. KM-1は高塩、高 pH 環境で、ほぼコンタミネーションなく生育し、各種の余剰バイオマスを利用し、バイオプラスチック PHA を生産する。将来の工業利用に向けて、本菌と、他のハロモナス菌や好塩、好アルカリ菌との代謝物の違いを分析することで、好塩性、好アルカリ性、さらに、バイオプロセス産品である PHA 等の生産との関連を明らかにする。

1. *Halomonas* sp.KM-1の培養条件による菌体内、外の代謝物の分析

バイオディーゼル製造の際に余剰となるグリセロールを基質として、*Halomonas* sp.KM-1を培養した。バイオプラスチック PHA を著量に蓄積する条件と蓄積しない条件それぞれにおいて、培養初期から定常期までのサンプリングをおこない、菌体内、菌体外に蓄積、分泌される代謝物を GC-MS にて分析し、主成分分析などにより、PHA 産生に関連する代謝物を検討した。

2. ハロモナス菌、好塩菌、好アルカリ菌の代謝と *Halomonas* sp.KM-1と比較解析

NITE 等のカルチャーコレクションにあるハロモナス菌の代謝分析を行い、*Halomonas* sp.KM-1と比較する。本年度は複数の条件で PHA の産生について検討を行い、結果を論文発表した。その中で、*Halomonas* sp.KM-1の PHA 生産能力が最も優れていることが明らかになった。さらに、代謝変化を目指して、PHA 産生条件と異なる微生物の条件での代謝物の分析を行った結果、予想外に PHB のモノマーが

大量に分泌されることを見だし、特許出願を行った。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微生物、バイオテクノロジー、分析化学、メタボローム、ハロモナス

【研究 題目】 動的脳活動の非侵襲計測データ統合解析に基づく高次視覚認知のデコーディング技術

【研究代表者】 岩木 直 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 岩木 直 (常勤職員1名)

【研究 内容】

目標 :

本研究では、脳内の様々な領域の協調的活動によって実現されている高次かつ主観的な視覚体験の神経機序を解明するためのツールとして、脳活動の時空間ダイナミクスと領域間相互作用データから高次視覚体験の神経情報を復号化 (デコード) する技術の確立を目標とする。

研究計画 :

MEG/EEG と fMRI データの統合解析手法を基盤に、脳活動の時空間的特徴 (部位、潜時・活動時間) を、高精度に抽出する手法を開発する。さらに、統合解析アルゴリズムにより得られる高精度な脳活動データから、因果モデリング技術を用いて、各活動領域間の相互作用を定量的に評価する手法を考案する。また、三次元知覚の明瞭度をパラメトリックに制御できる3D-SFM 実験課題の設計を行う。

年度進捗状況 :

MEG と fMRI データを相補的に統合して、空間的な解像度を低下させることなく、ミリ秒オーダーの時間解像度で脳神経活動の推移を可視化する技術を確立した。また、三次元物体認知の主観的な体験を制御する視覚刺激パラメータ抽出のための行動学的実験を行ったところ、三次元知覚の個人差が想定以上に大きいことを明らかにした。さらに三次元物体認知パフォーマンスと、頭頂及び後頭部における γ 帯域 (40Hz 前後) の自発脳活動強度との間に有意な相関があることを明らかにした。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 非侵襲脳機能計測、マルチモーダルデータ統合、三次元物体知覚、高次視覚処理、自発脳活動

【研究 題目】 生活習慣病の早期診断を目的とした新規バイオマーカーの生理的意義解明

【研究代表者】 吉田 康一 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 吉田 康一、七里 元督、赤澤 陽子、梅野 彩 (常勤職員2名、他2名)

【研究 内容】

本研究においてバイオマーカーとして提案している脂質酸化生成物 (ヒドロキシコレステロールおよびヒドロキシリノール酸) は、疫学的研究のもと生活習慣病など

の早期診断に有望であると考えているが、これら生成物の生理的意義は未だ解明されていない。これらが原因物質かそれとも結果の反映であるのかを解明し、疾患の早期診断における実用性をより明確に示すことを目標としている。23年度は以下の知見が得られた。

① パーキンソン病モデル動物における体内脂質酸化と抗酸化物質の効果

薬物投与によるパーキンソン病モデルマウスを用いて、血液中および中枢神経の酸化傷害を抗酸化物質で抑制することで、行動異常を改善することができるかを検討した。疾病モデルマウスの血清中および脳組織（特に中脳・線条体）における、脂質酸化生成物の増加と行動異常を認めた。さらに、本マウスへの薬物投与前からの抗酸化物質の摂餌は、血清中における脂質酸化生成物を抑制し行動異常に対する改善効果を示した。これらの結果より、脂質酸化物の上昇はモデルマウスにおける行動異常の一因になっていることが示唆された。しかし、薬物投与による脳内神経伝達物質の変化に対して、抗酸化物質による改善効果は認められなかった。

② ヒドロキシリノール酸の細胞応答メカニズム解明

培養細胞（主に上皮角化細胞 HaCat）を用いて、各脂質酸化物の細胞毒性と酸化剤による細胞死に対する細胞保護効果を検討した。HaCaT 細胞に前処理した4種類のヒドロキシリノール酸の異性体の内、2種において細胞保護作用を認めた。細胞保護作用を示したヒドロキシリノール酸は細胞内の抗酸化タンパク質の誘導を示し、細胞保護作用への関与が示唆された。今後、これらの結果をもとに、細胞死を示さない低濃度での適応応答とその詳細なメカニズムの解析を行う。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 生活習慣病、バイオマーカー、脂質酸化物、早期診断

【研究題目】 酸化ストレスによって惹起される体内時計の乱れと睡眠障害発症過程の解明

【研究代表者】 吉田 康一（健康工学研究部門）

【研究担当者】 吉田 康一、七里 元督、宮崎 歴、
富田 辰之介、梅野 彩、石田 規子
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

リズム障害と酸化ストレスとの関係性を評価するためには、ベースラインとなる酸化ストレスの日内リズムをまず知る必要がある。しかし、これまで血液中の酸化ストレスマーカーのヒドロキシリノール酸（HODE）を経時的に24時間測定した事がなかったため、平成23年度はマウスを用いて HODE の一日の時間的変化を調べた。その結果、血液中 HODE は明期に低く、暗期に高い明瞭な日内リズムを示す事が明らかとなった。異なる酸化ストレスマーカー7β-OHCh も同様

の応答性を示した。これらの変動はそれぞれの酸化反応の基質となるリノール酸やコレステロールなどの濃度に日内リズムがないにもかかわらず、大きく変化する事から、生体内の酸化ストレス状態の変化を的確に捉えていると考えられる。これらの日内リズムの変化は、体内時計遺伝子クロックのミュータントマウスにおいても観察される事から、体内時計遺伝子とは独立したメカニズムのもとで酸化ストレスリズムが形成されている事がわかった。さらに、酸化ストレスに大きく影響すると予想される摂食行動との関係を調べるために、明期6時間もしくは暗期6時間の給餌時間制限を行って血液中 HODE の濃度変化を見たところ、暗期給餌では自由給餌と類似した日内変動パターンを示す一方、明期給餌では明期に HODE が高くなり、暗期に低くなる反転のパターンを示した。つまり、摂食行動による酸化ストレスリズムが認められる事を示唆しており、行動リズムを反映した時計遺伝子と異なる新規のバイオマーカーとしての HODE の利用に関して特許出願を行った（特願2012-067165）。24年度には睡眠障害モデルマウスにおける酸化ストレスマーカーの継時的変動を解析し、給餌性で見られた酸化ストレスの日内リズムに対して、ストレス性睡眠障害が及ぼす影響を解析する事としている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 酸化ストレス、リズム障害、睡眠、時計遺伝子

【研究題目】 嗅覚情報を用いた危険検知用人工の鼻センサシステムに関する研究

【研究代表者】 佐藤 孝明（健康工学研究部門）

【研究担当者】 佐藤 孝明、川崎 隆史、廣野 順三
（併任）（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

匂いは、ヒトや動物の危険察知や生活向上に大きな影響を与えており、匂いを生物学的に意味付ける嗅覚情報センシングが可能になれば、危険成分、犯人捜査、体臭変化からの疾病発症予告、自動食品加工管理などを行う多様なロボットや嗅覚情報関連機器・技術の開発が実現されると期待される。本課題では、一千種から数種の嗅覚受容体を選び、培養細胞センサ化し、嗅覚情報を抽出する人工の鼻センサ要素システムを試作する。また、嗅覚受容体を改変し対象の危険物成分を検知するセンサ開発を目指す。本年度の進捗は以下の通り。

1) 培養細胞の人工の鼻センサ化：受容体のリガンド結合推定部位を構成する1~2アミノ酸置換など複数の変異受容体の応答を調べ、全ての変異体で応答性が消失する結果を得た。また、新たな応答性の獲得が確認できない原因と推定される補助蛋白質の影響の解析を開始した。アレイ化では、受容体一過性発現系では必要サイズのマスク上での培養細胞が応答しないと分かり、解決すべく安定発現株化細胞の作成を開始した。

2) 受容体信号の feedforward 抑制系および要素情報形成への寄与の評価: ΔD マウス3匹を用いて追加実験の後半、6種類目の識別と2成分系の識別データを収集した。得られた結果は以前のデータと異なる傾向を示し、さらに3匹での追加実験での確認が必要となり、野生型動物は作成と実験準備が整った。

3) マウス高感受容体導入メダカ作成: 遺伝子組換え技術を用いてマウス高感受容体導入メダカ作成を試みたが、孵化に至る系統が得られなかった。神経特異的プロモータ等を利用した限定発現による改善を試み、再作成を進めた。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] 情報センシング、匂い、生体機能利用、細胞アレイ、分子認識、感覚センサシステム

[研究題目] カーボンナノチューブを用いた高分子アクチュエータの高機能化

[研究代表者] 杉野 卓司 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 杉野 卓司、清原 健司、安積 欣志 (常勤職員3名)

[研究内容]

本研究では、カーボンナノチューブとイオン液体および支持高分子からなる電極膜の伸縮現象を利用したアクチュエータの高機能化を目的として研究を進めている。今年度は、電極膜中の成分組成を調整することにより、アクチュエータの性能パラメータである伸縮率、発生力、応答速度の最適化を行った。まず、添加物として導電性ナノ粒子であるポリアニリンとカーボンブラックの添加を試みた。電極膜中のカーボンナノチューブとイオン液体および支持高分子の量を固定し、導電性添加物の添加量を変えてアクチュエータ性能を調べたところ、変形応答は添加量のみならず添加種により大きく変化することが明らかになった。導電性添加物を加えた電極膜の電気化学特性と機械的特性として、それぞれ、キャパシタンス、導電率およびヤング率を調べた。ポリアニリンを添加した場合、電気化学的特性及び機械的特性とも添加量を増やすほど向上することが明らかになった。一方、カーボンブラックを添加した場合は、キャパシタンスは添加量が増えると大きくなるが、導電率及びヤング率は添加し過ぎると逆に低下することが分かった。以上のことから、導電性添加物の中でもポリアニリンを添加したほうが伸縮率と発生力を同時に向上できることが分かった。そこで、添加物をポリアニリンとし、上記で最適化されたポリアニリン添加量を基準として、イオン液体種、添加するイオン液体量、さらに、素子厚を最適化した。その結果、例えば、0.1Hz では、イオン液体として EMIBF₄ が最適であり、添加量としては電極膜中の組成比で57wt%程度添加することにより、300 μ m 程度の厚みのアクチュエータ素子 (素子サイズ: 2mm (幅) ×

10mm (長さ)) で0.4mm 程度の変形量、1g 以上の発生力を達成することに成功した。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] アクチュエータ、ナノチューブ、イオン液体、導電性添加物

[研究題目] 脂質酸化物を標的としたメタボリックシンドロームにおける抗酸化食品因子の機能評価

[研究代表者] 赤澤 陽子 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 赤澤 陽子、吉田 康一、梅野 彩 (常勤職員2名、他1名)

[研究内容]

加齢に伴い、多くの人が糖尿病・動脈硬化などを特徴としたメタボリックシンドロームを発症するが、それらの疾患の主要原因に肥満が起因するケースがある。肥満によって肥大化した脂肪組織にはマクロファージ (M ϕ) 細胞の浸潤・集積が起こり、炎症性サイトカインの産生が亢進する。このようなサイトカイン分泌異常はさらなる慢性の炎症状態や酸化ストレスを引き起こし、メタボリックシンドロームの発症と進行を誘導すると考えられる。本研究課題では、生体内に豊富に存在する脂質に注目し、脂質酸化物 (特にリノール酸、アラキドン酸、コレステロールの酸化生成物) を生体内のレッドクスバランスを示すパラメーターとして、メタボリックシンドロームに効果的な機能食品の評価法確立を目的とした。

平成23年度は、脂肪細胞に分化した培養細胞 (3T3-L1) に Tumor Necrosis Factor- α (TNF α) や M ϕ 細胞の共培養による炎症モデルにおいて、アディポサイトカイン発現と酸化ストレス (脂質酸化物や活性酸素の生成量) の解析法の構築を行った。炎症の指標としてはサイトカインの Interleukin-6 (IL-6) や Monocyte-chemoattractant protein-1 を用い、それぞれの刺激による炎症と酸化ストレスレベルを解析した。現在の実験条件では顕著な炎症の上昇は認められたが、酸化ストレスの上昇は示さずさらなる実験条件の検討が必要である。また、プロポリス成分のケルセチンとカフェ酸フェニルエステルの前処理により、TNF α 刺激による IL-6 発現上昇の抑制が確認されたが、ビタミン E 類処理ではこの作用は認められなかった。

[分野名] ライフサイエンス

[キーワード] メタボリックシンドローム、脂質酸化、機能性食品

[研究題目] 脳磁界計測を用いた音環境の動的評価メカニズムの解明に関する研究

[研究代表者] 添田 喜治 (健康工学研究部門)

[研究担当者] 添田 喜治、金 容熙 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究は、音環境評価の基本となる音の物理要素の時間変化とヒトの脳磁界反応の関係を調べ、動的音環境評価メカニズムを明らかにすることを目的とする。本年度は、音の大きさの変化に対する脳磁界反応と脳磁界計測を用いた最適サイン音の検討を行った。

従来の音の大きさの変化に対する脳活動に関する研究は、無音から音が発生する時の脳活動を調べたものがほとんどである。しかし実際の環境では、ヒトは時々刻々変化する音を聞いている。そこで、より実際の環境に近い状態での音の大きさの脳内処理過程を調べるため、ある大きさの音が存在し、その後音の大きさが変化する時の脳磁界活動（音の大きさの変化後約100msに現れるN1m'反応）を調べた。音の大きさの減少時には、N1m'潜時・振幅はほぼ一定であった。音の大きさの増加時には、増加量の増大に伴いN1m'振幅は増加した。無音から音が発生する時と比較すると、ある大きさの音が存在し大きさが変化する時のほうが音の増加に対する脳活動の増加率は大きい。この結果は、ある程度の大きさの音に順応しているときのほうが、脳は音の大きさの変化に敏感であることを示している。

駅の改札口や階段の場所を音で案内する「サイン音」は、視覚障害者にとって危険物からの逃避や目的場所への移動のために重要であるが、視覚障害者の4割強が利用しにくいと報告している。本研究では、脳活動からわかりやすいサイン音の推定を目指し、8種類のサイン音（鳥の鳴き声）聴取時の脳磁界活動を解析した。カッコウの鳴き声を聞いている時に活動強度が最大となったことから、カッコウが利用しやすいサイン音であることがわかった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 脳磁界計測、音の大きさ、サイン音

〔研究題目〕 色覚バリアフリー照明の設計に関するシミュレーションの研究

〔研究代表者〕 田村 繁治（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 田村 繁治（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

人間は外部情報の8割を視覚で得ており、日本人の300万人が色覚障害者であることを鑑み、安全・安心な社会生活を営む上で必要な正しい色情報を認識することを可能とするための（健常者と同じ配色パターンを認識・共有）ツールとして色覚バリアフリー照明のスペクトルの開発を行う。被験者実験は行わず、機器の利用、シミュレーションで遂行することを特徴とする。

結果：

(1) LEDのスペクトルを基礎として、スペクトルを合成し、産総研が開発した環境照明変換ソフトウェアと、Vischeck（WEB上で公開）により見え方のシミュレ

ーションを行った。30通りのスペクトルについて調べた結果、赤色LEDとして波長635nm、青色LEDとして波長465nm、および白色LEDの組み合わせにより色覚障害者が正しい配色パターンを認識でき、また、LEDも販売もされていることから、製品としても実用的であることが判った。

(2) 浅田一憲氏がWEB上で無料配布中のソフトウェア「色のシミュレータ」と上記の性能を有する照明装置（産総研で開発）を利用して石原式色覚検査表（特に文字『8』）について、15種類の照明パターンについてバリアフリー照明としての有効性を調べた結果、白色LEDと赤色LEDとの組み合わせは、障害者がパターンの認識が可能であることを確認した。

(3) 被験者実験は行わず、判別の難易度を数値で定量的に評価する手法を考案した。白色LEDと赤色LEDとの組み合わせは、従来知られていた「蛍光灯、赤色LED、青色LED」と同程度の効果があり、省エネに貢献可能なことが判った。従来、理論的に効果が無いとされていた緑色LEDも、配色パターンによっては有効であることも見いだした。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 色覚障害、色覚バリアフリー、照明スペクトル、バリアフリー照明

〔研究題目〕 光トラップポテンシャル場の動的形成による非接触マイクロ操作の研究

〔研究代表者〕 田中 芳夫（健康工学研究部門）

〔研究担当者〕 田中 芳夫（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、光学顕微鏡下の様々な形状と光学的性質を有する物質を対象に、実時間画像処理による被操作対象物の特徴認識技術とレーザー光の照射により形成される光トラップポテンシャル場分布の実時間制御により、非接触で被操作対象物の3次元姿勢や位置を高精度かつ動的に制御するための基盤技術を開発することを目的とし、レーザー光を利用する非接触マイクロ操作技術の汎用化と確立を目指す。本年度得られた主な成果は以下のとおりである。

- (1) 特徴認識アルゴリズムの開発：光学顕微鏡下の全微粒子の中心座標と径を実時間で同定し、同定した微粒子径と同サイズの高輝度円パターンを同定した位置に実時間で複数個生成するための空間光変調器（SLM）制御アルゴリズムを開発した。本アルゴリズムにより、SLMへの位相指令値に位相折り返しが発生する場合においても、亀裂のない高輝度円状レーザー光パターンの生成が可能になり、その結果、安定した光トラップとGPC法単独での数十個のビーズの操作が実現するなど、アルゴリズムの有効性を確認した。
- (2) 時間・空間分布制御による球状物の複数同時操作・配置：ミラーによるレーザー光の走査法と、項目(1)の

SLM 制御アルゴリズムを採用した GPC 法の2種類の光ピンセットが併用できるハイブリッド光ピンセットシステムを試作した。ミラーによる走査法を3次元操作のユーザインターフェースとして使用し、GPC 法を高密度微粒子アレイ作成のための静的トラップ場生成ツールとして使用することで、従来の時分割法や GPC 法単独では実現できない、12x12サイズの微粒子アレイ作成に成功するなど、その有効性と可能性を実証した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 光ピンセット、マイクロ操作、画像処理

【研究題目】 カーボンナノチューブを利用した生体内発電素子の開発

【研究代表者】 都 英次郎 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 都 英次郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

心臓ペースメーカーをはじめさまざまな体内埋め込み型医療機器の需要が世界中で高まっている。また、健康状態などを常時モニタリングできる生体貼り付け型のウェアラブルデバイスに注目が集まっている。しかし、このような機器を持続的に駆動させるための安定した電力供給システムが問題となっている。本研究では、生体内に埋め込まれたデバイスなどへの新しい遠隔式電力供給・充電技術として生体透過性の高い近赤外レーザー光により容易に発熱するカーボンナノチューブ (CNT) の特性 (光発熱特性) を、温度差によって発電する熱電変換素子に組み入れることで、生体内で機能する新しい発電技術の開発に取り組んだ。

CNT は、ナノ炭素材料の一つとして大きな注目を集めているが、溶媒に分散しにくい点が応用上の制約となっていた。今回、ポリ (3-ヘキシルチオフェン) を用いると、CNT をシリコーン樹脂 (ポリジメチルシロキサン) 中に均一に分散できることを見いだした。この CNT を分散させた樹脂は生体透過性の高い近赤外レーザー光によって発熱する。この樹脂フィルムをビスマス-テルル型の固体熱電変換素子の表面に接合した光熱発電素子は、近赤外レーザー光によって樹脂フィルムが発熱して熱電変換素子に温度差を生じ、それによって体の中で効果的な熱電発電動作を示した。

今後は、CNT-高分子複合材料や熱電変換材料のナノ構造制御、レーザーの効率的な照射システムの構築などによって、素子自体の光熱発電効率のさらなる向上を目指す。同時に素子の生体適合性評価や耐久性試験を行い、生体内で安心・安全に利用できる光熱発電素子の開発を目指す。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ナノチューブ、光、発電

【研究題目】 精製リプログラミング因子による piPS 細胞樹立効率化

【研究代表者】 萩原 義久 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 萩原 義久、中島 芳浩、西尾 敬子 (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

新規発光モニター系による蛋白質導入および転写活性化の効率化: リプログラミング因子を大腸菌で発現、精製、ポリカチオン化することで、高濃度の可溶性蛋白質を得た。一方、評価用発光細胞として、応答配列、TK プロモーターおよび緑色発光ルシフェラーゼを連結したカセットを、マウス繊維芽細胞のゲノムに挿入した安定細胞株を樹立した。続いてカチオン化リプログラミング因子を安定細胞株の培養液に添加し、発光をリアルタイムに測定したところ、濃度依存的な発光の増加が認められたことから、精製リプログラミング因子により標的遺伝子が活性化されたことが確認された。

精製転写因子の細胞質-核移行を促進する改変ハチ毒ペプチドの開発: 当初の計画にあった変異メリチンペプチド (GIGAVLHVLTGGLPALISWIHHHHQ-NH₂) を固相合成法により作製した。円偏光二色性を用いて二次構造の pH 応答性を調べたところ、アルカリ性では当初期待していた α -ヘリックスではなく β -シート構造を有することが示唆された。そのため、ヒスチジンの個数の異なる複数のペプチドを新たに合成、精製し、その中から酸性ではヘリックス構造を有さないが、中性領域ではヘリックスを形成する変異ペプチドを得ることに成功した。さらにこのペプチドは生理的条件下では天然型メリチンと比較して細胞毒性が低いことを見出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 蛋白質細胞導入、メリチン、発光モニター、iPS 細胞、リプログラミング因子

【研究題目】 アディポカイン迅速測定用マイクロチップの開発と糖尿病早期診断への応用

【研究代表者】 片岡 正俊 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 片岡 正俊、阿部 佳織、橋本 芳子 (常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

肥満を基盤とした末梢組織でのインスリン抵抗性を示す2型糖尿病患者は、患者とその予備軍 (境界型糖尿病) の数は2千万人を超過しており、重篤な合併症と高額な医療費から個人の QOL の低下と社会的な経済的負担が問題となっている。そこで境界型糖尿病患者に着目して、インスリン抵抗性を規定する TNF- α など6種類のアディポカインの血中動態を、系時的・網羅的に定量解析することで糖代謝能の頑健性の測定・解析を行い、境界型から糖尿病への移行を診断する糖尿病超早期診断法の確立を目指す。この目的を可能にするため、微細加工技術を用いたマイクロ空間での、迅速・省サンプルで定

量性を有する血中アディポカイン測定用マイクロチップの開発を行う。

平成23年度は、TNF- α 、IL-6、アディポネクチン、レプチン、高感度 CRP およびインスリンの各種アディポカインを対象にして既存96穴 ELISA 法と同等の正確性と迅速かつ省サンプルなマイクロチップ基板上で定量検出が可能な免疫検出系を構築する。さらに構築した検出系を用いて、臨床検査法として求められる日内再現性および日間再現性を確保する。

マイクロ流路上に微細化インクジェットを用いて抗体固定を行うことで、上記アディポカインを正確に30分程度でかつ省サンプルに定量検出できる検出系を構築した。さらに、pg/ml 程度と血液中に極微量しか存在しない TNF- α と IL-6を一枚のマイクロチップ上で同時検出可能なマルチ検出系の構築を行った。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 サンドイッチ ELISA 法、マイクロ化学チップ、糖尿病、アディポカイン

【研究題目】 マウス及びヒト iPS 細胞を用いた神経分化誘導での神経栄養因子 BDNF の機能解析

【研究代表者】 北島 真子 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 北島 真子 (常勤職員1名)

【研究内容】

iPS 細胞技術の開発によって、遺伝病の患者の神経分化にどのような異常があるかを観察したり、特定の薬剤の効果や副作用を安全に検証したりできる可能性が現実のものとなりつつある。これらの目的を達成するために iPS 細胞からの各種細胞への分化誘導は現在大いに研究が進められている分野である。ただ iPS 細胞の分化は大変不安定なため神経細胞への分化誘導効率は現在一般的に行われている方法では30%程度と振るわず、効率的な分化誘導方法が模索されている。分化の指標としては神経細胞単体としてのシグナル伝達機能のみならず神経回路としてもしっかり機能するかどうかをみる評価系を用いる。本研究ではこの評価系をマウス iPS 細胞から分化誘導した神経細胞に用いて in vitro で構築された iPS 細胞由来の神経回路に応用し、これらの細胞が確かに神経回路として機能していることを確かめることを目標としている。本研究室ではこれまでに、シャーレ上に8点の電極を配置した多点電極プローブの上で神経回路を構築させ、そこで神経回路の活動を評価する系を確立してきた。この系ではそれぞれの電極で記録された神経活動電位の同期性をみる事が可能である。神経細胞はどこからも入力がなくとも単独で自発的に発火して活動電位を生ずるが、神経回路が形成されると多点電極上のすべての電極においてこの自発的発火が同期して行われていることが観察された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 神経細胞、BDNF、分化

【研究題目】 フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

【研究代表者】 亀井 利浩 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】 亀井 利浩、眞子 祥子 (ネットワークフォトニクス研究センター)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

現在、大規模集積回路においては、データ遅延や電力消費といった電気配線に起因する問題が顕著となりつつあり、シリコン光配線が目ざされている。このような状況の中、産総研は、東京大学等と協力して、フォトニクスとエレクトロニクスが融合した、新しい集積化システムの研究を進めている。将来的な高機能・高密度光回路の実現には、3次元化が不可欠であるため、産総研では、特に、アモルファスシリコンフォトニクス技術に注力している。アモルファスシリコンは低温プロセス (300°C以下) により、シリコン電子回路上に形成可能であるため、バックエンドプロセス (シリコン電子回路等の作成後に光回路を作製する) との整合性が高いからである。最終的に3次元光配線を実現するには、高性能な変調器が必須であるため、「アモルファスシリコン変調器」の開発を進めている。

平成23年度は、プロセスの実現性を勘案しつつ、光学シミュレーションによりアモルファスシリコン変調器の構造を確立した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 3次元光回路、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、大規模集積回路

【研究題目】 グリーンアプリケーションのために繊維状基材連続微細加工技術の開発

【研究代表者】 張 毅 (集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】 張 毅、Yang Zhuoqing
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

埋め込み型マイクロ温度センサを表面マイクロマシンングによって300 μm の外径のキャピラリー上に作製した。繊維状基材へのレジスト塗布プロセス、金属膜のウェットエッチングおよびリフトオフプロセスを開発させた。作製されたマイクロ温度センサの過渡温度分布のシミュレーションを行った。温度センサのプロトタイプの電流-電圧 (IV) 曲線の温度係数を測定し、温度抵抗係数 (TCR) を評価した。平均 TCR 値は0.00384/ $^{\circ}\text{C}$ で、パルク白金抵抗の標準値とよく一致している。この結果は、繊維状基材にマイクロセンサを作る上で有用である。今後、繊維状基材の直接リソグラフィ技術の確立と微細

加工プロセスを確立し、植込み型マイクロセンサとデバイス化技術の研究を進めてゆく。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 MEMS、繊維状基材、マイクロセンサ

〔研究題目〕 分離論理による現実的なプログラムの形式的証明

〔研究代表者〕 Affeldt Reynald

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 Affeldt Reynald (常勤職員1名)

〔研究内容〕

組込みシステムの普及に伴い、低レベルプログラムの安全性の保証に対する重要性が高まっている。国際規格において、最も厳密な評価保証レベルは形式検証である。しかし、大規模なプログラムの形式検証は技術的にまだ大変な作業であるため、一般的に使われていない。本研究の目的は、この現状の改善としてプログラムの形式検証の環境を実現することである。今年度の成果は二つ目のケーススタディの完成と基礎ライブラリの拡張とアセンブリと C 言語を組み合わせたプログラムのサポートに向けての拡張である。平成21年度に低レベルプログラムの形式検証のスケラビリティ問題に対して抽象的な疑似コードからのアセンブリプログラムの構成を提案した。新しい多倍長正数の関数を形式検証し、詳細化の予備実験を行った。今年度、分離論理を利用して、符号付きの整数を形式化し、多倍長整数の関数の形式検証ができた。その関数を利用して、2進拡張互除法の疑似コードからアセンブリプログラムを構成し、疑似コードの詳細化によって、その正しさの形式証明を取得し、現実的で形式検証済みの符号付きの多倍長整数のライブラリの構築が可能になった。平成22年度に C 言語の形式モデルを提案した。今年度、分離論理の定理を形式化し、アラインメントとパディングを公理化した。この拡張によって、アセンブリと C 言語を組み合わせたプログラムの形式検証が可能になる。平成21・22年度に暗号論的疑似乱数生成器の形式検証ができた。その際、プログラムに対して分離論理に基づく仕様を利用し、その仕様自体は第三者の数学の形式基盤(確率論、整数論)から得た。今回、その数学の形式基盤を拡張した。大数の法則を含む確率論の形式化に加えて、情報理論の基礎を形式化し、情報理論の有名なシャノン定理の形式化が成功した。その新しい基盤は情報理論に基づく次世代暗号のプログラムの形式検証に役に立つ。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 形式手法、定理証明支援系、分離論理、アセンブリ、C言語、情報理論

〔研究題目〕 完全準同型ファンクショナル暗号の実現に向けた挑戦的研究

〔研究代表者〕 Nuttapon Attrapadung

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 Nuttapon Attrapadung

(常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的はクラウドコンピューティングにおけるセキュリティソリューションとなる暗号方式を提案することにある。クラウドセキュリティでは、(1)クラウド上のデータベース管理と、(2)クラウド上のデータ処理時のプライバシーが主な課題である。しかし、クラウドプロバイダーの信頼性を仮定せず、かつ、プライベートクラウドを利用しない状況での解決方法はまだ提案されていない。本研究はこのような状況においても安全なシステムを考案する。具体的な目的は、高度なアクセス制御機能を持ち、かつ暗号化されたデータを復号せずに機密性を維持したまま処理ができる「完全準同型ファンクショナル暗号」を提案することにある。

今年度では、初年度から引き続き目的である「完全準同型ファンクショナル暗号」の構成に向けて、二つの成果で示した。一つ目の成果は研究実施計画の【A】暗号アルゴリズムの構成法と【B】安全性モデルおよび分析に関する研究である。主な成果は、広いクラスの高機能暗号を統一し取り扱い可能なファンクショナル暗号の構成法の提案である。この構成法は Adaptive security という最強安全性を持つということを標準的なセキュリティモデルで理論的に証明した。この成果は Journal of Mathematical Cryptology (2011) という国際論文誌に採録された。二つ目の成果は研究実施計画の【C】実用性の高いファンクショナル暗号に関する研究である。主な成果は、昨年度に引き続き、ファンクショナル暗号方式の一つの例である属性ベース暗号の効率の良い方式の構成法を提案した。昨年度では、アクセス制御可能な有料放送などが応用例となるキーポリシータイプという種類の属性ベース暗号を提案したが、今年度では最も難しいとされる、暗号文ポリシータイプという属性ベース暗号の効率の良い方式を提案した。このタイプの応用例はアクセス制御可能なパブリッククラウドなどである。この方式の特徴はファンクショナル暗号の高機能性を落とすことなく、方式の暗号文サイズが小さくすることが可能となった。これにより提案の暗号方式を効率よく実現することが可能となる。属性ベース暗号の研究分野において、本研究の提案方式が現在暗号文サイズと復号の計算量に関しては最も効率の良い方式である。この結果は Theoretical Computer Science (2012) という権威のある国際論文誌に採録された。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 暗号、情報セキュリティ、クラウド

〔研究題目〕 よりよい効率性と厳密な安全性証明を有する新しいパスワード認証方式に関する研究開発

〔研究代表者〕 辛 星漢

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 辛 星漢 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、実世界でもっともよく使われている暗号学的な認証方式に係るものであり、その中でも短いパスワードだけを使って相互認証と安全な通信路を確立するパスワード認証方式をターゲットにしている。本研究の目的は、既存のパスワード認証方式を理論的に分析した上、もっとも効率がよくてかつ厳密な安全性証明ができる新しいパスワード認証方式を提案し、国際標準団体でその認証方式の標準化活動を行うことである。

平成23年度の主な研究成果の一つとして、匿名パスワード認証における内部攻撃を正式にモデル化し安全性の定義を行った後、その安全性を満たす新しい匿名パスワード認証方式を提案した。その結果は国際論文誌へ掲載された。また、平成22年度に国際標準団体 IETF へ提出した I-D (Internet-Draft) を IESG (Internet Engineering Steering Group) LC (Last Call) に応じて内容を更新してきた。現在、I-D (experimental) は平成24年3月に予定されている IESG telechat の agenda になっている。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 パスワード認証、効率性、証明可能な安全性

〔研究題目〕 個々の LDPC 符号が持つ正確な誤り訂正性能評価法の研究

〔研究代表者〕 萩原 学

(情報セキュリティ研究センター)

〔研究担当者〕 萩原 学 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

研究目的：

低密度パリティ検査符号 (LDPC 符号) を用いた通信における、送信語と受信語の一致率 (以下、訂正成功率) を短時間で正確に導く手法の創出。

研究背景：

LDPC 符号はシャノンの通信路限界に接近する符号として学術的価値が高だけでなく、通信機器の国際標準に選出される実用的価値の高い符号でもある。従来の訂正成功率の導出法は計算機シミュレーションによる統計的計算である為、誤差などの要因から正確な評価ができない。また、シミュレーションに多大な時間 (コスト) が必要となる。訂正成功率を評価する自明な方法は、起こり得る全ての誤りパターンを復号器に代入し、復号が成功する誤りパターンの生起確率を求めれば良いが、この方法では全ての誤りパターンを代入するコストを必要とし、誤りパターンの多い状況では実行できない。

進捗状況：

(1) LDPC 符号と Sum-Product 復号の訂正可能誤りと

ある特定のシンδροームとの間の一対一対応を理論的に解明した。そのシンδροームを、訂正可能シンδροームと名付け、計算機を用いてそのデータを集めた。計算機によるデータをもとに、本研究成果の有用性を実証した。

この成果は、符号の誤り率の解析において、次の意味を持つ。まず、ワード誤り率を求めるナイーブな方法は、全ての誤りパターンを、復号器に代入し、正しく訂正できたか否かを調べることで得られることを注意する。この方法では、符号長が80を超える符号の解析は計算量的に、現実時間では不可能である。そこで本成果の訂正可能シンδροームが役に立つ。シンδροーム長は符号長よりも真に小さいという特性をもつことから、訂正可能シンδροームを全てもつことが計算量的に易しいことがある。実際、本研究では SFA (3, 11) -LDPC 符号を例として、本成果の有用性を確かめた。この符号は、符号長が121であり、シンδροーム長が33である。前者の総当りは計算量的に不可能である。一方、後者は可能である。この性質を利用して、具体的にワード誤り率を導出したことは、既存研究と一線を画す成果である。

- (2) 萌芽的な理論解析結果として、誤り訂正シンδροームを求める計算効率を向上した点も成果と言える。そのアイデアは Burnside の補題と呼ばれる群論の定理の応用である。この補題は、訂正可能シンδροームに対するグラフの同型群の作用による軌道の総数を数える手法である。このアイデアを用いることで、符号長121の SFA (3, 11) -LDPC 符号の訂正可能誤りを求める時間を、元来の計算量である「2の121乗」から「2の24乗」まで、原理的に減らせることを示した。
- (3) 符号の性能を左右する、重み分布の解析を行った。中でも、SFA (3, 11) -LDPC 符号よりも一般的な構造を持つ SFA (3, P) -LDPC 不号に着目し、検出不可能誤りの生成率を求める研究を進めた。SFA LDPC 符号は正則 LDPC 符号のクラスの一つであり、準巡回 LDPC 符号でもある。特に、梶、杉山らにより最小距離の導出、最小距離をもつ符号語の個数などが研究されてきた経緯をもつ。本研究では、梶、杉山の考察した SFA LDPC 符号を一般化した構造を定義した。これまで SFA LDPC (J, P) -LDPC は1つの線形符号を指す用語であったが、本定義では P choose J だけ自由度を持つ。特に、一見すると同値で無い符号をふくむクラスとなっている。(同値であるか否かの問題は、後述する) その上で、列重み2もしくは3の SFA LDPC 符号の検出不可能誤り率が、同一の列重みであれば、P のみに依存することを証明した。つまり P choose J ある符号がどれも、同じ誤り率を有することがわかった。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 デバイス開発の低コスト化、通信・デバ

イス・回路の信頼性評価、誤り訂正符号、LDPC 符号、低密度パリティ検査符号

【研究題目】有用な付加機能をもつ電子認証技術に関する研究

【研究代表者】花岡 悟一郎

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】花岡 悟一郎、Jacob Schuldt

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

非常に多くの電子情報システムにおいて、データの保全性を保証するための極めて重要な要素技術として、すでに電子署名の活用が広くなされている。しかし、従来の電子署名の機能は必ずしも十分ではなく、情報システムの高度化に伴い、有用な付加機能や、それに付随したより高度な安全性がなおも求められている。本研究においては、そのような社会的要望に応えることを主たる目的としている。また、ここで得られた知見を活用し、それを電子署名以外の暗号技術（たとえば、(非)対話証明など）にも適用し、さまざまな実用的暗号技術の研究および開発を行っている。本年度においては、前年度の研究成果を受け、より原始的暗号技術に焦点を当てて研究開発を行った。特に、従来の電子署名がもつ基本的な機能について、それをより安全で効率的に実現するための新たな構成手法について研究を行っている。この研究においては、従来の電子署名の安全性や効率性を向上させることのみを目的とはせず、得られた知見を用いて、多種多様な付加機能つき電子署名についても一般的に安全性と効率性を向上可能となるよう念頭においたうえで研究を行った。具体的な成果として、高度なプライバシー保護機能をもつ認証技術であるnominative署名について方式の設計およびその安全性評価を行い、さらに、電子署名と公開鍵暗号の機能を同時に提供するsigncryptionについて一般的構成方法を示し、その構成法が従来よりも一層高度な安全性を持っていることを数学的に証明した。また、一対の秘密鍵-公開鍵ペアのみを電子署名と公開鍵暗号の両方の用途で用いる方式についても安全な構成方法について検討を行い、具体的実現手法と安全性評価を行った。これらの成果は、英文査読誌、国際会議、国内研究会などにおいて発表がなされている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】電子署名、認証方式、証明可能安全性、付加機能

【研究題目】問題ある平文の暗号化を不可能とする暗号方式の実現に関する研究

【研究代表者】花岡 悟一郎

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】花岡 悟一郎、Reynald Affeldt、

Nuttapong Attrapadung、

縫田 光司(常勤職員4名)

【研究内容】

本研究においては、近年の緊迫した世界情勢を鑑み、高度に安全であると同時にテロリスト等による悪用を許すことのない情報通信ネットワークの確立を大きな目的とする。特に、そのようなネットワーク社会において真に要求される全く新たな暗号技術の実現を目指す。現在、多くの研究者による活発な研究開発により、最新の暗号技術によって提供される安全性は極めて高度なレベルに達していると考えられる。その一方で、そのような技術は、テロリスト等が犯罪行為を行う際の情報伝達にも非常に有用な技術となっている。そのため、善意の利用者による正当な暗号技術の利用を制限するか、もしくは、テロリスト等による暗号技術の不正利用を黙認するかのどちらかをせざるを得ない状況である。この事態を根本的に解決する技術の創出が本研究の目標となる。

三年計画の初年度である平成23年度においては、公開鍵暗号全般、特に、キーワード検索可能暗号などの周辺分野について研究動向を調査し、得られた知見を元に提案方式のプロトタイプ的设计を行った。具体的には、まず、実用的な公開鍵暗号を設計するための一般的手法を整理し、それに関する新たな方法論の提案を行った。さらに、それにより得られた知見を用いて、最終目標とする上記技術のプロトタイプとして、平文空間に関して動的な制限を加えることが可能な公開鍵暗号方式的设计を行った。また、同方式について厳密な数学的安全性評価を行い、妥当な安全性定義の上で証明可能安全性を持つことを示した。これらの成果は、国際英文誌および査読付国際会議に採録されている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】公開鍵暗号、証明可能安全性、選択暗号文攻撃、ゼロ知識証明、公開鍵基盤(PKI)

【研究題目】クラウドコンピューティング環境でも高い安全性・信頼性を持つ公開鍵暗号技術の研究

【研究代表者】松田 隆宏

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】松田 隆宏(他1名)

【研究内容】

本研究の目的は、クラウド環境でも高い安全性・信頼性を持つ公開鍵暗号技術を提案することである。具体的には、クラウド環境の構築に用いられる仮想マシン上において用いられても安全性を保証できる公開鍵暗号技術、及び、クラウド環境において原理上不可避な計算の”委託”という状況に置いて、クラウドサービス提供者におかねばならない信頼性のレベルを可能な限り低減することのできる公開鍵暗号技術の構築に取り組む。

初年度には特に、目的の後者を解決する手助けとなる、

「代理人再暗号化方式」、及び「準同型性暗号方式」に関し成果を挙げた。代理人再暗号化方式とは、ある受信者宛ての暗号文を、別の受信者宛ての暗号文へと復号することなく変換できる機能を有する公開鍵暗号方式であり、クラウド上での不特定多数の第三者との暗号化されたままでのデータ共有などの応用が注目されている。本研究では、これまでよりも強い安全性を証明可能な代理人再暗号化暗号方式を、基礎的な暗号要素技術のみを用いて一般的に構成する方法を示した。一方、「準同型暗号」とは、データを暗号化したまま、暗号文のみを用いて平文に関する様々な演算を行うことが可能な暗号方式であり、クラウド上でデータを秘匿したまま様々な演算が可能な技術として、国内外で近年盛んに研究されている。本研究では、従来はアクセス制御が不可であった暗号文上の計算を、特定の秘密情報（鍵）を持つ者のみが実行できるように制限できる機能を有する「鍵付き準同型暗号」方式を提案した。本成果は、次年度以降さらに改良を行っていくことを検討している。これらの成果は、国際会議、国内研究会などにおいて発表がなされている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】暗号技術、クラウド、証明可能安全性

【研究題目】隠れ部分群問題に対する効率的量子アルゴリズムの構築可能性の分析

【研究代表者】縫田 光司

(情報セキュリティ研究センター)

【研究担当者】縫田 光司 (常勤職員1名)

【研究内容】

RSA 暗号など現在標準的に用いられている暗号方式の多くが、将来的に量子コンピュータが実用化された際に破られてしまうという1990年代半ばの研究結果を受け、仮に量子コンピュータが実用化されても安全性が損なわれない暗号方式の実現が近年の情報セキュリティ分野における主要な研究課題の一つとなっている。その目標へ貢献する研究分野の一つが、量子コンピュータが実用化された際に発揮し得る計算性能を明らかにするための量子アルゴリズム分野である。一方、量子コンピュータは既存の暗号方式への潜在的脅威となるだけでなく、より安全な暗号方式を構築するための道具にもなり得るといふ別の研究成果も知られている。量子コンピュータのとり得る計算性能を明らかにすることで、暗号方式への攻撃の予防と新たな暗号方式の開発という両面から未来の情報化社会の安全性確保に貢献することができる。この量子アルゴリズム分野における現在の主要な未解決問題の一つが、本研究の対象である「隠れ部分群問題」である。本研究では、この隠れ部分群問題が量子コンピュータにとってどの程度計算困難な問題であるか、数理的な手法によって明らかにすることを目的とする。

平成23年度は、まず、前年度までに得られた研究成果のうち、査読付き国際論文誌での発表がまだ行えていな

い成果について、論文採録を目指した成果の改善と論文2編の改訂作業を行った。ただし、残念ながら論文採録には未だ至っていないため、今後も継続した成果改善と論文改訂作業が必要であると考えている。次に、前年度までの考察を基に、隠れ部分群問題の量子アルゴリズムに関する新たなアプローチについて考察し、特に既存の量子アルゴリズムで十分に活用されていなかった補助レジスタの再利用法について、問題の定式化の再考察にまで立ち戻った詳細な検討を行った。それにより問題点の洗い出しを行えたものの、具体的な成果を得るまでには至らなかったため、今後の研究課題と考えている。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】量子情報セキュリティ、量子アルゴリズム、量子情報理論

【研究題目】音響的状況認識に基づく高齢者見守り技術の研究

【研究代表者】児島 宏明 (情報技術研究部門)

【研究担当者】児島 宏明、佐土原 健、佐宗 晃、橋本 泰治 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

独居高齢者の安全な生活を支援するために、音響的なセンサに基づく見守り技術の研究開発を行っている。見守りシステムとしての音響センサには、カメラ等のセンサデバイスに比べて比較的 low コストで広範囲をカバーでき、また、本人へのデバイスの装着なしに豊富な情報が得られるなど、多くの利点がある。音響センサによる見守りシステムを実現するための手法として、日常生活における音響イベントを独自の符号に変換し、それに音源の位置情報を加えた時系列パターンからのデータマイニングにより、生活状況の異常を推定するアプローチで研究を進めている。

平成23年度は、3年計画の2年目として次のような研究を行った。音響センサとして、マイクを正方形に配置したマイクアレイを用い、dsPIC マイコンによりリアルタイムで音の到来方向を推定して結果を無線で送る小型装置を試作した。これを4組使用して音源位置を3次元で定位可能なシステムを構築し、評価実験を行った結果、平均定位誤差で36平米に対して約56cm、16平米で約35cmの精度が得られた。また、センサから得られた音響信号から抽出する音響イベントをより広範囲に記述できるように記述方式を見直し、弁別的特徴に基づく音響的素性記述法とそれに対応する特徴抽出法を提案して、実データに適用した。また、従来法では識別が困難な戸の開閉などの長時間にわたる特徴的な時間変化パターンを有する環境音を、動的計画法を用いて識別する手法を開発し、平均95%の識別精度を得た。さらに、月単位の長期間にわたるイベント情報から行動パターンの異常を検出する手法を検討するために、独居高齢者宅の焦電センサ出力からなる公開DBを利用して、部分系列の頻度

の類似性に基づくカーネルセグメンテーションアルゴリズムにより、睡眠、起床、食事といった生活行動が教師データなしに分割可能であることを確認した。これらの手法の有効性を、より実際の居住空間に近い環境で検証するために、実験室内に設置した模擬的な居室で実際に調理等を行って音響データを収録し実験に適用した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】音響センサ、環境音認識、データマイニング、異常検出、見守り

【研究題目】3次元時空間データからの統計的特徴抽出に関する研究

【研究代表者】小林 匠（情報技術研究部門）

【研究担当者】小林 匠（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、静止画・動画や立体を表わすボリュームデータから認識等に有効な特徴を抽出する技術を提案するものである。

平成23年度は、共起特徴の回転不変性について検討を行った。本研究にて扱う共起特徴では、共起ペアパターンの回転同値類を同一特徴に割り振ることで回転不変となる。このようなグルーピングでは、特徴次元が削減されるメリットとともに、判別力も落ちるデメリットが考えられるが、様々な距離（間隔）のペアに対する共起特徴を同時に抽出することで、十分な判別力を持った回転不変共起特徴が得られた。これを用いた、医用での細胞画像認識では対象となる細胞が任意の向きで撮影されているため、回転不変性を考慮することによる効果は大きかった。しかし、人を対象とした画像や動画では、人がほぼ直立するような画角で撮影されており、方向が正規化されている場合には回転不変性の効果は薄かった。一方、昨年度考案した Bag-of-Cooccurrence-Feature の枠組みを、本年度は動画像時系列に適用した。これは、各フレームでの特徴ベクトルを動作 word に量子化し、時間軸上での動作 word の共起特徴を抽出する。時間軸上での動作の共起は、動作の時間的な順序関係を記述していることに相当するため、認識対象である行動を構成する（短時間の）細かな動作の順序も考慮した特徴が得られることになる。これを用いた実験を行い、動画像認識の性能が向上することを確認した。また、本研究にて開発した動作特徴量と他の従来法との性能比較を、様々な公開データベースを用いて定量的に行った。データベースは、屋内環境での上半身のジェスチャー動作や細かなハンドジェスチャー動作、屋外環境での人間行動といった、いずれもこれまでにベンチマークとして使用されてきたものである。多くのデータベースで、従来法を凌駕する認識性能を達成しており、提案した動作特徴量の有効性を定量的に示すことができた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】パターン認識、特徴抽出、時空間データ、

画像認識、動画像認識、3次元形状認識

【研究題目】音圧差検出と認識の双方向処理に基づく移動ロボットに適した音環境理解の研究

【研究代表者】佐々木 洋子（情報技術研究部門）

【研究担当者】佐々木 洋子（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、走行中のロボットが「知っている音には気づける」機能の実現を目指している3年間のプロジェクトである。本プロジェクトの2年目である平成23年度は、マイクロホンアレイによる分離音を識別する技術に取り組んだ。

日常環境中の音を識別するひとつのアプローチとして、ノンパラメトリックベイズを用いた音響ダイアライゼーションシステムを構築した。ダイアライゼーションとは一連の音響信号からどの部分が何の音かを推定する機能である。提案法は、実環境での様々な音に対応するために、音のモデル化に必要な事前情報を最小限にし、入力音に合わせて柔軟なモデルを構築できることが特長である。具体的には、モデルの次元数や音の種類数を入力に合わせて自動生成し、過去の学習結果にない未知の音が入力された場合は新たな音クラスとしてモデルを生成する。

複数人が会話するラジオ番組を用いた評価実験では、話者数未知の条件でも、事前に話者数を与えて話者識別を行った場合に近い精度で識別可能であることを確認した。また実環境で録音したデータに対しても、車の走行音、人の声、扉の開閉音といった音の種類ごとに自動識別が可能であることを確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マイクロホンアレイ、音源定位、音源分離、環境音識別

【研究題目】大規模科学技術データのための分析データベースシステム研究開発

【研究代表者】油井 誠（情報技術研究部門）

【研究担当者】油井 誠（常勤職員1名）

【研究内容】

天文学、生命科学、地質といった科学技術分野では、国際的な情報共有が進んでおり、科学者が大規模データから有益な知識を得るためには、テラ～ペタバイト級の科学技術データを扱える分析データベースシステムの整備が急務である。

本研究では、データベースシステムの地理情報処理プロジェクトへの適用を目指し、平成22年度より2年度計画でテラ～ペタバイト級の科学技術データを扱うためのデータ分析基盤を開発した。

本年度は、昨年度に続きジオメトリ演算をサポートする関係データベース MonetDB を無共有並列型の並列データベースに拡張することで、地理情報データのデータ

量の増加に対してスケール可能なシステム基盤を開発した。

開発した基盤である33台の無共有型の計算機クラスタ環境に対して、データウェアハウスの標準性能指標TPC-H（スケールファクタ=100）の評価を行い、競合システムである Hadoop/Hive と比較し顕著な性能面での優越（最大22.3倍、平均8.97倍）があることを確認した。鍵となるのは、データベースの結合演算処理時に発生するデータ交換を低減して、データ並列の間合せ処理を可能とすることであり、これを実現するためにデータ分割配置手法を新規に開発した（特許出願中）。

さらに、最終的な目標である地理情報プロジェクトへの適用として、月周回衛星「かぐや」のスペクトルデータの解析に成果を適用して予備的な評価をおこない、膨大な測定点データに対する有効性を確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 データベース管理システム、並列データベースシステム、e サイエンス、並列分散処理

【研究題目】 ノンパラメトリックベイズ理論に基づく音楽音響信号の構造学習と音源分離

【研究代表者】 吉井 和佳（情報技術研究部門）

【研究担当者】 吉井 和佳（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、人間の音楽的な感覚を獲得する過程を解明するため、音楽音響信号だけから音楽を音楽たらしめている構造を教師なしで学習すると同時に、音源分離を行うことができる統計的機械学習法を確立することを目的とする。この目的を達成するため、我々は機械学習研究の一つであるノンパラメトリックベイズ理論に着目している。

2年計画の初年度である平成23年度は主に、「楽譜データに対する構造学習」に関する技術開発を行った。具体的には、C major や D minor などといったコードラベルが付与されていない和音（複数の音符の同時発音）の系列を確率モデルで表現することに取り組んだ。従来、この種の問題においては、隣り合う和音には依存関係があることから n-gram モデルを利用するのが一般的であり、n の値を固定し、語彙として和音の種類（コードラベル）は事前に定めるものとされていた。しかし、現実には様々な長さの典型的なコードパターンが存在し、日々新しいコードが確立されていることを考えると、そのような仮定は適切ではない。本研究では、ノンパラメトリックベイズモデルを用いて、n の値を系列中の和音ごとに可変とし（上限が存在しない）、無限種類の和音を扱うことを可能にした。実験の結果、後続の和音の予測精度が向上することを確認した。さらに、「音響データに対する音源分離」に関する検討も開始した。具体的には、これまでの研究を行ってきた、音響信号中に無限

個の音源が含まれていることを理論上許容する無限潜在的調波配分法をヒントに、より高精度かつ学習の際の初期値依存性が低いモデルを構築することを目指している。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 音楽情報処理、機械学習、ノンパラメトリックベイズ

【研究題目】 聴衆の視線移動の制御によりコンテンツ理解度を高める電子黒板システム

【研究代表者】 栗原 一貴（情報技術研究部門）

【研究担当者】 栗原 一貴（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、電子黒板システムにおいて「システム操作に伴う身体動作」が聴衆に与える影響を視線情報の取得などに基づき定量評価し、操作者のユーザビリティと聴衆のコンテンツ理解度を同時に最適化することである。

2年計画の初年度である平成23年度は、一般的な電子黒板システム使用において、聴衆のコンテンツ理解度に影響を与える要因を定量的に調べ、運用 TIPS としてまとめて公開することを計画した。実験の結果、特にビジュアルコンテンツ提示時に聴衆の視線移動とコンテンツ理解度に関して興味深い知見を発見することができたため、その分析を中心に進めた。ビジュアルコンテンツの提示を行う際に、言語情報である字幕情報が内在する場合は、その読解のために聴衆の視線移動が誘発される。そこで字幕情報のコンテンツ上での提示位置を画面中央に変更したところ、冗長な視線移動量が抑制され、効率的な情報理解を促せることが示唆された。この結果を含むビジュアルコンテンツ中の字幕情報の取り扱いについての運用 TIPS を論文にまとめ、査読付き国内学会発表とともに公開した。また最終的に得られた知見は動画コンテンツの高速鑑賞支援システムとして結実し、開発システムを一般公開した。

本成果は本研究が目指す「操作者のユーザビリティと聴衆のコンテンツ理解度を同時に最適化する電子黒板システム」の実現に向けて、まずは操作者の介在しない状態での聴衆の視線移動の性質やコンテンツ理解度との関係についての基礎的検討として位置づけられ、次年度以降の研究開発のベースとなる。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 電子黒板、ユーザビリティ、コンテンツ理解

【研究題目】 大規模仮想計算機群の遠隔移動に関する研究

【研究代表者】 広瀬 崇宏（情報技術研究部門）

【研究担当者】 広瀬 崇宏（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、複数の仮想計算機を効率的に遠隔移動す

る技術を開発することを目標としている。平成23年度は2年間の研究期間のうち初年度にあたる。

本年度は、第一に、複数の仮想計算機を同時に遠隔移動する際の課題を洗い出すべく、日米間のネットワークを用いて既存移動技術の基礎的な性能評価を行った。その結果、高遅延のネットワークにおいては、同時に実行する遠隔移動セッション数を動的に最適化することで、仮想計算機群全体の移動時間を短縮できることがわかった。

第二に、仮想計算機を遠隔移動する際に、データ転送量を削減する手法について研究を進めた。仮想計算機の動作を解析した結果、ワークロードを実行中であっても、更新されないメモリページが相当数存在することが判明した。そこで仮想計算機のメモリページをあらかじめキャッシュしておくことで、遠隔移動の際のデータ転送量を削減する機構を開発した。

第三に、仮想計算機群が遠隔拠点に移動した際にネットワーク到達性を透過的に維持できる手法について研究を進めた。具体的には、Client Mobile IPv6プロトコルのシグナリングメッセージやトンネリングメッセージをゲスト OS の代わりにホスト OS 上で処理する機構を開発した。仮想計算機内部を改変することなくデータをそのまま透過的に送信するトンネリングを可能とし、また複数の仮想計算機を遠隔移動する際にも、一つの仮想計算機ごとに移動できる柔軟性を持たせることができた。

第四に、過去に開発したポストコピー型遠隔移動機構の安定性強化を行った。これにより翌年度に遠隔ネットワーク環境向けの最適化手法を研究するための開発基盤を確立した。

以上の研究成果を国内外の学会および論文誌等で発表を行い、特に、仮想計算機メモリをキャッシュし再利用する機構については、国内シンポジウムにおいて論文賞を受賞した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕仮想計算機、マイグレーション、Mobile IPv6

〔研究題目〕Web 音声インデキシングのための言語的特性の変動に頑健な音声認識に関する研究

〔研究代表者〕緒方 淳（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕緒方 淳（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、Web 上の様々な言語資源を活用することで、音声認識における話題や語彙、発話スタイルといった言語的特性の変動に対する頑健性をいかに高めるかを目的とする。2年計画の初年度である平成23年度は、本研究の重要なポイントである Web 上の膨大な言語資源、集合知を取得するための仕組みを整備するとともに、Web のテキストデータを利用した言語モデリングの高

度化を行った。まず、Web を通じて様々な発話スタイルテキストを得るために、これまで開発してきたポッドキャスト検索 Web サービス「PodCastle」の拡張を行った。

具体的には、近年急速に普及が進んでいる動画共有サイトの動画データも扱えるように拡張し、音声認識を行うことで、ポッドキャスト同様に動画の全文検索が可能となった。動画共有サイトとして YouTube、ニコニコ動画、Ustream といった現在主流のサービスをカバーし、対象とすることで、膨大かつ幅広い種類の動画データを扱えるようになった。

次に、日々更新される Web ニューステキストを収集し、様々な話題・語彙をカバーする言語モデリングのための学習データ（コーパス）を整備し、これを利用することで、Web ニューステキストの幅広い話題・語彙を反映した汎用的な言語モデルを構築した。本言語モデルは、実際の Web 音声データの認識に対して、言語モデルの評価尺度である未知語率、パープレキシティを大幅に削減し、音声認識率を改善できることがわかった。また、言語モデルのさらなる改善のために、入力された Web 音声データに動的かつ教師なしで話題適応する手法の研究開発に取り組んだ。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕音声認識、言語モデリング、Web サービス、集合知

〔研究題目〕大規模 HPC クラスタにおける高性能共有ストレージの性能保証に関する研究

〔研究代表者〕谷村 勇輔（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕谷村 勇輔（常勤職員1名）

〔研究内容〕

高性能計算（HPC）向けの大規模計算機は通常データ入出力等のための高速な共有ストレージを持つが、プログラム同士のアクセス競合により、I/O 性能が不足する場合がある。グリッドやクラウドによる計算機の共有利用が進む中、これは大きな課題となっている。本研究では、各プログラムが明示的に I/O 性能を予約するというコンセプトを採用し、これを HPC に応用するための I/O 制御や資源割り当て、予約方式等の研究を行う。具体的には、産総研で開発中の予約に基づいた性能保証の枠組を有する Papio ストレージソフトウェアをもとに、HPC 用プログラムから Papio によって構築されたストレージシステム（Papio Storage）にアクセスするツールを開発して、実アプリケーションからの利用における性能予約のコンセプトの有用性を検証する。この成果により各プログラムの安定実行を可能にし、大規模計算機の共有利用を促進することを目指している。

2年計画の1年目である平成23年度は、まず Solid State Drive に対する Write アクセスの性能制御の研究を行い、アクセス側が指定したスループットを提供する I/O 性能

制御手法を実装し、Papio に統合して評価試験を進めた。次に、Papio を利用するための2つの上位ツールの研究開発に着手した。第1のツールは、データセンタ外部と Papio Storage 間、あるいは Papio Storage と大規模計算機の各ノードとの間のデータ転送ツールである。クラウドでよく用いられている Amazon S3のインタフェースをベースにし、Papio 独自の性能予約、予約に基づいたアクセス機能の開発を進めた。

第2のツールは MPI-IO を通して Papio を利用するためのツールである。この研究開発は英国のエジンバラ大学と共同で進め、エジンバラ大学が開発中の MPI-IO 実装の Papio 用下位アダプタの開発を行い、Papio と連携させることで MPI-IO アクセスの性能保証の実現を試みた。そして、基本性能の評価や従来の並列ファイルシステムとの比較を進めた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ストレージ、性能保証、ハイパフォーマンスコンピューティング

【研究題目】誘電体バリア放電誘起噴流の高速度メカニズム解明に関する研究

【研究代表者】瀬川 武彦

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】瀬川 武彦 (常勤職員1名)

【研究内容】

誘電体バリア放電誘起噴流は、燃料や排ガスの流れの制御、排ガス処理といった自動車技術を高度化するための次世代流体制御素子としての応用が期待される。本研究ではポリイミドフィルムやサファイアガラスなどの耐熱材料を絶縁層とする誘電体バリア放電素子を試作し、雰囲気温度や材料の膜厚により変化する静電容量や電界強度分布が誘電体バリア放電や誘起噴流の生成に与える影響を調べることで、ミクロスケールのプラズマ現象とマクロスケールの噴流加速過程の関係を明らかにすることを目的とする。本年度は、誘起噴流の瞬時空間速度分布を粒子可視化速度測定法により計測し、雰囲気温度 20℃から 200℃の範囲 (大気圧) で、温度上昇に伴う空気密度の低下と絶縁層の誘電率上昇に伴う噴流減速効果と噴流挙動について高精度の時間空間解析を行った。また、矩形電圧を入力した場合に誘起噴流速度が電圧立ち上がり速度に依存し、ポリイミドフィルムを絶縁層とする誘電体バリア放電素子では 150V/μsec から 250V/μsec の範囲で誘起噴流速度が最大化するメカニズムの解明には、電圧立ち上がり時に間欠的に発生するスパイク状電流の解析が必要不可欠である。そこでデジタルオシロスコープ、ストリークカメラ、及び ICCD カメラの3手法を組み合わせ、プラズマの生成消滅に起因する電流や発光現象の時間空間分布を同時計測し、間欠的に発生する誘電体バリア放電の特徴的な時間スケールや表面電極から進展するストリーマの空間スケールの電圧立ち上がり

速度依存性を定量的に評価した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】誘電体バリア放電、噴流、プラズマ、高温、PIV、ストリークカメラ、絶縁材料

【研究題目】スプライトに類似した実験室内放電における分枝形成機構の解明

【研究代表者】高橋 栄一

(新燃料自動車技術研究センター)

【研究担当者】高橋 栄一、加藤 進 (常勤職員2名)

【研究内容】

過渡放電に広くみられる分枝構造の形成機構を理解するために、雷放電に伴い高層大気に形成されるスプライト放電に着目し、その正負ストリーマを併せ持つ構造の形成機構を明らかにすることを目的とする。前年度までの実験により、ストリーマの分枝形成に影響を与える予備電離密度、ならびにストリーマの伝播速度に対する VUV 光吸収種混合の影響等を明らかにした。本年度は最終年度にあたり、これまでの観測結果に基づき実験室内放電における分枝形成機構に関するモデル構築を行うとともに、スプライト現象との比較を行った。また、構築されたモデルを検証するために、実験により様々な気体、さらにその混合気体に対して分枝形成の有無を比較する実験を実施した。これまでの実験によりストリーマ放電の分枝は揺らぎを有する予備電離空間に伝搬する電離波と考えるモデルが最も有力であると考えられる。この仮説に基づき、針電極だけでは無くほぼ一様な電界分布の中に電離度の異なる領域を形成し、分枝がどのような影響を受けるか調べる実験を行った。その結果はモデルが期待するように、局所的に強い電界が無くても分枝が形成されるスプライトに近い結果が得られた。また、その揺らぎを有する予備電離空間の形成要因としては高層大気では電離層近傍であることから既に存在していると予想されるが、実験室ではプラズマから放出される紫外線、あるいは外部からレーザー照射することによって形成されると考えられる。この紫外線の影響を評価するため、それを吸収するメタンを混合する実験を行った。対比のために同程度のイオン化ポテンシャルを有するが紫外線を吸収しない Xe を混合して分枝に与える影響も調べた。その結果、分枝形成に紫外線の吸収が強い影響を与えていることを確認することができた。このモデルに基づきドリフト拡散近似のプラズマ流体シミュレーション計算コードを開発し、分枝放電の形成を再現する結果を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】スプライト、ストリーマ、分枝放電

【研究題目】ユビキタス性を持つ革新的な応力発光ナノ光源の開発

【研究代表者】寺崎 正 (生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕 寺崎 正、山田 浩志、徐 超男
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本提案の内容は、【生体内に導入でき、使用できる革新的なユビキタス光源】を提供することである。今回提案する研究の結果、市民にも関心の高いバイオイメージング、光治療、光診断等の光源の候補として、有用性を実証する研究に繋がることが期待できる。

達成には、生体にも導入できる光源が開発でき、“その場”で光源を発光させる手段を開発することで、バイオイメージングに対する光源の提供が行なえれば良い。特に、より高輝度な応力発光体の開発こそが、本研究のアウトプットにあるバイオイメージング用の光源を可能にする。その為の具体的な手段として、以下2つの研究を行い、各成果を上げた。

【1】生体透過性の高い赤外～近赤外 (600-900nm) 発光型応力発光体の開発

これまでに最も発光輝度の高い $\text{SrAl}_2\text{O}_4\text{Eu}$ を中心に、添加する発光中心金属について様々な検討を行う事で、850-900nm に発光を示す新規応力発光体の開発に成功した。また組成の最適化を行う事で、前年度本予算で購入した高感度高速度 CCD カメラのみならず、市販の CCD カメラでも十分に撮影可能な程度の応力発光輝度を達成するに至った。

【2】超音波刺激による発光の検討と情報のデータベース (DB) 化

前年度に検討した顕微鏡下での単一粒子の応力発光計測系を行い、単一粒子からの発光計測が可能であることを見出した。また、希釈した環境での発光計測法を確立し、単一粒子からの発光輝度の算出を可能にした。次年度は、本値の妥当性に関して検討し、どの様な反応に対するユビキタス光源になり得るのか？明示する事を目指す。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 応力発光体、ユビキタス光源、超音波、ナノ粒子、バイオイメージング

〔研究題目〕 帯電二次元分布可視化計測システムの開発

〔研究代表者〕 菊永 和也
(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕 菊永 和也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

平面な測定対象物の帯電二次元分布を可視化できる計測技術を確立する。そこでは音波を用いた帯電計測手法において対象物の帯電量計測誤差を最小化する必要があり、帯電量の検出可能な最小量を検証する。

測定対象物を振動させて誘起される電界強度を最大化することで帯電量の計測精度の向上を行う。その電界強度は測定対象物の振動特性に起因しており、それを制御す

るために音波の照射方法・特性の検討を行う。

測定対象物の静電圧をより詳細に検討するためアルミ箔に直流電源より電圧を印加して、照射音波の周波数を変化させながら電界の周波数依存性を測定した。50Hz以下の低周波ではその基本周波数の2倍や3倍の高調波が観測された。より詳細に検討するためにフィルムの振動をレーザ変位計で測定したところ、50Hz以上では比較的正弦波に近い振動をしていたのに対して、50Hz以下の低周波側ではパルスに近い振動をしていた。このことから照射する音波はパルス応答よりも共振周波数を用いた方が誘起電界を効率的に発生させられることができることを明らかにした。またサンプルのテンションによって共振周波数が大きく変わることも明らかにした。これらの条件を最適化して測定距離 1cm において、表面電位が 10V 以上の帯電が検出可能なシステムを開発した。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 帯電、可視化、振動、電界

〔研究題目〕 マイクロ流路を利用した分子の2次元配列技術

〔研究代表者〕 宮崎 真佐也
(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕 宮崎 真佐也、浅海 裕也
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

本研究では、我々が独自に開発してきたマイクロ化学デバイスを用いる多段階の酵素反応技術を発展させ、より効率的な生理活性分子合成技術として酵素反応を用いるための技術開発を最終目標としている。本提案では、生体に近い効率での多段階酵素反応を行うために、生体内とほぼ同等の空間配置構築のために、ナノメートルオーダーで2次元に酵素分子を規則配置する新規の分子固定化技術を開発する。これを用いてマイクロ流路内に酵素分子を規則固定化したマイクロリアクタを作製して多段階の酵素反応に供与し、効率的な生理活性分子合成デバイスの開発を目指す。本提案では①マイクロ流路内での長鎖 DNA の配置による「縄のれん」様楕円構造体の構築技術の確立、②「縄のれん」構造体への分子の配置・固定化技術の開発、ならびに③「縄のれん」様楕円構造体上に配置した酵素による多段階反応挙動の解析を目的として研究を行う。初年度は基本となる DNA を用いた縄のれん様の足場構造を構築する技術の確立を中心に研究を行った。足場としては、長さが $57\mu\text{m}$ の T4GT7 DNA を用いた。環状の T4GT7 DNA を制限酵素 BssHIII と BamHI で処理して鎖状にし、末端にチオールとピオチンを導入した DNA を作製した。これを基板上に固定した。ガラス基板におおよそ $60\mu\text{m}$ 以下の間隔で数 μm 幅の金膜を作製した。この片方にストレプトアビジンを吸着させた。これに流路を作製したポリジ

メチルシロキサン (PDMS) 基盤をかぶせ、この流路に作製した DNA を計算で一分子を含むよう溶液調製して金固定部分→アビジン固定部分へと流通させ、せん断により分子を伸長させることにより、それぞれ末端に導入したチオールとビオチンを介して固定化し、一本の足場構造を形成することに成功した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリアクタ、固定化、分子配列

【研究題目】 量子切断効果を利用した近赤外応力発光体の開発とその物性解明

【研究代表者】 山田 浩志

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 山田 浩志、徐 超男、寺崎 正、寺澤 佑仁、上村 直

(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

従来の応力発光体は紫外から赤色までの可視光を発するもので、主に人間の目で見えることを目的にその発光波長が選択されてきた。しかし一方で、CCD カメラやフォトダイオードのような半導体デバイスでの計測という観点からは、発光波長が700~2000nm の近赤外領域の方が多くの利点をもつ。ひとつには発光波長領域が蛍光灯からの放射波長帯域と重ならないので応力発光を蛍光灯下でも計測できる点 (通常の応力発光計測は暗室下で行われる)、また半導体デバイスの量子効率可視領域よりも近赤外領域の方が桁違いに高い点あげられる。さらに他分野への応用のひとつとして、近赤外光は生体透過性が良好なため生体センシングへの応用に対して非常に有効であるなど、応力発光技術の応用分野を拡大していくうえで近赤外応力発光体の開発は重要な意義をもつ。

これまでに、従来の応力発光体の開発方法を踏まえ近赤外領域にエネルギー準位を有する不純物イオンを発光中心として微量添加することにより近赤外応力発光体の開発を試みきたが成功にはいたらなかった。そこで我々は新たな近赤外応力発光法としてダウンコンバージョンを利用した近赤外応力発光体の開発方法を提案している。ダウンコンバージョンとは、短波長発光イオン (ドナー) から長波長発光イオン (アクセプター) へのエネルギー共鳴伝搬を利用して、発光波長を長波長側に変換する手法である。

平成23年度は、本方法を既存の応力発光体 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{2+}$ に適用することでその有効性を検証した。ここで近赤外発光を担うアクセプターイオンとして Er^{3+} イオンを微量添加した。 Er^{3+} を選択した理由は、ドナーイオンである Eu^{2+} の発光スペクトルと Er^{3+} の吸収スペクトルが重なることからドナー・アクセプター間のエネルギー共鳴伝搬が期待できること、 Er^{3+} が近赤外領域に発光波長1530nm の輻射遷移 (${}^4\text{I}_{13/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$) を持

つこと、以上2つの理由からである。結果としてドナーからアクセプターへのエネルギー共鳴伝搬が確認され、その結果として近赤外応力発光が観測できた。ダウンコンバージョンを利用した近赤外応力発光はその他に $\text{SrMg}_2(\text{PO}_4)_2:\text{Eu}^{2+}, \text{Cr}^{3+}$ 系でも確認されており、これまで不可能であった波長領域の応力発光を実現する方法として本方法が有効であることが実証された。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 応力発光体、近赤外発光、センサ、ダウンコンバージョン、エネルギー共鳴伝搬、量子切断効果

【研究題目】 新規な菌類検査方法の基礎研究

【研究代表者】 松田 直樹

(生産計測技術研究センター)

【研究担当者】 松田 直樹、大庭 英樹

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

細菌類検査では内包されている酵素の化学反応による基質の色変化を利用する検査キットが用いられている。その際、「細胞膜を破壊し酵素をその機能を損なわずに取り出す」ため、超音波照射に代表される物理的な方法や界面活性剤等の薬品で細胞膜を破壊する化学的な方法が用いられるが、酵素を取り出す効率が低いあるいはその機能を失う等の問題がある。近年我々が開発した低電圧パルスを用いて菌類の細胞膜を破壊する前処理方法では菌類や細胞内に含まれる酵素の内容物をそれらの機能を損なわずに高効率に細胞外に取り出すことが可能である。平成23年度は本装置の基礎検討として大腸菌に含まれる酵素である $\beta\text{-D-グルクロニダーゼ}$ の活性を利用し5-ブromo-4-クロロ-3-インドリル- $\beta\text{-D-グルクロニド}$ (X-gluc) の発色を観察する発色酵素基質法を利用しその吸光度変化からこの前処理方法の有効性を検討した。

菌株として大腸菌を用い、LB 液体培地で37°C、12時間以上振とう培養し、遠心分離 (2000rpm, 15min) を行い培養時の LB 液体培地を新たな LB 液体培地に交換し、培養液用比色計により試料溶液とした (約 10^8cfu/mL)。コンデンサ容量3000 μF 、ファンクションジェネレータ、直流電源を用いて、低電圧パルス電源を構成した。コンデンサに対する充放電が信号発生器による所定のスイッチング操作で制御され電気エネルギーが供給される。放電電極はタングステン製で、針電極をカード及び平板電極をアノードとし、電極間は2mm に固定した。試料溶液をセルに1mL 分注し、平板電極下に設置したスターラーで攪拌しつつ、5V、5Hz、1,000回のパルスを印加し、37°Cで保存し20時間後に吸収スペクトル測定を行ったところ、パルス処理を行っていない試料に比べて大きな吸光度の増加が観察され、本前処理方法の有効性が示された。一方、10V 以上の電圧を印加すると呈色反応

が認められず、パルス印加により酵素活性が失活させられていると考えられた。

〔分野名〕計測・標準

〔キーワード〕低電圧パルス、細菌、細胞、酵素発色基質法、

〔研究題目〕コアシェルナノ粒子の結晶配向合体による量子ドット超格子構造体の作製

〔研究代表者〕上原 雅人

(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕上原 雅人 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、ナノ粒子を原料とする薄膜製造の高度化技術の開発である。ナノ粒子を用いたウェットプロセスでも単結晶化や結晶方位制御が可能な技術の開発を目標とする。ナノ粒子やナノロッド等の生成で報告されている結晶配向合体現象 (Oriented Attachment、OA) を利用して、コアシェルナノ粒子を合体成長させ、新型太陽電池等に期待される量子ドット超格子構造体を作製することを目的とする。透過電顕での電子線トモグラフィなど、種々の構造解析を基に、ナノ粒子の構造、特に表面構造に着目しながら OA 現象を明らかにする。

本年度は、コアシェルナノ粒子のシェル層物質である ZnS について、ナノ粒子の OA 現象を調査した。予め合成した等方形状のナノ粒子を溶液中で加熱して合体を試みた。配位子や溶媒、温度等の影響について調査したが、高温や高濃度でも成長・合体は観察されなかった。しかし、溶媒及び溶質を制御することで、比較的低温で一方向成長することを見出した。透過電顕でのトモグラフィや高分解能観察で、本成長が OA によるのではないかと示唆された。今後、高速成長の条件探索と本成長の速度論解析を行うと共に2次元的な成長について調査する。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕ナノ粒子、電子線トモグラフィ、表面構造、量子ドット

〔研究題目〕独立成分分析を利用した超音波画像テクスチャ情報からの肥育牛の脂肪交雑推定

〔研究代表者〕福田 修 (生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕福田 修 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、肥育牛から計測した超音波エコー画像に基づいて、非侵襲かつ高精度に肉質 (脂肪交雑 (いわゆる霜降り度) を12段階でランク付けした値) を推定する技術を確立することである。そのため、独立成分分析を利用した推定アルゴリズムの研究開発を行い、その有効性を様々な角度から検証する。

平成23年度の実実施計画では、この推定アルゴリズムの構築を実施した。また、比較検証用のデータとして、電

気インピーダンス法による体組成の計測も併せて実施した。開発したアルゴリズムは、1. 超音波エコー画像からのテクスチャ特徴抽出、2. 主成分分析による冗長成分の除去、3. 独立成分分析による基底変換、4. ニューラルネットによるモデリングおよび推定で構成される。このアルゴリズムの妥当性を検証するために、人工的なサンプルデータによる検証と、肥育牛から計測した実データによる検証を実施した結果、103頭の肥育牛に対する推定精度の検証において、推定値 vs 実測値の相関において $r=0.7$ の推定精度を達成した。またこの際、従来手法と推定精度を比較するために、従来の主成分分析のみを用いた方法と精度検証を実施したところ、約10%の精度向上が期待できることを確認した。電気インピーダンス法による体組成の計測は、9頭に対して実施することができ、計測した電気インピーダンス値と肉質との間に有意な相関を確認することができた。また、超音波画像を利用した肉質推定技術と電気インピーダンスを利用した肉質推定技術の2つの手法を融合させることで、さらに高精度な肉質判定技術が構築できる可能性が見出された。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕超音波画像、畜産、テクスチャ

〔研究題目〕微生物-昆虫間クロストークの解析による昆虫の適応度上昇メカニズムの全容解明

〔研究代表者〕石井 佳子 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕石井 佳子 (他1名)

〔研究内容〕

ファイトプラズマは昆虫媒介性の植物病原細菌であり、植物と昆虫という異なる界に属する生物に寄生するユニークな微生物である。ファイトプラズマは、植物に対して病気を引き起こす一方で、昆虫に対しては産卵数の増加や寿命の延長などの『適応度の上昇』を引き起こすことで、相利共生の関係を営んでいる。また、ファイトプラズマの昆虫宿主であるヒメフタテンヨコバイは、共生細菌が宿主に不足する栄養素を補っている可能性が高い。したがって、昆虫体内においては「共生細菌」と「ファイトプラズマ」がフローラ (細菌叢) を形成し、これが昆虫宿主の生命活動をサポートしていると考えられ、複雑系の例として非常に興味深い。以上をふまえ本研究では、『ファイトプラズマ・昆虫・共生細菌』の3者間のクロストークを明らかにし、ファイトプラズマが昆虫宿主の適応度を上昇させる分子機構の全容解明を目指す。

平成23年度は、ヒメフタテンヨコバイの共生細菌の特定および局在解析を行った。日本各県で採集したヨコバイを解剖したところ、共生細菌が局在する菌細胞が前胸部・背側に1対存在していた。これらの菌細胞からは、主として *Bacteroidetes* に属する *Sulcia muelleri* および β -proteobacteria に属する細菌の計2種類が検出され

た。そこで、これら共生細菌の局在を解析したところ、*S. mulleri* は楕円形の菌細胞の外側に、また β -proteobacteria に属する細菌は、菌細胞の内側に局在していることが明らかとなった。今後、ファイトプラズマの局在も特定し、共生細菌との相互作用について解析していく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物病原性細菌ファイトプラズマ、昆虫共生細菌、適応度上昇機構

【研究題目】 微生物センサーを利用した新規スクリーニング法の開発

【研究代表者】 内山 拓 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 内山 拓 (常勤職員1名)

【研究内容】

我々は酵素の活性スクリーニング法、PIGEX (Product Induced Gene Expression) 法を考案し、その有効性を報告している。当該手法は、特定の化合物をマーカー遺伝子の発現で検知可能な微生物センサーを用いることで、陽性クローンをスクリーニングする手法である。本研究においては、PIGEX 法に GMD (Gel micro-droplet) 法とフローサイトメーターによるソーティングを組み合わせることで、当該手法を高速化させることを試みている。前年度は、モデル試験によって手法の高速化に成功した。今年度は、始めに微生物センサーに自殺遺伝子を組み込み、センサーとしての役割を終えた後は自己消滅するように遺伝子改変をおこなった。この微生物センサーをもちいて再びモデル試験をおこない、開発した手法の有効性を確認した。次に環境中の微生物の中から、開発した手法を用いてアミダーゼ活性をもつ微生物がスクリーニングできるか試みた。微生物センサーとして、安息香酸に反応して GFP (Green fluorescence protein) を発現させる大腸菌クローンを用意し、また腐葉土から微生物の細胞を回収して、ここからアミダーゼ活性 (安息香酸アミドを安息香酸に変換する活性) を示す細胞のスクリーニングを試みた。実験の結果、フローサイトメーターによる選別の時点で、GFP を発現した微生物センサーを含む GMD が全く得られなかった。この結果は、アミダーゼ活性を持つ微生物が腐葉土という環境中には全くいないか、いたとしてもごく少数であったため、ハイスループットなスクリーニング系である当該手法でも、目的の酵素活性を示す微生物細胞をスクリーニングできなかったのではないかと考えた。目的のアミダーゼ活性を保持する微生物を増加させるため、ある程度集積培養が必要になると結論づけた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ハイスループットスクリーニング、ゲルマイクロドロップ、産業用酵素

【研究題目】 生体内の糖化修飾タンパク質を利用した、食事による糖尿病予防効果の評価法の確立

【研究代表者】 奥田 徹哉 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 奥田 徹哉 (常勤職員1名)

【研究内容】

糖尿病患者に見られる慢性的な高血糖が、糖尿病関連病態の発症に及ぼす影響について検討する。特に当該病態発症への関与が示唆されているタンパク質への N-アセチルグルコサミン付加 (O-GlcNAc 化) に着目し、その生体内動態について検討する。一方で、食品が有する糖尿病予防効果の評価指標としての O-GlcNAc 化タンパク質の有用性についても検討する。本年度は、マウス組織中のタンパク質における O-GlcNAc 化レベルを半定量的に測定する ELISA 法を確立し、本手法にて昨年中に開発した糖尿病モデルマウス (*ob/ob*) の高血糖表現型の食餌改善モデルを解析した。その結果、組織中の総タンパク質における O-GlcNAc 化レベルは血糖値の状態に関わらず一定のレベルに維持されるが、一部のタンパク質において血糖状態を反映した O-GlcNAc 化レベルの変動が起こることを見いだした。この血糖状態に応じて変動する O-GlcNAc 化タンパク質は、目的とする評価指標となる可能性があるため、引き続きその性質について検討を進めていく。また本年度は、*ob/ob* マウスの表現型の一つである脂肪肝形成が高血糖の改善に伴い著しく抑制されることを見いだした。詳細な解析により、高血糖を起因とする肝臓での脂質生合成の活性化が、脂肪肝形成を促進していることを突き止めた。また得られたデータは、食餌により摂取する脂質よりも、糖質過剰摂取により起こる高血糖及び脂質生合成が脂肪肝形成の要因であることを示していた。よって本研究により、食事による血糖値コントロールが脂肪肝の発症予防に有効であることの科学的根拠が示された。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖尿病、高血糖、バイオマーカー、糖タンパク質、糖質制限食

【研究題目】 コドン頻度を応用した新規手法による非組換えワクチンウイルスの作出

【研究代表者】 柿澤 茂行 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 柿澤 茂行 (常勤職員1名)

【研究内容】

弱毒ウイルス (ワクチンウイルス) とは病原性や増殖力の低いウイルスのことであり、多くの実用例がある一方で、その復帰変異が問題となっていた。近年考案されたレアコドンウイルスは、復帰変異しにくく、抗原として優れ、多くのウイルス種に対して水平展開可能といった利点を持つことから、従来の問題点の多くを克服したワクチンウイルスとして期待されているが、遺伝子組換えウイルスである点が問題である。本研究は、遺伝子組

換えを用いることなくレアコドンウイルスを作出する手法を考案し、これを植物ウイルスに対して適用するものである。

本年度は植物（シロイヌナズナ）ゲノムにおけるコドン頻度を調べ、レアコドンをリストアップした。また他の植物種についても同様にコドン頻度を調べた。その結果、多くの植物ではコドン頻度が比較的似ており、レアコドンも似通っていることがわかった。加えて、いくつかの植物ウイルスにおけるコドン頻度を調べたところ、宿主である植物ゲノムのコドン頻度とある程度の相関関係にあることがわかった。加えて、レアコドンに対応する tRNA 遺伝子を用いて植物を形質転換する系を検討した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 コドン、ウイルス、実験室内進化

【研究題目】 ハイブリッドゲノムを用いた難培養細菌ファイトプラズマの培養系の確立

【研究代表者】 柿澤 茂行（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 柿澤 茂行（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究は、近年開発されつつあるゲノム操作の技術を応用することで、難培養細菌ファイトプラズマのゲノムをマイコプラズマのゲノムに導入したハイブリッドゲノムを作製し、これをマイコプラズマ細胞へと移植することで、難培養細菌の培養系を擬似的に確立することを目的とする。これによりこれまで困難であった難培養細菌の遺伝子操作を行うことができ、その性状の解明に関する研究が飛躍的に進展すると期待される。ハイブリッドゲノムの作製に先立ち、難培養細菌の全ゲノムクローニングを行うと共に、これらのストラテジーに関わる技術開発を行う。

本年度は難培養細菌であるファイトプラズマのゲノムを酵母においてクローニングするストラテジーを検討し、このステップに関わる系の確立を行った。酵母において大きなゲノム断片をクローニングするための YAC（Yeast artificial chromosome: 酵母人工染色体）ベクターについて複数のベクターを検討し、本研究に適したベクター候補を選抜した。通常酵母の染色体は末端にテロメアを持つ線状構造であるが、本研究で用いる YAC は環状染色体の構造を持つものを選んだ。このベクターに巨大ゲノムを導入するためには TAR クローニング（transformation associated recombination cloning: 酵母が持つ相同組換え能力を利用する方法）という方法が適しているが、この手法にはベクターおよびインサート配列に「のりしろ」となる数十塩基の配列が必要である。本年度はこの「のりしろ」の設計を行い、これが機能することを確認した。また、難培養性細菌ゲノムの抽出法を検討し、パルスフィールドゲル電気泳動等を用いることで効率的に抽出することに成功した。加えて、追

加で数種類のベクターの効率を検討すると同時に、難培養性細菌ゲノムのクローニングに向けた研究を開始した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゲノム操作、細菌、マイコプラズマ、酵母、培養系

【研究題目】 昆虫-細菌共生系における遺伝的基盤の解明

【研究代表者】 菊池 義智（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 菊池 義智（常勤職員1名）

【研究内容】

多くの農業害虫はその体内に共生細菌を保持しており、緊密な相互作用を行っている。これら共生細菌は、食物の分解や栄養補償を行うなど、宿主の栄養代謝において極めて重要な役割を果たしている。これら共生細菌を制御することで食害の低減や害虫の成長・繁殖抑制を図りうると考えられるが、その研究はほとんどなされていない。本研究では、ホソヘリカメムシとその *Burkholderia* 共生細菌をモデル系として、昆虫-共生細菌間に見られる緊密な相互作用の遺伝的基盤を明らかにし、新たな害虫制御法の開発に資することを目的としている。

計画2年目にあたる平成23年度は、(1) トランスポゾン挿入変異株の大規模スクリーニングと運動不全株（鞭毛形成不全株）の取得；(2) 変異遺伝子の inverse PCR 法による特定；(3) 共生細菌の野生株および運動不全株における鞭毛の透過電子顕微鏡観察；(4) 変異遺伝子の相補性試験；(5) Signature-tagged mutagenesis (STM) の *Burkholderia* 共生細菌への適用、を行った。(1) に関してはこれまでの成果に加え約2000のトランスポゾン変異株をスクリーニングし、新たに6株の運動不全株を取得した。これまでに得られた計13株についてトランスポゾンで破壊された遺伝子の特定、電子顕微鏡による鞭毛の観察、カメムシへの感染テストを行い、鞭毛形成の有無よりも運動性の有無が共生器官への感染に重要であることを突き止めた。(4) および(5) については来年度以降の課題として引き続き研究をすすめる予定である。ホソヘリカメムシにおける *Burkholderia* の獲得時期や *Burkholderia* の人工感染法について、得られた成果の一部を論文としてまとめ発表した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 応用動物、昆虫、微生物、細菌、共生微生物、腸内共生

【研究題目】 生合成マシナリー構築に向けたロドコッカス属細菌の宿主最適化と遺伝子ツールの拡充

【研究代表者】 北川 航（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 北川 航、安武 義晃（他1名）

〔研究内容〕

本研究では生合成マシナリー構築のための新規宿主をロドコッカスで開発する事を目指している。ロドコッカスは外来プラスミドの保持安定性が良くないという欠点があるが、この性質は株によって大きく異なると予想される。宿主として望まれる保持安定性が高い株を得るため、まず80株のロドコッカス野生株を対象にスクリーニングを行った。まず用いるプラスミドベクターを以下の様に作成した。本研究室で開発された pNit-QC2ベクターはクロラムフェニコール耐性遺伝子を唯一の選択マーカーとして持っている。このベクターにアプラマイシン耐性遺伝子およびテトラサイクリン耐性遺伝子を同時に導入し、上記3つの選択マーカーを持つ pNit-CAT 構築した。これを導入した株をクロラムフェニコールのみが含まれる培地で10継代の液体培養を行い、その後クロラムフェニコールのみが含まれる固体培地でシングルコロニーを取得し、さらに3つの抗生物質が入った固体培地に植え継いでその生育を確認する事でプラスミド保持安定性を評価した。その結果ほとんどの株で外来プラスミドの保持安定性が良くないか、その他の宿主としての性質が適さない（生育速度が遅い、菌塊あるいはバイオフィームなどを形成しやすい）事が判明した。しかしながら安定的に外来プラスミドを保持出来る2株を選抜する事に成功した。

またロドコッカス属細菌で利用できる新規の発現ベクターの開発も進めた。ロドコッカス株に存在する新規の野生型の小型環状プラスミドを発見する事に成功し、その全塩基配列を決定した。その結果これまで知られているどのプラスミドとも異なる、新規・未分類のタイプの複製領域を持つ事が判明した。

これら新規の安定宿主候補、および新規プラスミドの性質をさらに解析し改変する事で、生合成マシナリーに用いる最適化ロドコッカス宿主および新規の発現ベクターを提供出来ると考えている。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 ロドコッカス、微生物生産、生合成マシナリー

〔研究題目〕 DNA 架橋化試薬の開発と、その応用に関する研究

〔研究代表者〕 小松 康雄（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 小松 康雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

RNA は生体内で速やかに分解されるため、核酸を医薬品として用いる場合には RNA を安定化させる必要がある。そこで昨年度までに開発した2本鎖 DNA 間を架橋する反応が2本鎖 RNA に対しても適用可能であるかどうかを調べる研究を行った。2本鎖 DNA と同様に、デオキシウリジン (dU) を相補的な2本鎖 RNA 鎖の向かい合った部位に有する RNA を化学合成し、ウラシル

DNA グリコシラーゼ (UDG) の処理に続いて架橋化試薬を添加し、2本鎖間の架橋化効率を調べた。その結果、UDG によって RNA 鎖中にも脱塩基部位が生じ、それらが試薬によって架橋されることを確認した。架橋化 RNA は解離が抑制されることから、機能的 RNA の2本鎖領域の安定化に同反応が役立つと考えられる。

続いて、基板上で酵素反応を行う際の安定な足場として DNA が利用できるかどうかを調べるため、DNA に酵素を固定化して基板上で反応を行い、酵素反応による生成物を架橋化構造の有無で比較した。酵素には、HRP-ストレプトアビジン融合タンパク質と、ALP-抗フルオレセイン抗体を選択し、それらを同一または異なる2本鎖 DNA 分子上にそれぞれ結合させた金アレイを作製した。各酵素反応の進行を走査型電気化学顕微鏡によって評価した結果、架橋化 DNA 上の酵素反応の生成物は通常の2本鎖 DNA 上での反応よりも著しく高い値が得られた。これは架橋された2本鎖 DNA 上では酵素が安定に DNA 上に保持されたことが原因であり、架橋化 DNA が酵素の基板表面への整列化等に役立つことを示した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 核酸化学、DNA、RNA、遺伝子解析

〔研究題目〕 作物全般に利用可能な分岐・矮性化・分岐能を制御する転写因子の単離とその利用

〔研究代表者〕 樋口（池田）美穂

（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 樋口（池田）美穂（他1名）

〔研究内容〕

本研究においては、植物バイオマスの増大など、植物の諸形質を改善するために役立つ転写制御因子を探求し、それをを用いて産業的・農業的に有用な各々の作物の形質を一律に改善しうる万能コンストラクトを作成することを目的としている。具体的に研究対象としている形質は、矮性化、および、枝・葉数の増減である。これらに加えて、諸作物の遺伝子改変の簡便化に利用しうる転写制御因子の単離とそれを用いた遺伝子導入系の確立も試みている。

矮性化形質の誘導については、既に単離していた矮性化遺伝子 HR0444の効率よい利用法を探求するために、具体的な遺伝子機能の解析を行った。まず、HR0444に結合する因子として新奇の遺伝子群 THIN と既知の遺伝子群 PRE を単離した。HR0444が植物細胞の伸長を抑制するのに対して、THIN と PRE はともに細胞伸長を促進する因子であり、THIN, PRE をそれぞれ過剰に発現させた植物は「ほっそり」した形になることがわかった。また、単離した3種類の THIN 遺伝子について CRES-T コンストラクト（転写アクティベーターの機能を優性的に抑制する手法）を作成し、恒常的に発現さ

せたところ、植物体全体において細胞伸長が強く抑制され、極端な矮性形質が誘導された。さらに、THIN の CRES-T コンストラクトをそれぞれの THIN が本来発現している組織で発現させたところ、葉、茎、さや、花柄など様々な組織を特異的に短くできることがわかった。一方で、HR0444, THIN, PRE の機能についても解析を進めた結果、細胞伸長を直接促進している因子は THIN であり、HR0444は THIN と結合することでその細胞促進機能を阻害していること、PRE は HR0444に結合することで HR0444と THIN の結合を阻害し、結果的に THIN の促進機能を回復させることが明らかとなった。THIN, HR0444, PRE の属する bHLH (basic helix loop helix) 転写制御因子については、すでに2因子間の拮抗阻害システムが動物などで報告されているが、本研究において発見された THIN, HR0444, PRE という3因子による拮抗阻害は概念的に新しい。

枝数・葉数の増減についても、以前に単離していた At2g36080遺伝子について解析を行い、At2g36080中に本来存在しているリプレッションドメインである BRD を欠損させた遺伝子 At2g36080.2に対して強力なリプレッションドメイン SRDX を融合した At2g36080.2 SRDX を用いることで At2g36080そのものよりも著しく葉の数を増加できること、および、強力なアクティベーションドメイン VP16を融合した At2g36080.2VP16によって枝の数の増加が誘導できることを発見した。この成果は、たとえば、葉野菜の葉を増やす、あるいは、切り花の枝数を増やすといった、それぞれの応用植物に適した有用形態の誘導に役立つものと思われる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ハイスループットスクリーニング、ゲルマイクロドロップ、産業用酵素

【研究題目】 共生細菌による宿主昆虫の体色変化：隠蔽色に関わる共生の分子基盤の解明

【研究代表者】 深津 武馬 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 深津 武馬、古賀 隆一
(常勤職員2名)

【研究内容】

アブラムシ体色を変化させる共生細菌のゲノム解析、アブラムシ体色を構成する色素の解析、共生細菌の感染にともなう宿主アブラムシの遺伝子発現解析、関連候補遺伝子の機能解析、共生細菌感染及び体色変化がアブラムシの生理や生態に与える影響の解析などを通じて、共生細菌による体色変化という生物現象を徹底的に解明し、理解することをめざす。今年度は以下のような成果を挙げた。

アブラムシ体色を変化させる共生細菌 *Rickettsiella* についてゲノム解析が進展した。アセンブル後の1000程度の contig 断片について、対となるリードの位置関係および近縁種のシntenニー情報から隣接 contigs を推定

して PCR による確認を進め、これまでに3kb 以上の33 contigs に集約した。最長 contig が260kb、N50が82kb である。ゲノム長は1.69Mb と推定され、GC 含量は39.3%であった。ORF 予測ソフトにより1622のタンパク質コード遺伝子が推定され、平均長は854塩基、それらのコード領域はゲノム全体の82%に相当し、うち1274 ORFs がデータベース上のタンパク質配列と相同性を示し、うち992は何らかの機能予測ができた。遺伝子レパートリは近縁な *Coxiella* とよく似ており、細胞壁や細胞膜構造の合成に関わる酵素が多数存在した。一方、アミノ酸の合成に関わる酵素の多くは失われ、わずか2種類のアミノ酸しか合成できなかった。補酵素もビオチン、チアミン、あるいはヘム、ユビキノンの合成系の一部を保持するだけで、かなりの部分が失われていた。

共生細菌による体色変化にともなう宿主アブラムシの発現遺伝子解析については、人工感染法によって作出した遺伝的に全く同一で *Rickettsiella* 感染の有無のみが異なるアブラムシ系統を用い、体色の違いが最も大きくなる11日令の感染虫・非感染虫のそれぞれ5試料ずつについて、次世代シーケンサー5500SOLiD システムによる RNA-Seq 法をおこなった。既にシーケンスランは終了し、リファレンスゲノムへのマッピング等の作業を進めている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫共生細菌、ゲノム解析、新規生物機能

【研究題目】 木質形成過程における転写制御ネットワークの解明

【研究代表者】 光田 展隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 光田 展隆、戸部 文絵
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標：

二次壁 (=木質) 形成を制御する NST 転写因子群が、いつどのようにして発現誘導されるのか、また、どのようなカスケードを経て末端の酵素類の遺伝子発現を制御しているかを明らかにする。

研究計画：

本研究では独自に単離した木質形成のキーファクター NST1-3転写因子の上流、下流を探索し、植物における木質形成過程の全容を明らかにする。上流因子の探索は、酵母ワンハイブリッド法などによって行い、組織アイデンティティが確立した後どのようにして NST 転写因子が発現誘導されるのかを解明する。下流因子の探索は、最たる木質形成部位である花茎、胚軸を中心に行い、下流で働く可能性がある有望転写因子の探索、検証および、木質の構成要素の合成を司る酵素類の遺伝子群を直接制御する転写因子の探索を行う。

研究進捗状況：

NST3プロモーターで発現させたときに *nst1-1 nst3-1* 変異体の表現型を回復させることができる因子の探索を行い、昨年度までの研究により複数の MYB 型、NAC 型転写因子を候補として同定した。これらの変異体や遺伝子操作を行った形質転換植物を作成したところ、MYB 型転写因子の二重変異体において木質形成が不完全になり、*nst1-1 nst3-1* 変異体に近い表現型を示すことがわかった。現在この変異体について詳細な解析を行っている。また、NAC 型転写因子に関しては師部での発現が示唆され、変異体において早咲きの表現型を示すことがわかった。現在この表現型と木質繊維形成との関連性について検証中である。また、転写因子だけから成るライブラリーを用いて行う改良酵母ワンハイブリッド法を前年度までに開発した。本年度は全転写因子を96種類のプールに分けて全転写因子を対象にスクリーニングを行う手法を導入し、70超の木質形成関連遺伝子について、プロモーター領域に結合する転写因子のスクリーニングを行い多数の相互作用を検出した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 植物、ゲノム、発現制御、遺伝子、バイオマス

【研究題目】 オーラシナルカロイドが示す強い抗菌活性とその利用に向けた研究

【研究代表者】 安武 義晃 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 安武 義晃、北川 航
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

抗菌物質の探索および開発は、多剤耐性菌や新たな病原菌への備えとして現在でも極めて重要である。ロドコッカス属放線菌より単離された新規抗菌物質オーラシン RE は、広範囲のグラム陽性菌および一部のグラム陰性菌に強い抗菌活性を示し、バクテリアの呼吸鎖を阻害することで抗菌活性を発揮する。先行研究により、本物質の抗菌活性は、あるシトクロム P450酵素によって与えられることが示唆された。本研究では、このシトクロム P450の基質がどのような物質で、どのような反応を触媒するのかを解析し、オーラシンの抗菌活性に重要な構造部位の特定を目指した。

P450遺伝子を破壊したロドコッカス細菌を大量培養し、培地中に蓄積した不活性なオーラシン RE 前駆体を抽出精製した。また、P450酵素を大量に生産し、上記抽出物と反応させて生まれた生成物の同定および酵素活性を測定した。結果、不活性オーラシン RE 前駆体は、オーラシン RE のキノリン環窒素に水酸基が存在しない物質であることが明らかになり、また酵素反応によってこの前駆体の窒素に水酸基が挿入され、オーラシン RE に変換されることを確認した。このことから、オーラシン類が抗菌活性を示すには、キノリン環窒素の水酸化が極めて重要であることが初めて示唆された。現在、本

P450の構造および基質認識機構を理解するため、酵素の結晶構造解析にも取り組んでおり、また類縁化合物に対して本 P450を反応させることで新たな抗菌活性を示す物質を作ることができないか探索を行っている。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗菌物質、酵素、結晶構造、シトクロム P450

【研究題目】 宿主昆虫-共生細菌間相互作用の分子機構の解明とその利用基盤技術の開発

【研究代表者】 安佛 尚志 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 安佛 尚志 (常勤職員1名)

【研究内容】

キイロショウジョウバエ *Drosophila melanogaster* と、その共生細菌で「雄殺し」という生殖操作をおこなうスピロプラズマ *Spiroplasma* からなる共生系をモデル実験系とし、スピロプラズマのフェージの共生関連遺伝子とその機能などについて明らかにすることを目的に研究を遂行した。3系統のスピロプラズマ (*Drosophila nebulosa* 由来の雄殺しスピロプラズマ NSRO 系統、NSRO 系統の突然変異体で雄を殺さない NSRO-A 系統、キイロショウジョウバエ由来の雄殺しスピロプラズマ MSRO 系統) のフェージのゲノム解析を進めた。NSRO からは1種類、NSRO-A からは2種類、MSRO からは1種類のフェージが同定され、それぞれ SpV-N (19,017bp)、SpV-NA1および NA2 (各18,332bp)、SpV-M (19,056bp) と名づけた。ORF 検索により、それぞれ SpV-N には23、SpV-NA1と NA2には21、SpV-M には22の ORF が推定され、全てのフェージに *Spiroplasma citri* において昆虫との相互作用に関わると推定されている *P58*、*P12*、*P18*、*P54*、*P123* 遺伝子が含まれていた。その他、DNA 組換えタンパク質遺伝子や機能未知の膜透過タンパク質遺伝子が存在した。4つのフェージ間の塩基配列の相同性は80%で、ORF の並びもよく保存されていたことから、スピロプラズマにとって重要な機能を果たしていることが伺えた。特に *P58*等の存在は、宿主昆虫との相互作用に関わっている可能性を示唆している。なお、ORF 毎の相同性を調べたところ、SpV-NA だけに変異が見られる ORF が複数存在しており、これらは雄殺しの原因遺伝子の候補として今後調べていく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫内部共生、共生細菌、雄殺し、フェージ、ゲノム

【研究題目】 メタンハイドレート成因解明をめざした生物学的メタン生成とハイドレート形成の再現

【研究代表者】 鎌形 洋一 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 鎌形 洋一 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

本研究は生物的メタン生成を高圧下で起こす事が可能か否か、さらには生物的メタン生成とメタンハイドレートを同一の高圧容器内で起こす事が可能か否か、を検証することによって、生物学的メタン生成ならびにメタンハイドレート形成を実験室的に再現することを試み、メタンハイドレートの成因解明をめざすものである。中度高温性水素資化性メタン生成古細菌としては *Methanothermobacter thermautotrophicus* を用い、培養はメタンハイドレート生成実験用カラム状高圧容器を用いた。本容器に上記微生物を充填、シリンジポンプにより圧力容器内部の圧力を保持しながら上述した微生物の培養液ならびに基質を注入する方法で高圧培養実験を試みた。さまざまな圧力条件で同メタン生成古細菌を培養し、生育ならびに生成するメタンの安定同位体比の差異を測定した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 メタン生成古細菌、水素、メタン、地下圏、安定同位体

【研究題目】 超高速シーケンサーで切り拓く陸域地下生物圏の多様性とレアバイオスフィア

【研究代表者】 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 玉木 秀幸（他1名）

【研究内容】

本研究は、次世代シーケンサー技術を最大限活用し、地球最大の未開拓微生物生命圏である陸域地下圏に棲息する地下微生物の多様性を明らかにするとともに、これまで全く解析対象とされてこなかったレアバイオスフィア（稀少構成種からなる稀少生物圏）の存在とその多様性を明らかにすることを目的としている。本年度は実際に複数の陸域地下圏試料を採取して全核酸抽出を行い、最適化したプロトコルに従って、16S rRNA 遺伝子をPCR増幅し、454パイロシーケンサーにより塩基配列解読を行い、高解像度微生物群集構造解析を実施した。その結果、陸域地下圏には、鉄還元細菌、硫酸還元菌、嫌気共生細菌やメタン生成古細菌等の無酸素環境下において重要な地球化学的プロセスを担う機能微生物集団が存在していることを明らかにするとともに、門レベルや綱レベルという、系統学的に極めて新規性の高い未知・未培養系統群を発見することに成功した。また、それらの中には、通常のクローン解析では検出できないが、今回のように超高速シーケンサーを活用して大量の16S rRNA 遺伝子配列情報を入手したことによってはじめて発見できたような未知系統群も含まれており、レアバイオスフィアを対象とした微生物生態系解析の重要性を示唆している。本研究を通じて、これまで未開拓微生物生命圏となっていた陸域地下環境において、その多様性と群集構造の実態解明が着実に進んできており、これらの基盤情報は、将来的に地下圏に存在する未知系統群の新

生物機能の解明に向けて有力な手がかりを提供するとともに、地球環境変動や化石エネルギーの持続的利用に関わる地下圏微生物生態系の全容解明に資する知見として重要である。

【分野名】 ライフサイエンス、地質、環境・エネルギー

【キーワード】 次世代シーケンサー、16S rRNA 遺伝子、パイロシーケンサー、超高解像度微生物コミュニティ解析、陸域地下圏、生物地球化学プロセス、レアバイオスフィア、稀少生物圏、分子系統解析、未知微生物

【研究題目】 陸域地下圏のメタンフラックスに関与する未知アーキア系統群の発見と新生物機能の解明

【研究代表者】 玉木 秀幸（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 玉木 秀幸（他1名）

【研究内容】

本研究は、陸域地下圏環境に優占する未知・未培養アーキア群の実体を明らかにし、メタンフラックス等の重要な生物地球化学プロセスにおいて未知アーキア群が果たす役割を解明することを目指すものである。特に、次世代シーケンサーを活用した環境ゲノム解析技術等の最新の分子生態解析技術とともに微生物学的手法、地球化学的手法を用いた複眼的アプローチにより、地球上で最も未知な生物圏である陸域地下生命圏に優占する、地球上で最も未知な生物群である「アーキア」の実体に迫ろうとするものである。特に、本研究では、メタンが豊富に存在し、未知・未培養アーキア群が優占するというユニークな陸域地下圏環境を対象とし、従来の地球化学的、微生物学的解析だけでなく、次世代シーケンサーを活用した新しい分子生態解析手法による複眼的アプローチにより、これまでになく解像度で、未知アーキア群の機能ならびに陸域地下圏における地球生物化学プロセス（メタンフラックス等）に果たす役割を明らかにする。これまでのところ、多様な氷河堆積物試料を収集し、それらの環境に棲息するアーキアの多様性と群集構造解析を実施した。その結果、これまでに発見されたことのない複数の未知アーキア系統群を発見した。これらの未知アーキア系統群は遺伝子レベルでも存在が知られておらず、非常に新しいアーキア系統群であると考えられる。また、従来遺伝子レベルで存在が知られているが、今まで全く培養されたことがないために機能未知となっているアーキア系統群も多数見出されており、ある地下圏環境試料中ではそうしたアーキアが優占している可能性も示唆された。今後、こうした未知アーキア系統群の新生物機能を次世代シーケンサーを活用した環境ゲノム解析技術により明らかにしてゆく予定である。

【分野名】 ライフサイエンス、地質、環境・エネルギー

〔キーワード〕 陸域地下生命圏、未知アーキア、新生物機能、メタンフラックス、環境ゲノム解析

〔研究題目〕 新規発光・蛍光技術ソースの探索を目標とした発光生物調査

〔研究代表者〕 近江谷 克裕（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 近江谷 克裕、三谷 恭雄、二橋 亮（常勤職員3名、他1名）

〔研究内容〕

新規発光・蛍光技術の確立、新規の生物発光・蛍光技術を創出するソース探索のため、世界各地の発光生物及びその共生微生物群の現地調査を実施する。本研究に置いて採取されたサンプルは、現地協力者の実験室にて遺伝子を抽出、或いは低分子化合物も抽出し、協力者の許諾のもと一部は現地の研究者に、一部は産総研に持ち帰り、知財確保、論文作成を目指す。本年度は、気候変動や現地協力者の状況に応じて4カ国（中国、ベルギー、フィジー、ブラジル）を中心に現地調査、研究打合せを行った。具体的には、

①平成23年6月下旬、研究代表者近江谷は中国雲南省昆明市で研究協力者の中国科学院昆明動物研究所の Andy Liang 教授と打ち合わせを行い、同教授が発見した星虫の野外調査に関して平成24年6月下旬に行う事で調整を完了した。②平成24年8月上旬、共同研究者三谷はベルギーのルーベン大学 Jerome Mallefet 教授の実験室を訪問、発光クモヒトデの遺伝子の抽出作業を行い、同時にライブラリーの作成を行った。現在、ルシフェラーゼ遺伝子のクローニングを行っている。③平成23年12月、研究代表者近江谷、共同研究者二橋、研究協力者大場、三富氏らとともにフィジー島を調査、南太平洋諸島では唯一フィジー島に生息するヒカリコメツキムシを採取、遺伝子抽出を行った。現在、三谷がライブラリーを作成し、ルシフェラーゼ遺伝子のクローニングに成功したことから今後、知財化、論文化を行う予定である。④平成24年3月に研究代表者近江谷はブラジルサンパウロ、国立サンクラロ大学 Viviani 教授を訪問、サンパウロ沿岸の海洋性発光生物に関して意見交換を行い、共同研究契約のもとサンパウロ周辺の発光生物を翌年度以降に調査することで合意した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 発光生物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、遺伝子資源

〔研究題目〕 ルシフェリン合成系を導入した完全人工発光植物の創製

〔研究代表者〕 近江谷 克裕（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 近江谷 克裕、光田 展隆（常勤職員2名）

〔研究内容〕

生命科学では基礎・応用研究の幅広い分野においてルシフェラーゼ遺伝子を人為的に導入した光る生物群が作られ、多くの生命現象の解明に貢献すると共に、創薬や生命科学研究等に活用されている。しかしながら、人為的に作製した光る生物群は、全て発光反応の基質であるルシフェリンを外から加える必要があり、自己システムで完全に光る生物は作られていない。特に植物では最も早期に発光植物が開発され、観賞用発光植物が期待されていたのにも関わらず、その後の進展はない。そこでこれまでに解明されたホタルルシフェリンの生合成経路のキ酵素群を遺伝子導入した人工植物を作出し、人工完全発光生物の創製を行うことを目標とした。平成22度はまずは基盤となる3種類の発光強度、発光色が異なる甲虫ルシフェラーゼ遺伝子を個々に導入したシロイナズナ植物を作出した。作出した TG シロイナズナ植物に活性型 D 体ルシフェリン溶液に数分浸透させた後、CCD カメラでの撮影を試みた結果、葉っぱから直接発光画像を得ることができた。併せてルミノメータで測定したところ、高い発光活性であることも明らかになった。これらによって、基盤となる発光植物を樹立することができた。続いて非活性型のルシフェリン及び前駆体分子を用いた実験に進むため、候補分子の入手を進めている。一方、ルシフェリンの生合成経路に関わる酵素群を文献検索、情報収集を行い、有力候補遺伝子として植物由来のエステラーゼを選定、現在、そのクローニングを開始した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 組み換え植物、ルシフェリン、ルシフェラーゼ、イメージング、有用物質生産

〔研究題目〕 社会性アブラムシにおけるゴール修復行動の分子・細胞・発生基盤の解明

〔研究代表者〕 杓掛 磨也子（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕 杓掛 磨也子（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、モンゼンイスアブラムシの兵隊幼虫が示すゴール修復という社会行動に着目し、その成立基盤および進化について、分子・細胞・発生の多面的アプローチからの理解を目指すものである。

ゴール修復とは、外敵により破壊された巣（ゴール）の傷を、兵隊幼虫がみずからの大量の分泌体液を混ぜ固めて塞ぎ、修復するという社会行動である。今年度は、ゴール修復をおこなうために兵隊幼虫体内で特殊化した巨大かつ顆粒をもつ細胞（以下、巨大顆粒細胞）の RNA-seq 解析をおこない、ゴール修復にかかわる遺伝子を網羅的に探索した。その結果、これまで分泌液凝固反応に関与することがわかっていたフェノール酸化酵素などのメラニン化に関わる遺伝子のほかに、昆虫の生体防御系に関わる様々な遺伝子が、巨大顆粒細胞において多量かつ亢進的に発現していることが明らかになった。

この結果から、巨大顆粒細胞の発現起源は血球である可能性が示唆された。一方で、巨大顆粒細胞においては、脂質や糖の合成・分解に関わる様々な遺伝子が高発現しているという新たな知見も得られた。このことは、巨大顆粒細胞が、脂質や糖を蓄積する脂肪体（高等動物の肝臓に相当）の性質を持つことを示唆している。以上の結果から、ゴール修復兵隊における巨大顆粒細胞の発現起源は、血球または脂肪体から進化した細胞である細胞である可能性が示唆された。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 社会性昆虫、兵隊アブラムシ、社会行動、体液凝固、メラニン

【研究 題目】 高効率薬物代謝アッセイのためのマイクロソーム電極の創製

【研究代表者】 三重 安弘（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 三重 安弘（常勤職員1名）

【研究 内容】

目的：

薬物代謝酵素を含有するマイクロソーム試料を用いて薬物の代謝率を計測することは、医薬品開発や薬物投与設計において極めて重要である。しかしながら、高価な活性化剤等を用いてクロマトグラフィーや分光法で検出する現在のアッセイ法は低感度かつ高コストで時間を要するといった問題を有している。本研究では、高感度かつ低コストで迅速な計測が可能な電気化学法を利用する新しいアッセイ法の開発を目指す。

研究計画：

電極をマイクロソーム試料の活性化剤として利用し、代謝反応量に比例する電流を計測することで目的を達成する。通常電極界面上では、薬物代謝酵素を失活させずに活性化することは困難であるため、本研究では種々の電極コーティング剤を検討し、該目的を可能にするコーティング電極を構築する。

年度進捗状況：

本年度は、マイクロソームと電極界面を繋ぐための複数種の電極コーティング剤の作製やそれらを用いた電極界面のコーティング及びその特性評価を主に行った。有機系導電性高分子や、長鎖 DNA 分子を用いて、種々の条件にて電極界面へのコーティングを行いその特性を調べたところ、ポリアニリン等の有機系導電性高分子を用いた場合、マイクロソーム中の薬剤代謝酵素の計測に有用と期待される機能電極界面の構築は困難であった。一方、長鎖 DNA を用いた場合、特定の条件下で該電極界面を構築できた。さらに、マイクロソーム試料に対する予備的な電気化学測定を実施したところ、マイクロソーム-電極間の直接電子移動に由来すると考えられる触媒電流応答が観測され、次年度の薬物代謝アッセイの検討に有用な知見を得ることができた。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ミクロソーム、薬物代謝、電気化学アッセイ、機能電極

【研究 題目】 細胞情報伝達に関わる蛋白質活性を可視化する発光プローブ分子の開発

【研究代表者】 森田 直樹（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 森田 直樹（常勤職員1名、他1名）

【研究 内容】

細胞の生死は、「生存シグナル」と「死シグナル」のバランスによって巧妙に制御されているが、1)細胞の生死決定に関わるリン酸化を代表とした「可逆的プロセス」である Akt による生存促進メカニズム、2)アポトーシスを誘導する小胞体ストレス及び3)それらの相互の経時的・動的クロストークが絶妙なバランスで細胞の生死をコントロールしている可能性がある。本研究では「ルシフェラーゼ再構成系」技術を用い、Akt の活性化をイメージングする分子プローブ及び小胞体ストレスをイメージングする分子プローブ（CHOP/PERK 機能プローブ）の構築を目指している。

Akt 活性化をイメージングするプローブについては、刺激が入る（Akt が活性化される）と発光するプローブ分子の構築を目指した。刺激が入ると発光するプローブ分子の構築のアイデアとして、決定的な方法が存在しないのが現状である。まずはホタルルシフェラーゼ（Fluc）をベースとしたプローブ分子作成を目指した。ホタルルシフェラーゼ N 末端断片（FLuc-N）、ホタルルシフェラーゼ C 末端断片（FLuc-C）、リン酸化ペプチド結合ドメイン（mFHA2）及び Akt リン酸化ペプチド（Akt-sub）の4つのパーツの配置を相互に入れ替えて、複数プローブ候補を構築した。

小胞体ストレスをイメージングするプローブについては、既に CHOP 遺伝子の発現をモニターするプローブの作成に成功している。また、小胞体ストレスを感知した PERK は二量体になり自己リン酸化を起こすことに着目し、ルシフェラーゼ再構成系技術を用いて、PERK タンパク質の C 末端に FLuc-N と FLuc-C を融合したタンパク質を各々作成することで、この二量体化をイメージングする発光プローブ分子の構築を目指した。同プローブ遺伝子を細胞に導入し、ツニカマイシンで小胞体ストレスを誘導したが、発光は検出できなかった。ウエスタンブロッティングでプローブタンパク質は確かに発現していることは確認できた。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 バイオイメージング、発光プローブ、ルシフェラーゼ再構成系、可視化、Akt、小胞体ストレス

【研究 題目】 「未知生育因子/1細胞探索システム」の構築と未培養微生物の安定培養の実現

【研究代表者】 菅野 学（生物プロセス研究部門）

〔研究担当者〕菅野 学、玉木 秀幸、鎌形 洋一
(常勤職員3名)

〔研究内容〕

本研究では、未培養微生物の培養化に必須と思われる未知生育因子を供給可能な新しい培養デバイスの構築を通じて、従来法では培養できない難培養の未知微生物群の安定培養を実現することを目的とする。

まず、膨大かつ多様な微生物が存在し、そのほとんどが難培養な未知微生物であることが広く知られている、湖沼水や森林土壌試料の採取を行った。さらに、水田で栽培されたイネ個体を採取し、その根内に存在する微生物群を対象に分離培養や16S rRNA 遺伝子ライブラリー法を行い、イネ根内に共生する微生物の多くが未知微生物群と示唆されることを確認した。したがって、本研究で新規培養デバイスに供試し、未知微生物の培養化を目指すのに最適な環境試料として、今回採取した湖沼水や森林土壌試料、イネ根試料、および湖沼底泥試料を選定した。

次に、環境微生物群から未培養微生物を選別する技術の開発を試みた。未知微生物の培養化を効率的に実施するには、培養デバイスに供試する前に未知微生物の細胞濃度を高めることが望まれるため、本技術は本研究において必要な要素技術となる。DVC 法の原理と染色剤 CFDA-AM を用いた蛍光染色、セルソーターによるハイスループットな分取を組み合わせることで、生育速度の早い易培養菌と生育速度の遅い難培養菌を細胞サイズの違いで分けられることを確認した。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕未培養微生物、DVC 法、培養デバイス

〔研究題目〕斬新な機能を有すると予測される、ガラクトシクロデキストリンの合成と利用研究

〔研究代表者〕清水 弘樹 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕清水 弘樹 (常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

β 1-4Gal の環状糖鎖化合物 (Gal-CD) は理論的には存在可能で、分子モデリングに依れば分子表面の疎水性が強くなり、通常シクロデキストリンと反対の性質を示すユニークなものになると予想されている。しかし実際には合成が非常に困難で、未だその合成は達成されていない。この合成にマイクロ波利用技術を駆使して挑戦し、合成後基本的な化合物の性質を検証、さらに反応系への2次利用展開研究を計画した。

まず、Gal-CD の合成研究を進めた。Gal β 1-4Gal ユニット合成では、ガラクトースシントンは椅子型を取らずに比較的船型になりやすいという構造的な問題の他、単糖ユニットの反応性を妨げる様々な要因や制約が存在する上、ガラクトースの1位から6位までの5つのヒドロキシル基はすべてなんらかの形で関与するため、それら

の保護基などは必然的に制約される。そこでまず、立体的また反応性への寄与などを考慮して、様々なガラクトース単糖シントンを調製した。

環化反応では、当初の計画に示した様に、糖ユニットをコア部と結合することで環化反応点どうしを近づけ、また分子内反応となることで反応性の向上が期待できる「コア化合物補助環化反応」を活用している。そのコア化合物として、ヒドロキシル基を5つ有するグルコースや、カリックスアレーンの活用を計画し、現在、研究を進行中である。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕糖鎖、シクロデキストリン、有機合成、マイクロ波

〔研究題目〕代謝遺伝子サイレンシングライブラリー72の構築

〔研究代表者〕中島 信孝 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕中島 信孝 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

微生物による物質生産は、バイオマス (再生可能な生物由来の資源) を原料として、温和な条件下で行われる。そのため、従来の化学的に物質を合成する方法に対して、低環境負荷・省エネルギーである。大腸菌は世界で最も研究が進んでいる微生物で、扱いも容易なことから、有用物質を生産する宿主として頻りに用いられる。しかし天然の大腸菌のままでは有用物質生産に向かないことから、遺伝子組換え技術を駆使し、その代謝経路に改変を施す必要がある。そこで、代謝経路のうち、特に重要な中央代謝経路について、包括的に解析する技術の開発を行った。具体的には、大腸菌の中央代謝経路は、解糖系、TCA 回路、呼吸鎖の総計60反応ステップからなり、72 遺伝子産物が関与しているが、これらの反応ステップ全てに対するアンチセンス RNA の発現ベクターを作成した。これによって、これらの遺伝子の発現をサイレンシングでき、簡単に機能不全の状態を作り出すことが出来るようになる。次いで、ベクターの評価を行い、49個については満足できるサイレンシング効率で機能していることを確認した。それ以外については、順次ベクターの再構築を進めている。さらに、これらベクターによって各遺伝子をサイレンシングした時、どのような表現型が現れるかも解析している。このアンチセンス RNA 発現ベクター群 (代謝遺伝子サイレンシングライブラリー72と名づける) は、中央代謝経路研究のための新たな研究リソース・ツールとなると期待される。

〔分野名〕ライフサイエンス

〔キーワード〕遺伝子、大腸菌、ゲノム、炭素代謝経路、アンチセンス RNA、サイレンシング、バイオマス

**〔研究題目〕 超強力細胞保護ペプチド CPP の機能と
応用技術に関する研究**

〔研究代表者〕 津田 栄 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 津田 栄、西宮 佳志、坂下 真実、
近藤 英昌、(常勤職員4名、他1名)

〔研究内容〕

北海道沿岸などの寒冷海域に生息する魚類がもつ不凍タンパク質の中には、非常に強い細胞保護機能を有する数種類のペプチドが見出されている。これらの細胞保護ペプチド (CPP) を従来の細胞保存液に加えると、低温保存下にある細胞の寿命が少なくとも5倍長くなることが明らかになっている。これまでの研究により、CPP が細胞膜と相互作用することが示唆されているが、その詳細は未だ明らかになっていない。本研究では CPP の性能評価および細胞との相互作用解析によって、細胞保護機能の作用機序の解明を行う。これらの結果を踏まえ、CPP というこれまでに無い特殊な保護剤と既存の保護剤、保存液を組み合わせた新たな細胞保存液及び保存技術の開発を目指す。この技術は、再生医療で使われる摘出細胞等、1週間以内に需要のある細胞の保存技術の基盤となる。

遺伝子組換え微生物の高密度培養と、魚体からの高純度精製によって、種々の CPP の大量生産法を確立した。生産した CPP の性能を評価するために、他の成分との様々な配合比によって作成した細胞保存液に細胞を浸漬し、低温下に保存した際の生存率等を解析した。膵臓由来の培養細胞に対しては、5日間の低温保存後においても細胞の生存率とインシュリンの産出能を保存前と同等に保持できることが明らかとなった。また、ウシの受精卵および精子を用いた低温保存実験を行い、細胞保護効果を有する CPP を特定した。このうちの1種類は受精卵の発生を止めた状態で最長5日間の冷蔵保存を可能とすることが明らかとなった。また、蛍光顕微鏡システムを用いて CPP と細胞の相互作用様式を解析するとともに、立体構造解析によって機能部位に関する知見を得た。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 細胞保存技術、不凍タンパク質、タンパク質の大量生産、細胞保護、細胞膜、タンパク質立体構造解析、NMR、X 線結晶構造解析

**〔研究題目〕 根域の環境調節による根菜類の水耕栽培
技術の開発**

〔研究代表者〕 田坂 恭嗣 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 田坂 恭嗣 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、水耕栽培において根域の環境調節技術を利用し、根菜類の効率的な栽培方法を開発することを目指している。すなわち、我々がこれまで植物工場で開発したジャガイモ水耕栽培法を改良して、根への光照射や

養液温度の管理、培地 (支持体) の検討、浸透圧ストレスを与える等の手法を用いて根域環境を調節することで、根活性を上げ、植物体の成長を促進し、塊茎を誘導させるための全く新しい栽培方法を開発することを目指している。

近年、LED を用いて光環境が植物の生育に与える影響を調べる研究が広く行われているが、大部分は地上部に LED 光を照射するもので、根域への LED 光照射例は少ない。本研究では、たん液水耕栽培のジャガイモの根域に LED 光を連続照射する実験を行った。TTC 還元法を用いて根活性を測定したところ、青色光を照射したジャガイモの根活性は無照射区より高い傾向が見られた。また、地上部の生育は、無照射区よりも有意に大きい結果が得られつつある。また、養液温度の根域に対する影響について検討したところ、養液を下げることで塊茎を誘導できることが明らかになった。養液温度17℃、23℃、27℃の3つの処理区でたん液水耕栽培を行ったところ、17℃処理株の生育は、地上部、地下部とも他の処理区より劣っていたが、わずか2週間で塊茎が誘導された。

これらの結果は、根域の環境を制御する方法で、地上部の栽培温度や日長等を変えないで、植物体の生育を促進し、塊茎形成を誘導できる可能性を示している。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 水耕栽培、ジャガイモ、環境調節

**〔研究題目〕 トンボの体色変化・体色多型の分子基盤
の解明**

〔研究代表者〕 二橋 亮 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 二橋 亮 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

トンボは主に視覚でお互いを認識するため、翅色や体色に著しい多様性が見られる。トンボの成虫における色彩変化や色彩多型については、生態学的、行動学的な視点から多くの研究が行われてきたが、具体的な色素や体色に関わる分子機構については、全く不明であった。研究初年度に当たる本年度は、トンボの体色に関わる色素の同定、および構造色を生み出す微細構造の観察を主に行った。その結果、アキアカネやショウジョウトンボなど赤くなる種ではキサントマチンと脱炭酸型キサントマチンの2種類が主な色素であり、これら2種の色素の組み合わせが種間の色の違いと関連していることが確認された。赤い体色は雌雄やステージ間で異なるが、酸化還元電流の測定から、その違いは酸化還元状態の違いを反映しており、成熟のみ還元型が顕著に高いことが明らかになった。この結果は、動物の体色変化に関わるメカニズムとして過去に例のないものである。さらに、赤くなったトンボは抗酸化状態を保っていたことから、その分子機構が明らかになれば、抗酸化反応に関わる新たな知見が得られる可能性がある。また、白～水色のシオカラトンボでは、♂が成熟すると Wax 状の物質を大量に分

泌し、その微細構造に基づく構造色であることが確認された。興味深いことに、この微細構造は紫外線を強力に反射することが確認されたため、紫外線反射に関わる新たな生物素材としての応用面への展開も期待できる結果と考えられた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 昆虫、トンボ、進化、遺伝子探索、体色変化

【研究題目】 電気化学顕微鏡を利用した初代培養細胞の動態解析システムの開発

【研究代表者】 平野 悠（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 平野 悠（常勤職員1名）

【研究内容】

生体より回収された植え継ぐ前の細胞（初代培養細胞）は生体臓器に近い機能を保持しているため薬剤活性の解析には必須である。例えば、心筋細胞ではその拍動パターン、脂肪細胞では脂肪の蓄積・消費に伴う形状変化が解析指標となる。しかしながら、細胞群を対象とした初代培養細胞の測定には定量性に課題があり、また細胞を連続して観察することも困難であった。そこで、本研究では、細胞を非接触で観察可能な走査型電気化学顕微鏡（SECM）を利用し、心筋細胞などの初代培養細胞を一細胞レベルで評価可能なシステムの開発を目指している。

平成23年度は、SECM のプローブであるマイクロ電極の電流値が電極先端と対象との距離に依存することを利用して、心筋細胞の収縮、弛緩に伴う形状変化を電流応答として測定する心筋細胞評価システムを開発した。この測定では、測定溶液に電気学活性種（Med）を添加する必要があることから、はじめに、Med が心筋細胞に与える影響を評価した。測定に使用する Med の種類や濃度、印加電位を検討し、拍動を維持したまま電流応答が測定可能な溶液条件を決めた。次に、電流測定を伴うマイクロ電極の10nm ステップの垂直方向の走査（アプローチカーブ）を利用して、細胞上1-5 μm の位置に正確にマイクロ電極を配置する技術を開発した。細胞上に配置した電極の電流値を測定することで、1秒間に1回以上のペースで拍動する心筋細胞の動きが解析可能となり、心臓へ副作用を起こす薬剤を添加した時の変化を評価することができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 走査型電気化学顕微鏡、電気化学、細胞、マイクロ電極

【研究題目】 深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物学的メタン生成過程の解明

【研究代表者】 鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 鎌形 洋一、坂田 将、吉岡 秀佳（地圏資源環境研究部門）、皆川 秀紀（メ

タンハイドレート研究センター）

（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

本研究は生物学的メタン生成が高圧下で起こりうるか否か、とりわけ(1)メタン生成に必要な水素を供給する微生物と水素からメタンを生成する微生物間で種間水素伝達が高圧下で起こりうるか、(2)ケロジェン等根源有機物由来と考えられる中間物質からメタン生成に必要な酢酸を生成する微生物とメタンを生成する微生物との間で酢酸授受が高圧下で起こりうるか等を検証することによって、海洋ならびに陸地地下圏において今なお起きつつあると推定される生物学的メタン生成を実験的に再現することを試み、メタンならびにメタンハイドレート成因解明をめざすものである。油田地下試料を用いて原位置条件に近い高圧培養を行ったところ、酢酸からのメタン生成は、酢酸の水素ならびに炭酸ガスへの分解、続いて水素ならびに炭酸ガスからのメタン生成が起こることを、炭素同位体実験により初めて明らかにした。また、微生物相の分子系等解析の結果から、こうした酢酸酸化過程ならびにメタン生成過程に関与する微生物の存在を初めて明らかにした。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 微生物群集、メタン生成古細菌、地下圏、分子系統解析、酢酸、水素、メタン

【研究題目】 メタゲノム遺伝子の網羅的発現を目指した大腸菌宿主の開発

【研究代表者】 宮崎 健太郎（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】 宮崎 健太郎（常勤職員1名）

【研究内容】

メタゲノムは環境中に存在するゲノムの総称であり、様々な生物種由来のゲノムを含んでいる。メタゲノムから有用遺伝子を機能スクリーニングする際には、大腸菌等を宿主としたメタゲノムライブラリーを作成し、組換え大腸菌ライブラリーをスクリーニングすることになるが、起源生物の異なる多様な遺伝子を単一の宿主で均等に発現することは現行原稿技術では著しく困難である。そこで本研究では、メタゲノム由来の様々な遺伝子を均等に発現可能な大腸菌宿主を創成することを目的に研究を行った。

生物の多くは蛋白質をコードする遺伝子に AUG を開始コドンとする場合が多いが、生物によっては GUG、UUG を開始コドンとするものも存在する。これらの遺伝子は大腸菌内での発現が著しく抑制され、機能スクリーニングに至らない。そこで平成23年度は、開始コドンの選択に関与する翻訳因子をターゲットに大腸菌の改変を目指した。

コドン選択に関与する翻訳因子を異種のもので置き換えることで、大腸菌の開始コドン選択特性を改変することを試みた。そのため、まずは大腸菌に内在する翻訳開

始因子の完全欠損株を創成した。次に、他生物種からクローニングした翻訳開始因子や大腸菌翻訳因子の変異体を含む宿主を創成した。これらの変異株を宿主として non-AUG 開始コドンを含むレポーター遺伝子の発現解析を行った結果、野生株に比べて発現亢進する株が存在することが明らかとなった。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 リボソーム、大腸菌、宿主、蛋白質発現、開始コドン

〔研究題目〕 インジゴ還元槽中の微生物槽の機能解明

〔研究代表者〕 湯本 勳 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 湯本 勳 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標、および研究計画：

インジゴ還元槽中の機能性微生物の分離と機能解析を行い、微生物叢形成原理を明らかにする。

年度進捗状況：

本研究の目的はインジゴ還元槽が雑菌汚染の可能性がある状況で運用しているながら、数ヶ月以上の長期間にわたってインジゴ還元の状態を維持出来る要因を菌叢ベースで突き止めることである。そのためにはインジゴ還元槽の安定期に、インジゴ還元の原因となる細菌を特定し、コンタミの原因菌との相互作用を検討することが有効な方法論の一つとして考えられる。そこで、インジゴ還元槽の安定期に、インジゴ還元能を持つ細菌の分離を試みた。その結果、これまで分離されていた C40株に加え N214株を分離することに成功し、両菌株が同種とともにインジゴ還元能を持つことを明らかにした。これら二菌株は植物系の高分子であるデンプン、キシラン、セルロースを分解し、L-アラビノース、D-アラビノース、D-キシロース、D-グルコース、D-フルクトースなどから嫌気条件下で酸を産生した。生育温度域は17~39℃で、至適生育温度は35℃であった。生育 pH 域は pH9.0~12.0で至適 pH は10.0であった。上記の他菌体脂肪酸組成、16S rRNA 遺伝子シーケンス解析および DNA-DNA 交雑その他の生理生化学的性状検査の結果、これら2菌株は新種であることが明らかになった。インジゴ還元槽は、仕込みとメンテナンス時にキシラン、セルロースを含むフスマを使用しており、生育温度および生育 pH 域もインジゴ還元槽の環境と一致していることから、今回提案した新種はインジゴ還元槽が、安定期に達した際にインジゴ還元機能に対して中心的な役割を担っているものと推察される。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 遺伝子解析、微生物叢、インジゴ還元

〔研究題目〕 超音波によるマイクロ流路中の微小物体の非接触操作技術の開発

〔研究代表者〕 小塚 晃透

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 小塚 晃透、安井 久一

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、マイクロ流路中を媒質と共に流れる微小物体(固体粒子、気泡等)を超音波の定在波音場を用いて非接触で捕捉、操作するための技術を開発することである。本年度は、これまでに開発したガラス板を母材とするマイクロ流路を改良して各種条件の最適化を試みた。

流路は、横50mm×縦50mm×厚さ5mm のガラス板に T 字形に分岐する溝(流路、幅1mm×深さ1mm)を加工したものを基本形とした。T 字上方のガラス板端面の中央に30 mm×5 mm の超音波振動子を密着させて超音波を発生させ、ガラス板を介して流路中に超音波を放射した。また、流路の上面を薄い透明フィルムで覆って密閉し、T 字型流路の3つの端に貫通穴を空けて裏面に流路コネクタを取付けた。コネクタの一つはポンプに接続して注入口とし、残りの2つのコネクタは排出口として、それぞれチューブを取り付けて粒子操作実験システムを構築した。

まず、粒径10ミクロンのアルミナ粒子の懸濁液をポンプを介して流路に投入した。超音波の周波数を4.5MHz付近でスイープさせるとアルミナ粒子は凝集し、2つに分岐する流路の一方に誘導することができた。しかし、数ミクロンのアルミナ粒子に同様の操作をしたところ、粒子は懸濁したまま媒質と共に2つの流路に分岐して流れた。これは超音波による力は粒径に依存するため、大きなアルミナ粒子には力が作用して一方の流路に誘導できたが、小さな粒径のアルミナ粒子は操作できなかったことを示す。すなわち、大きさの異なる2種類の粒子が混在している場合、超音波の音響放射圧を用いることで大きな粒子を抽出できることを示した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 超音波、マイクロ流路、粒子、音響放射圧、非接触、マニピュレーション

〔研究題目〕 精密温度制御を用いた共晶複合セラミックスの組織制御による高温極限環境用材料の創製

〔研究代表者〕 堀田 幹則

(先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 堀田 幹則 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

地球環境問題の観点から、エネルギー機器関連のCO₂排出量削減がより一層求められる。それらの高性能化・高効率化を達成するため、高融点を有する SiC などの炭化物や ZrB₂などのホウ化物を始めとした非酸化物を複合化させた超高温セラミックス材料の開発が行われている。

本研究では、ラメラ組織を有する非酸化物共晶セラミックス粉末を用いて焼結助剤無添加で難焼結性物質同士を焼結させ、高純度で、高硬度、高耐熱性、高耐食性を有する緻密な共晶複合セラミックスの創製を行い、その粉末焼結法による精密温度制御を駆使したラメラ組織と三次元構造の制御を施すことによって、高強度化と高靱性を同時に達成し、過酷な極限環境に耐えうる超高温セラミックス材料の創製を目的とする。

今年度は、昨年度までに得られた緻密質 ZrB_2 -SiC 共晶複合セラミックスに対して高温酸化雰囲気下での酸化試験を行い、耐酸化性を評価した。また、 B_4C -SiC 系においても B_4C -SiC 共晶粉末を合成し、これを原料として緻密な B_4C -SiC 共晶複合セラミックスの作製を行った。 ZrB_2 -SiC 共晶複合セラミックスの耐酸化性については、典型的な ZrB_2 -SiC 複合セラミックスよりも重量増加がやや高くなり、耐酸化性が低いことがわかった。また、緻密でラメラ組織を有する B_4C -SiC 共晶複合セラミックスを作製できた。この共晶複合セラミックスの耐酸化性についても ZrB_2 -SiC 共晶複合セラミックスの結果とほぼ同様の傾向となった。以上のように、耐酸化性については共晶複合セラミックスの特異性を見出せなかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 セラミックス、非酸化物、共晶、粉末合成、焼結、微細組織制御

【研究題目】 表面科学的手法を用いた、糸状菌が認識する表面特性に関する研究

【研究代表者】 三宅 晃司
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 三宅 晃司、中野 美紀
(常勤職員2名)

【研究内容】

これまで一部の植物感染糸状菌 (*Magnaporthe oryzae*, *Colletotrichum* 属菌など) では、発芽菌糸が付着した固体の表面特性に応答して発芽菌糸先端から器官分化が誘導されることが知られている。しかしながら、表面の特性と菌の器官分化のメカニズムとの相関関係は未だに明らかになっていない。そこで本年度は、表面に存在する官能基を変えることにより、菌の表面認識に関与する表面特性を検討し、*M. oryzae* の器官分化に与える表面官能基の影響を明らかにすることを目的とした。自己組織化単分子膜 (SAM) によって 4 種類の官能基で修飾した表面をモデル表面として、かつ、機械的特性の異なる貴金属、鉄系材料・酸化物・Si など数種類の材料を基板として用いて、*M. oryzae* の器官分化を観察した。その結果、単純に表面の疎水性、親水性といった濡れ性だけではなく、表面の官能基の種類やその分布が菌糸先端での器官分化の誘導に強く関与していることを明らかにした。さらに、このようにして作製した

表面のうち、ある特定の表面では *M. oryzae* の吸着が極端に弱くなる結果が得られたため、他の住環境汚染菌を固体基板上に展開し、その成長状態、及び、表面への接着への評価を行った。その結果、当該表面は、菌の種類によらず、接着力を抑制できることが明らかになった。この研究は独立行政法人農業生物資源研究所・植物・微生物相互作用研究ユニットと共同で行ったものである。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 *M. oryzae*、器官分化、濡れ性、自己組織化、官能基

【研究題目】 リン酸塩ガラス電解質を用いた中温作動燃料電池の開発

【研究代表者】 鷺見 裕史
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 鷺見 裕史、藤代 芳伸
(常勤職員2名)

【研究内容】

目標：

リン酸塩ガラスは高プロトン伝導性を示す事から、室温から300℃程度の温度域での燃料電池電解質部材として期待されている。しかし、材料組成や構造の最適化等の作製条件の検討がほとんど行われていないため、添加元素の効果や合成温度の影響を系統的に調査し、高プロトン伝導性と化学的安定性が両立するリン酸塩ガラス製造プロセスの開発を目指す。

研究計画：

非晶質リン酸塩ガラスは結晶性リン酸塩で見られるような結晶構造の変態が起こらないため、室温から300℃までの幅広い温度域で高プロトン伝導性を示すことが特長である。また、リン酸塩ガラスは結晶構造の長距離秩序性を有しないため、添加元素や量の制約が少ない。しかし、ガラス化できる条件については経験的に知られているのみであり、さらに高プロトン伝導性を示す条件に関する報告例は皆無であるため、添加元素や量、合成温度等の作製条件について系統的に調べる必要がある。平成23年度では、種々の組成のリン酸塩ガラスを作製し、分光法での構造解析や交流インピーダンス法等による導電率測定により添加元素の選定を行なった。

研究進捗状況：

無機系電解質材料として新規に亜鉛とバリウムを含む3成分系リン酸塩ガラスを開発し、NMR やラマン分光を用いてガラス構造とプロトン伝導性の相関を明らかにした。これにより、燃料電池電解質部材として展開が可能な $10^{-3}S/cm$ を超えるイオン導電率の実現に向けた材料設計指針を得る事ができた

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 中温域固体電解質形燃料電池、リン酸塩ガラス、機能・構造制御、電解質、セラ

ミックスリアクター

【研究題目】有機官能基秩序配列を有したペプチド薄膜上での無機結晶析出の解析とその応用

【研究代表者】加藤 且也

(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】加藤 且也、寺岡 啓

(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

バイオミネラリゼーションは常温常圧下において特異な無機構造体を構築する高効率プロセスであり、工学的応用が期待されている。そのメカニズムとして、結晶核形成の起点となる有機鎖官能基の種類や空間的配置が結晶形態に影響を及ぼすと考えられている。今回テンプレートに用いるペプチドはアミノ酸側鎖由来の多種多様の官能基を自在にシーケンスに組み込むができ、タンパク質の一次、二次構造の形成によって官能基を空間的に厳密に配列制御できる。そこで本年度は、カルボキシル基およびアミノ基を界面に規則正しく配置したペプチド基板上に交互滴下法によりリン酸カルシウムのミネラリゼーションを行い、官能基の間隔および官能基種と結晶形態の関係性を評価した。最初にカルボキシル基の間隔を0、7、1.4、2.8nmにそれぞれ制御した β -シートペプチド-PEG ジブロック共重合体(LE)8-PEG70、(VEVV)4-PEG70、(VEVV-VVVV)2-PEG70、およびカルボキシル基：アミノ基比が1：1(交互配列)とアミノ基のみのペプチド(LELK)8-PEG70、(LK)8-PEG70を調製した。6.0×10⁻⁵Mのペプチド水溶液にマイカ基板を4℃で24時間浸漬させペプチド単分子膜を調製した。ペプチド薄膜上で析出したリン酸カルシウム(CaP)のSEM画像と電子線回折像、XRDの結果から(LE)8のCaPは一軸配向した析出形態を示し、アモルファスであった。一方(LELK)4上は hidroキシアパタイトであることがわかった。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】無機結晶、ペプチド、自己組織化、配向性、結晶成長、リン酸カルシウム

【研究題目】傷形状の復元アルゴリズム統合による磁気計測探傷法の新展開

【研究代表者】笹本 明 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】笹本 明 (常勤職員1名)

【研究内容】

非破壊検査における磁場探傷に3次元磁場センシングを取得するシステムを構築し、このデータから高精度の傷形状を復元する復元アルゴリズム開発を目標としている。GMRセンサ(一次元)を用いた漏洩磁束法による傷形状検出プローブを用いて、SS400平板に加工した単純な線および点形状傷に対する探傷実験データを取得した。また取得データに渦電流探傷用に用いてきた再構成

アルゴリズムを適用し、その有効性を確認した。これら基礎データ取得と解析の過程において、印加磁場強度をより強める必要性が、特に点形状傷に対して明らかとなった。磁場一様印加機構部のためのバイポーラ電源を入手し、模擬回路として電氣的等価回路を製作して、期待通りの共振回路が動作することを確認した。前述のGMRセンサでの知見も踏まえて、3次元磁場プローブの磁場印加部の機構の概念設計を行った。またセンサ部の磁場遮蔽構造を検討した。復元アルゴリズムの高度化に関し、ラプラス方程式の積分方程式に関する議論を海外研究者と展開し、特異積分方程式を用いる解法によって空間2次元の表面に垂直亀裂を有する状況および内部にクラックを有する状況の解の陽的表現を得る事が出来た。加えて空間2次元領域の内部に亀裂を有し、その亀裂両端に飛びのあるDirichletデータが与えられたラプラス問題を検討し、これまでに知られている結果を大幅に簡約化した境界積分表現を得るとともに、その解の可解性をヘルダー連続な関数空間で証明した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】非破壊検査、磁気探傷、3次元磁場センシング、積分方程式の可解性、亀裂数理モデル

【研究題目】安価な砂鉄、珪砂等を用いた自然系液体用しゅう動材料の開発

【研究代表者】村上 敬 (先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】村上 敬、日比 裕子、間野 大樹、松崎 邦男 (常勤職員4名)

【研究内容】

1997年の京都議定書以降、地球温暖化抑制のため国内外でCO₂排出量の削減が重要な課題になってきている。CO₂排出量削減方法の一つとして、自動車エンジンの燃料を化石燃料からバイオエタノールなどの自然系液体に切り替える方法が考えられる。このためには現在使用されている内燃エンジンのしゅう動材料をエタノールに合った材料に切り替える必要があるが、このような研究はほとんど進んでいない。研究代表者らは最近、 α -FeSi₂などのFe-Si系合金がエタノール中で低摩擦であること、このFe-Si系合金を安価な砂鉄、珪砂、グラファイトの混合物から直接作製できることを明らかにしている。本研究では、砂鉄、珪砂、グラファイト混合物からFe-Si系合金を作製する最適条件を明らかにし、またエタノール中におけるFe-Si系合金の低摩擦・低摩耗機構を明らかにする。

平成23年度は、エタノール中で最も低摩擦・低摩耗になるFe-Si系合金の組成解明等を行い、組成Fe-(66.7~96.0)at% SiのFeSi₂-Si系が最も低摩擦になることを明らかにした。またFe-Si系以外の遷移金属シリサイド(MoSi₂、ReSi_{1.8}など)の摩擦試験結果の比較より、Feにも摩擦低減作用のあることを明らかにし

た。さらに Al-Si 系合金の摩擦試験結果より、エタノール中では Al 成分も摩擦低減効果のあること、及びガンリナーエタノール混合液を模したヘキサナーエタノール混合液中、Al-Si 系合金はエタノール濃度が高いほど低摩擦、低摩耗になることを明らかにした。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 金属間化合物、粉末冶金、トライボロジー、表面・界面物性、材料加工・処理、エネルギー効率化、環境対応

【研究題目】 超音波照射による気泡振動を利用したナノ駆動体に関する研究

【研究代表者】 砥綿 篤哉
(先進製造プロセス研究部門)

【研究担当者】 砥綿 篤哉 (常勤職員1名)

【研究内容】

微小空間における物質移動を可能とするマイクロ・ナノ駆動媒体がバイオセンサ、触媒、ポンプ、アクチュエータ、医療機器などで将来必要と考えられている。この研究では、バイメタル構造のナノワイヤを合成および表面修飾し、電気化学的な反応でこの駆動媒体から発生する気泡を外力である超音波照射場において有効に機能させる駆動方法を検証することが目的である。本年度は、陽極にアルミニウム板、陰極にカーボン電極を使用し、硫酸またはシュウ酸溶液中でアルミナ陽極酸化膜の作製を行った。硫酸溶液中においては、孔径 10-20nm、深さ方向 20 μ m、細孔間隔が 50nm のアルミナ多孔体構造を形成した。また、シュウ酸溶液中においては、硫酸溶液よりも細孔径が大きくなり、100 から 200nm、深さ方向 9 μ m、細孔間隔 120 から 220nm を有する構造体を形成するなど、ナノワイヤの鑄型となるアルミナ多孔体の細孔構造の制御を行った。また、媒体粒子として考えられる銅粒子の合成をポリオール (多価アルコール) の還元力により金属イオンを還元し、ナノサイズの金属粒子を析出させるポリオール法によって行った結果、反応中に超音波照射を行うことにより、結晶サイズに影響し、微細なものができることがわかった。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 超音波、モータ、キャビテーション、バイメタル

【研究題目】 非周期歩容および物体操作を同時に実現する、多点接触を伴う全身運動の計画

【研究代表者】 Kheddar Abderrahmane
(知能システム研究部門)

【研究担当者】 Kheddar Abderrahmane、吉田 英一、原田 研介、Bouyarmane Karim
(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究では、仮想世界でのデジタルアバターや実世界

でのロボットなどの動作主体による、接触を含む操作と非周期的な運動とを組み合わせた複雑な全身動作を実現するため、統合的な接触運動計画の枠組みを提案する。

平成23年度は、主に以下の3点に関する成果が得られた。(1) 接触運動計画の高度化として、これまでに構築した多点接触を伴う運動計画手法の接触検出機能と全身姿勢計算機能を高性能化し、変形物体の接触モデル化手法を新たに導入することで、変形する物体が存在する環境での接触運動計画を可能とした。さらに、(2) 同時並列的に物体操作と動作主体の移動を実現する計画手法を構築し、複数の動作主体が、環境との接触により必要に応じて体を支えながら物体を目的の位置まで移動させる全身動作の計画を行うことができた。また、これら2つの課題とは独立に、(3) ダイナミック動作の生成にも取り組み、環境との接触状況のセンサ情報を用いた閉ループ動作制御を行うため、2次最適化問題への干渉回避と関節確度限界の統合、計算の高速化のための基礎的な理論構築を行った。

上記の成果を、必要に応じてデジタルアクターや、ヒューマノイドなどの多自由度ロボットのシミュレーションや実験により検証した。関連論文が、ロボット工学関連の最大の国際会議 ICRA2011, IROS2011などに採択された。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 接触動作計画、インパクト、最適化、ロボット工学、ダイナミクス

【研究題目】 キャスティング作業システムを用いた器用な遠隔物体操作に関する研究

【研究代表者】 有隅 仁 (知能システム研究部門)

【研究担当者】 有隅 仁、武田 行生、中坊 嘉宏
(常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

本研究では、大規模空間における物体搬送に着目し、遠方や近づきにくい場所の物体を素早く捕獲・回収する、キャスティングに基づく器用な物体操作方法を明らかにし、システムを構築して実験的検討を加え、遠隔物体の搬送作業を実現することを目標とする。本年度は、空中移動による物体回収動作に必要な張力制御機構、衝撃緩和機構、回収動作生成法を明らかにし、開発した装置を用いて本提案手法の有効性を検証した。

(1) 微小張力の安定発生を実現するために、ブレーキ等による力制御ではなく、固定・解放の2状態を切り換えるクラッチ、ばね、ばねの伸びを制御する直駆動系からなる新たな張力制御機構を考案し、その設計、試作を行った。そして、グリッパの運動を模擬するモータと本張力制御機構を組み合わせた実験装置を用い、張力制御機構の動力学モデルを構築し、パラメータ同定を行った上で目標張力を得るための制御入力決定を行った。これにより、力センサを用いることなく変位

センサの情報のみで滑らかな張力制御を可能とした。さらに、グリッパの落下運動を本張力制御機構により制御する実験を行い、本機構によりグリッパの運動が滑らかに変化させ得ることを確認した。

- (2) 高所にアクセスしたグリッパを落下させてロボット本体側で回収する動作を取り上げ、グリッパの運動エネルギーの損失を抑えながら連続的に速度方向を変えることにより、落下時の放物運動を動的に安定な回転運動に変換する方法を検討した。具体的には、リールの巻き取りによる目標放物軌道の生成アルゴリズム、ならびにバネ・ダンパを含むスライダをワイヤとともに移動させてワイヤ方向の振動を抑制する機構をそれぞれ開発し、放物運動から円運動への変換時における運動誤差の影響を抑制する技術を確認した。最後に、高所から落下させた物体をその衝撃を緩和しながら安定な回転運動に遷移させる動作を実験により実現した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】マニピュレーション、動力学、ワイヤ張力制御、最適化法、衝撃緩和

【研究題目】全方位医療用内視鏡を用いた全地球視野映像の研究開発

【研究代表者】佐川 立昌（知能システム研究部門）

【研究担当者】佐川 立昌（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究の目的は、全方位内視鏡を用いて、死角の無い映像（＝全地球視野）を表示する方法を開発することである。全方位内視鏡は前方、後方の両方の視野が得られるが、凸面鏡の裏側などに観察できない死角が存在する。複数の画像から全地球視野画像を生成する際、死角部分境界に画像の不連続などの誤差が発生することが多い。そこで撮影した腸管の形状を得ることによって、そのような誤差を少なくする手法を研究した。これまでの予備実験によって、内視鏡に取り付けられる大きさでパターン光を投影する光源を実現することが確かめられている。平成23年度には、内視鏡先端に取り付ける光源を試作し、光源試作における問題点の検証を行った。まず、内視鏡光源の大きさが非常に小さいため、その大きさに収まるパターンの製作、小型の投影光学系の設計、内視鏡への取り付け方法の検討を行った。超小型の投影パターンを実現するため、半導体制作に用いられるマスクプリント技術を応用し、投影するパターンの試作を行った。また、光ファイバー光源と組み合わせて内視鏡の鉗子口に挿入するための光源の設計と試作を行った。次に、その光源と内視鏡カメラを用いて、形状復元を行うアルゴリズムを研究した。これまで研究してきた投影パターンでは、色を用いたグリッドパターンを投影して形状を計測する手であったが、内視鏡システムに適用する場合、投影するパターンに制限が生じる。そこで、光ファイバーと超小型のマスクパターンから構成される光源を持つ内視鏡

システムで実現可能な形状復元法を研究し、単色のパターンを用いて形状計測に必要な対応付けが実現可能であることを確かめた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】内視鏡映像、全方位、形状モデリング

【研究題目】超高速3次元形状計測センサの開発および応用の研究

【研究代表者】佐川 立昌（知能システム研究部門）

【研究担当者】佐川 立昌、川崎 洋、古川 亮、
阪下 和弘（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

本提案の目的は、高速・超高速な形状計測センサの開発および、計測した形状データを用いた応用の研究を行うことである。提案する形状計測手法は、プロジェクタから固定したパターンを投影し、観測対象上に写ったパターンをカメラで観測することによって形状を復元する。単一画像から形状データを得られるため、ハイスピードカメラを用いることにより、高速な事象の観測が可能である。平成22年度までにおいて、基本となる計測手法が確立した。平成23年度には、下記に挙げる基本手法の拡張および、計測手法の応用について研究を行った。まず、これまで研究した手法によって、高フレームレートの映像を用いて形状計測が可能となったが、形状復元の計算に時間がかかっていた。平成22年度から研究してきた計算アルゴリズムの高速化を進展させ、並列計算性能に優れた GPU の計算能力を生かし、計算速度の向上を図った。また、これまで提案してきた形状復元方法は、投影したグリッドパターン上の形状データを生成するものであったが、平成23年度にはこれを高密度に補間することによって、密度が高い形状データを生成する手法を研究開発し、水面に起こる波などの細かな形状の計測に成功した。さらに、複数のカメラ、プロジェクタを利用した形状計測について平成22年度に研究を開始し、全周囲形状の計測を高速移動物体に対して適用できることを示した。平成23年度には、その全周形状システムを進展させ、すべてのカメラ・プロジェクタの情報を統合することによって、形状計測の精度を向上させる手法について研究した。その手法に基づいた全周形状計測システムを構築し、人の動きの計測あるいは、柔軟物体の計測によって、その運動のモデリングのためのデータ取得実験を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】高速3次元形状計測、ワンショット形状計測、全周形状計測

【研究題目】半構造化環境を利用したロボットの自律的環境モデル構築とタスクプランニング

【研究代表者】田中 秀幸（知能システム研究部門）

【研究担当者】田中 秀幸（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本課題では、ロボット用のインフラ整備が部分的に行われた「半構造化環境」における環境モデリングとタスクプランニングの技術を研究し、サービスロボットの自律性および実用性の向上を目指す。本年度の成果は主に下記の3つである。(1)構造化環境を利用する生活支援ロボットシステムの開発：ロボットアームの手先に小型のUSBカメラを装着し、これで環境中の視覚マーカを観測することで、マーカの位置と姿勢、およびIDに応じて自動で物体操作を行うシステムを構築した。(2)より高精度な環境構造化のための視覚マーカの開発：マイクロレンズアレイと無数の小さな十字形パターンを用いることで、姿勢推定において従来の平面視覚マーカより高精度（誤差は約5分の1）かつ安定（推定値のふらつきは10分の1以下）な新しい視覚マーカを開発した。また、このマーカを用い、ハンドカメラを装着したロボットアームの自動位置合わせを行うことで、より正確かつ安全な自律物体操作が実現する可能性を実証した。(3)人間-ロボット間で共有可能なモデルを記述する手法の研究：人間社会で人と共存するロボットに必要なものとして、意味情報を利用するための計算機処理基盤のあり方について検討した。具体的には、オントロジー工学、とくに機能オントロジーの概念を利用することで、人間の生活およびロボットの機能を記述し、人の生活を支援するロボットが機能的にどのように貢献するかを明確にするための枠組みを検討した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕サービスロボット、環境知能化、環境構造化

〔研究題目〕人とかわる共生型ロボットのためのロボットの適応的要素行動

〔研究代表者〕松本 吉央（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕松本 吉央、脇田 優仁、吉川 雅博（知能システム研究部門）、石黒 浩、中村 泰（大阪大学）、住谷 昌彦（東京大学）、宮尾 益知（成育医療研究センター）（常勤職員2名、他5名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、アンドロイドや人間型ロボットが人の話を聞く際の“うなずき”や“微笑み”などのしぐさを、ゆらぎの概念を取り入れながら周囲の人間と同期させ、ロボットやアンドロイドとのコミュニケーションにおいて人間が感じる満足度や安心感を向上させることである。本年度は、研究プラットフォームとして、アンドロイドの男性版を開発し、またアンドロイドの眼球に小型カメラを組み込むことで、アンドロイドの視線方向を検出可能にした。また、被験者が「同調するアンドロイド」に対して感じる没入感を、皮膚抵抗値のセンシングを利用して定量化するための計測システムの構築を行っ

た。ロボットの制御方法としては、人同士の対話を部分観測マルコフ過程とみなし、対話参加者の未来の振る舞いを観測値から予測することに基づきロボットに行動決定をさせるモデル化の枠組みを提案し、対話に参加する人の未来の振る舞いを予測する識別器が、弱識別器として二分決定木を用いたブースティングによって構築できることを示した。さらに、構築された弱識別器を分析し、ロボットの振る舞いが人の振る舞いに影響を及ぼすパターンを見出した。また、病院外来診察室におけるアンドロイド陪席実験に関して実験データの分析を行い、高齢者（65歳以上）の患者の方が若年者よりもアンドロイドに対する印象（心理的受容性）が有意に高いこと、アンドロイドが陪席した場合の方が陪席しない場合よりも診察や医師に関する印象が向上したことなどが明らかになった。さらに、高齢者、発達障害児など、コミュニケーション支援が必要な人々を対象としたフィールド実験を実施した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕ロボット、アンドロイド、人間共存、存在感

〔研究題目〕無人ヘリコプタによる3次元視覚観測システムの研究

〔研究代表者〕森川 泰（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕森川 泰、富田 文明（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、複数台のカメラで距離計測をするステレオカメラを搭載した自律型無人ヘリコプタシステムを開発し、無人ヘリコプタにより移動してステレオカメラで複数位置から撮影した画像データから遠距離の対象物の高精度な3次元データを構築するラージスケールステレオ法のアルゴリズムに関する研究することを目的としている。

ステレオビジョンに関しては、ステレオカメラとGPS センサ、姿勢センサを一体にした装置を使って、地上でカメラを移動させながら画像を位置姿勢のデータを取得する実験を行い、カメラを移動させることによって長い基線長を得るラージスケールステレオ法で3次元データを取得するのに必要な精度で位置姿勢を特定出来るか確認をした。その結果、3次元データを取得することは出来たが更に3次元の計測精度を上げる余地があることが明らかになった。また、ターゲットを捉える方法については、注視しながら移動する方法と移動後にターゲットを再度捉える方法について検討した。

自律型無人ヘリコプタに関しては、電動のラジコンヘリコプタ実験機を自動制御する為の制御アルゴリズムの研究とソフトウェアの開発を行った。制御はこれまで実績のあるPID制御をベースとしたもので、地上で試験し、機体の姿勢変化に対して妥当な舵が自動的に動作す

ることを確認した。各センサの動作状況についても検証し、妥当な値を示していることを確認した。また、電動ヘリコプタは機体の振動が少ないが、飛行時にどの程度の振動が発生してステレオカメラの画質にどの程度影響を与えるかを確認する為のセンサと計測システムも作製したので、今後、飛行実験により確認する。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】無人航空機、無人ヘリコプタ、飛行制御、ステレオビジョン、3次元計測

【研究題目】腕から計測可能な多種生体信号を用いた手の動作意図の推定手法の開発

【研究代表者】吉川 雅博（知能システム研究部門）

【研究担当者】吉川 雅博（他1名）

【研究内容】

手の動作意図を推定する技術は、手の動作を機械に伝達するヒューマンインタフェースの核となる技術である。本研究では、腕から計測可能な複数の生体信号を相互補完的に組み合わせた情報を用いることで、手の複数の動作意図を精度よく安定的に推定する手法の開発を行っている。本年度は、ハイブリッドセンサを用いた Support vector machine (SVM) に基づく動作認識手法を開発した。ハイブリッドセンサは筋電センサと光学式距離センサで構成されており、筋電位と同時にセンサ-皮膚表面間の距離（筋の隆起情報）を計測可能である。提案手法の有効性を調べるため、4名の被験者に対して本手法を用いた動作認識実験を行った結果、筋電信号のみを使用しているときに比べて動作の認識精度が向上することが明らかとなった。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ヒューマンインタフェース、動作推定、生体信号、ハイブリッドセンサ

【研究題目】把握技能における指の協調関係と機能の解明

【研究代表者】永田 和之（知能システム研究部門）

【研究担当者】永田 和之、山野辺 夏樹
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目的は、人の手指による把持・操作を力学的・運動学的に計測することで、指の協調関係と機能を明らかにし、その知見をロボットハンドによる把持・操作の作業戦略に適用することである。初年度である本年度は、指先力と指の運動を同時に計測する把持・操作計測システムの構築を行った。

指先力の計測は、これまでに開発した指装着型6軸力覚センサを用いて行う。本指装着型6軸力覚センサの外形は、実験で使用するロボットハンドの指先と同じ形状・材質であるため、指と物体との接触はロボットハンドと物理的に同一条件となり、ロボットハンドの制御に

有効なデータが直接得られるという特徴がある。指装着型6軸力覚センサは全部で4つ（親指、人差し指、中指、薬指）あり、本年度は、これまでに開発した力覚計測システムを、Ubuntu10.04を OS とする計算機に移植し、1[msec]毎にデータをサンプリングしてファイルに書き出せるように整備した。

指の運動計測は、新たに三次元運動動作計測装置を導入し、指装着型6軸力覚センサの三か所に取り付けたマーカー（カラーボール）の三次元位置を4台のカメラによる三次元パターンマッチングで計測することにより行う。運動計測システムは Windows7を OS とする計算機に実装し、90[fps]で画像データが取得できる。

指先力と指の運動データの計測は、力覚計測システムから運動計測システムに同期信号を送ることで同時にスタートし、30秒間のデータが記録できる。次年度以降、これらのシステムを用いて様々な把持・操作のデータを取得し解析を進めていく予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ロボットハンド、把持、操作、指先力計測、三次元運動計測

【研究題目】ダイナミックインバージョン制御を用いた重力制御姿勢安定化飛行体の研究

【研究代表者】岩田 拓也（知能システム研究部門）

【研究担当者】岩田 拓也（常勤職員1名）

【研究内容】

目標：

重力を利用した空中姿勢制御を行う飛行体の制御アルゴリズムを解明する。

研究計画：

2011年4月～2014年3月

年度進捗状況：

初年度となる2011年度は、重力を利用した空中姿勢制御を行う飛行体の小型組込み制御回路と実験機の機体の製作を行った。小型組込み制御装置の回路設計は、重力振子安定式飛行機械のダイナミックインバージョン制御のためのロール姿勢制御モデルの作成と姿勢角が小さい領域における制御則を基にセンサ入力・アクチュエータ出力、通信系などの回路を設計製作した。また、実測データ収集のため、実験機の1/3スケールとなる小型実験機を製作した。実験機の設計は、3D-CAD を用い、翼の特性を決定する骨組み材（スパー）の応力解析や変形解析から、設計の最適化を行った。実験機は、胴体部分が全て軽量アルミ合金、翼部分が軽量アルミ合金と高分子膜材で製作された。小型実験機の主な仕様は、翼スパン3m、翼面積2平方 m、総重量3kg、推力1.5kgf。翼の設計では翼面積2平方 m、スパン2.8m、アスペクト比2.3。空力特性設計では、後退角30°（翼スパー挟角120°）、上反角10°、捻下角10°、翼後縁上反角5°とした。製作を行い完成した小型実験機の試験を室内で再

現良く行うため、直径900mm の送風ファンを3機並べて乱れた流れの送風を行う乱流送風装置を製作し、製作した小型実験機の翼の特性を計測した。今後は、滑空機としてデータ収集後、小型実験機に電動推進器を搭載して、様々な運動の見える化試験を行う予定である。そこで空中運動の安定性を実証することができれば、この安定性を利用した空間移動ロボットの空中物流システムへの応用が期待される。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 ジェットエンジン、無人飛行機、高速切削加工

【研究題目】 重時空間スケールで適応する多自由度ロボットのノンストップ運動計画

【研究代表者】 吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】 吉田 英一、金広 文男、原田 研介、Pierre Gergondet
（常勤職員3名、他1名）

【研究内容】

本研究では、計画した運動を多重時間・空間スケールで変化する環境に適応させる機構を導入して、ノンストップで機能する多自由度ロボットの運動計画システムを確立することを目的としている。

平成23年度は、これまでに構築した枠組みをさらに強化し、空間的適応においては、移動が検出された障害物がロボットの近傍にある場合にのみ経路の再計画が必要であることを考慮して経路の探索範囲を絞り込み、不必要な大域的経路計画を避けることで計画アルゴリズムの高速化を行った。また時間的適応では、ロボットが障害物に近い距離を通らなければならない場合など、厳しい条件での干渉回避において、減速・停止を考慮して、滑らかに到達地点を前後させる時間的な伸縮を行う機能を実現した。作業空間上のエンドエフェクタの作業空間での目標位置を支配自由度、コンフィグレーション空間を詳細自由度と捉え、微小動作を表現するヤコビ行列により結びつける階層的な経路表現ロードマップを探索のデータ構造として用い、これらの計画手法を実現した。異なる運動計画アルゴリズムが利用できるよう、並列動作する計画器と制御器を、オープンソースのロボットソフトウェア用インタフェースとして産総研で開発されている RT ミドルウェアを用いて実装した。手法の汎用性を検証するため、構築した手法を、移動障害物が存在する環境での冗長マニピュレータの軌道再計画や、人間型ロボットの歩行経路やリーチング動作に適用し、シミュレーションや実際のロボットによる実験を行ってその有効性を確認した。成果に関する論文がロボット工学最大の国際会議の一つ ICRA、日本ロボット学会誌に採択された。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 運動計画、多自由度ロボット、時間・空

間適応、オンライン計画・実行

【研究題目】 インパクトを含む3次元非周期・多点接触動作の実時間生成

【研究代表者】 吉田 英一（知能システム研究部門）

【研究担当者】 吉田 英一、Sebastien Lengagne
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、人間型ロボットのような多数の自由度を持つロボットが移動できる領域を拡張するため、必要に応じて環境との多数の点で接触してロボットの体を支え、またその接触の際のインパクトも考慮して、非周期的かつダイナミックな全身動作を高速にオンラインで生成する手法を明らかにすることを目的としている。

平成23年度は、昨年度までに構築した、多点接触を含む動力学的に安定なロボットの軌道を導出する最適化手法において、考慮する制約を調節することで、障害のある歩行を生成することも可能であることを示した。まず、これまで考慮されていなかった、環境との衝突や自己干渉回避を新たに統合し、机の上に足をかけて登るなどの複雑な作業を実現できる手法を構築した。さらに、関節の角度を固定したり、また片足に係る最大荷重に制限を加えたりすることで、怪我や器具などで拘束された人間動作を模倣的に生成する方法を実現した。その結果、人間にも見られるような、固定した足を振り上げる際に外側に回して前に運んだり、上半身を上方に引き上げて全身動作を用いて足にかかる荷重を減少させたりする動作などを得ることができた。これらの成果を、人間型ロボットを専門とする会議 Humanoids のワークショップやバイオメティクスとロボットに関する国際会議 ROBIO で発表した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 接触動作計画、インパクト、最適化、ロボット工学、ダイナミクス

【研究題目】 対象物の柔軟性を考慮した組立作業計画

【研究代表者】 原田 研介（知能システム研究部門）

【研究担当者】 原田 研介、音田 弘、山野辺 夏樹、永田 和之、吉田 英一
（常勤職員5名）

【研究内容】

本研究においては、セル生産システムなどにおいて人手で行われている作業をロボットで代替することを目指している。そのために、パーツの組み立て作業の自動化を研究している。特に、スナップジョイントを有するパーツに着目し、スナップジョイントの変形を考慮して組立作業の計画を行う。

本年は組み立て作業の自動化のために必要な、パーツのモデル化手法を開発した。まず、部品は VRML などのポリゴンモデルとして与えられているという仮定の下、

部品の表面形状を平面として近似できる領域（クラスタ）の集合に分割する手法を開発した。これにより、組み立てを行う部品において、組み立て作業がクラスタ同士の接触によって表現できることを示した。また、組み立てシミュレーションを行うことで、組み立て作業がクラスタ同士の接触状態の系列として表現できることを示した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 組み立て作業、動作計画、作業計画、シミュレーション

〔研究題目〕 グラフオートマトンにおける自己組織原理の研究

〔研究代表者〕 富田 康治（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 富田 康治、黒河 治久
（常勤職員2名）

〔研究内容〕

グラフオートマトンは、構造を変化させるルールと、ルールの適用を制約する構造との間の相互作用を記述する数理モデルである。これは静的な格子構造の上での格子点における状態変化を扱うセルオートマトンを、動的なグラフ構造に拡張したものといえ、より豊かな表現力をもつ。ここでは、各ノードが内部状態をもち、他の3個のノードと隣接するように制限されたグラフ構造を想定している。今年度は、単純な場合における自己組織的な振舞いとしてクラスタリングに関する数理的検討を進めた。ここでは、同一の内部状態をもつ極大連結ノード群を一つのクラスタとする。グラフの発展は、任意に選択されたリンクに対してルールを適用することを繰り返すことにより行われる。ただし、各ノードの取り得る内部状態は2状態とし、ノード数を増減させないルール2種類を想定する。特に、外乱としてノードの状態がランダムに変更されることを想定して、主として安定性について検討を進めた。変更の割合を様々に変化させてシミュレーションを行い、クラスタ数の変化を調べたところ、前年度に得られた挙動はこのような外乱のある場合にも比較的安定な振舞いを示すことが確認できた。また、状態を考慮しない場合のこのような枠組みの構造的な性質を検討し、上述の構造書換え規則を用いると、状態を持たない平面的な3正規グラフが二つ与えられた時、ノード数が同じであれば、一方から他方に書換えが可能であることを示した。具体的には、そのような任意のグラフから、ノード数の同じ環状梯子グラフに書換え可能であり、また、逆向きの書換えも可能であることから導かれることを示した。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 グラフ、セルオートマトン、自己組織化、複雑系、動的ネットワーク

〔研究題目〕 他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果に関する研究

〔研究代表者〕 本間 敬子（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 本間 敬子、薄葉 眞理子
（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

本研究では、機器を用いた他動運動が末梢組織の循環状態に与える影響に関する研究の成果を踏まえて、他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果について、実験的に明らかにすることを目的とする。本年度は以下を実施した。

過去に脳血管疾患に罹患して後遺症により足部に浮腫が生じているが、実験の参加に支障がない健康状態である人（以下「脳血管疾患罹患患者」と記す）を被験者として、日常生活の中で下腿の血流量、皮膚温、関節角度、筋電等の生体信号及び室内の温度等を計測し、生体信号の日内変動と、室温などの環境パラメータの変動との関係について評価を行うための準備として、循環状態の日内変動を計測するためのプロトコル案の策定を行った。また、他動運動機器の使用が下腿部浮腫に及ぼす効果を表す指標に関して、関連する研究で用いられている指標の調査を行った。

低速で作動する機器と連続的に接触する際に皮膚等の身体組織が受ける影響についての基礎的な検討として、外力を受けた際の皮膚や皮下組織等の変形特性に関する研究の調査を行った。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 他動運動機器、末梢循環状態

〔研究題目〕 確率関係モデルによる医療臨床データの高度活用に関する研究

〔研究代表者〕 麻生 英樹（知能システム研究部門）

〔研究担当者〕 麻生 英樹、橋田 浩一（社会知能技術研究ラボ）、赤穂 昭太郎、神嶌 敏弘、城 真範（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）（常勤職員5名）

〔研究内容〕

近年、情報化の進展により、臨床医療の現場にも多くの情報機器が導入され、電子的な治療記録や各種の医療機器からの情報など、膨大なデータが電子的に蓄積されるようになってきている。本研究の目的は、日常の診療行為の中で生み出される膨大な臨床情報をより高度に活用して医療過程の質を持続的に向上させるための新たな統計解析手法を開発することである。計画初年度である平成23年度には、①東京大学医学部附属病院を中心に構築されてきた循環器内科情報データベースを基盤として、データベースの拡張を行った。プロジェクトで評価対象として用いる課題＝疾患群として、経皮的冠動脈形成術を受けた患者を選び、循環器内科の医療過程で収集されている各種のデータ（患者の属性、診察・処置・投薬情報、検査結果情報）を抽出し、確率モデリングに適した形に成形した。②上記の評価対象課題に即して循環器内科情

報データベースに現れる概念を整理して、投薬記述および検査結果記述に用いられる医学用語に関する概念オントロジーを整備した。そのためのオントロジー編集用のツールを整備した。③既存手法であるマルコフ決定過程(MDP)をベースとして、診療過程全体を試験的に確率モデル化した。確率モデルを用いて医療過程のシミュレーションを行うためのツールを構築した。心臓疾患と関連性の深い糖尿病の検査及び投薬データにモデル化を適用して投薬措置の有効性の評価を行った。また、患者の差別などにつながるセンシティブ情報が推論結果に反映しないようにするため、公平性の高い学習手法を新たに提案して有効性を検証した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】確率関係モデル、データマイニング、医療臨床データ

【研究題目】陸域における微生物による嫌氣的メタン酸化プロセスの解明

【研究代表者】竹内 美緒 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】竹内 美緒 (常勤職員1名)

【研究内容】

新たに掘削した関東平野の沖積層試料を用いて、嫌氣的メタン酸化活性の測定を実施した。陸域に存在する独自の嫌氣的メタン酸化古細菌 (ANME-1aFW) の生理学的特性を明らかにするため、様々な条件 (温度、塩濃度) を変化させた活性測定を実施した。また、電子受容体として硫酸塩以外の可能性を検討するため、硝酸塩、鉄、マンガン、腐植酸等を添加し、活性促進の有無を検討した。DIC 同位体組成分析がほぼ終了し、現在得られたデータを解析中である。

【分野名】地質

【キーワード】陸域地下圏、嫌氣的メタン酸化、ANME、*mcrA*

【研究題目】急激な気候変動に対する海底扇状地の発達と二酸化炭素固定能力の応答の評価

【研究代表者】中嶋 健 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】中嶋 健 (常勤職員1名)

【研究内容】

南海トラフ沿いの四国海盆から採取された IODP 掘削試料の花粉分析、有機炭素・窒素分析、炭素同位体比分析及び鉍物分析を昨年度に引き続き行った。新たに掘削された同一サイトの試料を加える事により、後背地と見られる西南日本の過去2000万年間の連続的な発達史、気候変動史の復元が可能になった。その結果、日本海形成後の1400-1200万年前に紀伊半島で大規模な山脈隆起があり、花粉と陸起源の有機物に顕著に富んだ紀伊半島起源の砂が四国海盆に海底扇状地を作って堆積したこと、800万年前頃に伊豆半島起源と推定される軽石を含んだ、花粉と有機物に乏しい砂岩が大量に堆積したこと、花粉

組成から推定される西南日本の気候は、世界的気候変動を反映して900万年前頃から冷温化し、その後寒暖を繰り返してきたこと等が解明された。また、陸から運ばれ海底に固定された有機炭素のフラックスの変化を見ると、西南日本陸上で植物が吸収した二酸化炭素が有機物となり、紀伊半島の山脈隆起により四国海盆に運ばれ、分解されにくい海底下に安定的に固定されたことを意味する。この有機物はプレートの沈み込みにより将来再び西南日本の付加帯にとりこまれ、メタンハイドレートや水溶性天然ガスのメタンの起源となる可能性も新たに判明した。以上の結果と、初年度に行われた日本海富山深海長谷のコアのタービダイトの記録と比較すると、数万年~10万年のタイムスケールでは気候変動により、100万年以上のタイムスケールではテクトニクスにより海底扇状地が発達し、二酸化炭素固定能力を増加させて地球温暖化を和らげていることが判明した。

【分野名】地質

【キーワード】海底扇状地、有機炭素、地球温暖化

【研究題目】イオン吸着型希土類鉍床の探査法の確立と資源量の評価

【研究代表者】実松 健造 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】実松 健造 (常勤職員1名)

【研究内容】

ミャンマー国南東部には白亜紀~古第三紀の花崗岩が南北に分布しており、温暖・湿潤な気候で化学風化を被っているためイオン吸着型希土類鉍床の存在が期待される。本地域の花崗岩の地球化学的特徴と希土類資源ポテンシャルを明らかにするために、2011年12月に Dawei 市と Myeik 市周辺において野外調査を行い、花崗岩および風化花崗岩試料を採取した。

全岩化学組成分析の結果、花崗岩の希土類含有量は72~414ppm であり、平均値が159ppm、中間値が132ppm であった。磁鉄鉍系花崗岩の方がチタン鉄鉍系花崗岩よりもやや希土類に富む傾向が見られたが、磁鉄鉍系花崗岩は相対的に軽希土類に富む一方で、チタン鉄鉍系花崗岩には相対的に重希土類に富むものが見られた。風化花崗岩の希土類含有量は26~806ppm であり、平均値が178ppm、中間値が140ppm であった。花崗岩と風化花崗岩の希土類含有量を比較すると、風化によってわずかにしか希土類が濃縮していないことが分かる。風化花崗岩の Ce 異常は0.44~11.9であり、風化により REE3+ が移動したことが分かる。風化花崗岩中の吸着性希土類濃度を定量するために、硫酸アンモニウム水溶液を用いて希土類を抽出した後に ICP-MS を用いて分析を行った。その結果、風化花崗岩中の希土類の1.5~59%のみしか吸着していないことが分かった。イオン吸着型鉍床では一般に50%以上の希土類が吸着していることが求められるため、調査地域の風化花崗岩は鉍床と呼べる規模で連続してイオン吸着鉍が存在しないことが分かった。

調査地域の風化花崗岩は一般に希土類含有量が低く、十分な量の希土類が吸着して存在しておらず、風化殻の厚さも薄い (<10m) ため、希土類資源量は少ないものと予想される。しかしながら、Myeik 市周辺には重希土類に富みながら比較的希土類を吸着している風化花崗岩が確認されたため、今後、花崗岩の鉱物学的特徴を調べ、本地域のイオン吸着鉱の成因を明らかにする必要がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕レアアース、ミャンマー、イオン吸着鉱、風化花崗岩

〔研究題目〕フィリピン海プレート創成過程復元と島弧創成メカニズムの解明

〔研究代表者〕石塚 治 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕石塚 治、山崎 俊嗣 (常勤職員2名)

〔研究内容〕

23年度は、1) 前年度実施したパラオ海盆周辺において実施した YK10-14航海による採取試料及びデータの分析および解析、2) ヤップ島における陸上試料採取、を主に実施した。採取火山岩試料について、主要、微量成分及び同位体組成を測定するとともに $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法による年代測定を実施した。その結果、海盆底から採取された玄武岩は、中央海嶺玄武岩類似の特徴を持つことが明らかになった。これは海山から採取された試料以外の海盆底試料は、海底拡大により形成された海洋地殻を構成する岩石であることを裏付けている。海盆底の形成年代については、試料の風化のため、現在までのところ信頼できる Ar/Ar 年代が得られた点は限られているが、ミンダナオフラクチャーゾーンからは、約4040万から4360万年前の年代が得られた。この年代は西フィリピン海盆が拡大している期間に重なる。データが少なく断定は難しいが、西フィリピン海盆と同時期に別の海底拡大により形成された可能性を示している。この年代値と海底の地磁気異常データから、新たなフィリピン海地域のテクトニクス復元モデルを検討、学会発表を行った。採取された火山砕屑岩と砂岩3試料について国立極地研究所設置の高感度二次イオン質量分析計 (SHRIMP-II) を用いたジルコン U/Pb 年代測定を実施した。その結果、パラオ海盆南端部と東縁部の地殻は伊豆・小笠原・マリアナ弧の火成活動時期と重なる始新世に形成されたことが判明した。ヤップ島での採取試料について、岩石記載を実施中である。来年度は、年代、化学分析を行う予定である。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕フィリピン海プレート、島弧創成、化学分析

〔研究題目〕沖縄周辺海域における最終氷期以降の中・深層環境

〔研究代表者〕板木 拓也 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕板木 拓也 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

北太平洋の水深400~800m 付近には、北半球高緯度を起源とした中層水 (北太平洋中層水) が広く分布しており、その消長は気候変動に敏感に反応している。本研究の目的は、この水塊の南限域にあたる沖縄周辺海域から採取された海底コア (柱状堆積物試料) を詳細に分析することで、この海域の中・深層環境の変遷に関する理解を得ることである。

沖縄海域で採取された計12本の海底コアについて堆積年代の概査を行った。この中から最終氷期 (約2万年前) 以降の堆積物を連続的に記録しているコア GH08-2004を総合的な研究に供することとし、深海環境の指標となる微化石群集 (放散虫)、底生有孔虫の酸素・炭素同位体比、化学成分の分析を進めている。その結果、最終氷期から完新世にかけての遷移期において、これらの深海環境指標の著しい変化が認められた。このことは、氷期の終焉した時期の深海環境が現在とは異なっていた事を示唆しており、北太平洋高緯度域の気候変動と連動している可能性がある。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕古環境、海洋循環、微化石、放散虫、年代測定

〔研究題目〕古地図および堆積物を利用した高分解能火山地質学の構築

〔研究代表者〕及川 輝樹 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕及川 輝樹 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究は、古地図と堆積物を利用した火山活動史構築法の開発を目的とする研究である。噴煙の描かれた古地図のカタログづくりを行い、噴煙の描かれた火山の噴煙史と火山活動史の関係を、文献史料及び地質調査を併用して明らかにする。本年度は、中~西日本の古地図および火山地質の調査を新たに行い、それと並行して昨年度調査した北海道 (蝦夷) の噴煙の描かれた古地図のカタログづくりとその補足調査を行った。その結果、九州の火山について噴煙の描かれた古地図のカタログを作成した。さらに、現在活動中の霧島火山については、古地図に描かれた噴煙活動の妥当性を検討するため、文書記録から江戸期の活動のとりまとめも行った。その結果、霧島火山、阿蘇火山には、多くの古地図に噴煙が描かれているが、桜島火山については、ほとんどの古地図に噴煙が描かれていないことが明らかとなった。また、中日本の浅間火山について噴煙の描かれた古地図のカタログづくりを行った結果、19世紀前半に噴煙活動が低調になったことを示唆するような結果が得られた。また、北海道の江戸期後半の噴煙史古地図のカタログと火山活動史との関係は、日本第四紀学会及び日本火山学会で順次報告

を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、古地図、噴煙、噴火史

〔研究題目〕北日本における第四紀後期の山麓斜面および河成段丘の高精度地形面編年

〔研究代表者〕近藤 玲介（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕近藤 玲介（他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、北日本に分布する周氷河性斜面地形と下流域に存在する河成段丘の地形発達史と、陸域における中期更新世以降の地形発達に関連する古環境を推定することである。しかし、周氷河性の堆積物や、北海道の段丘堆積物およびその被覆層からは年代資料が発見されることはまれであることや、放射性炭素年代測定法の適用限界が約5万年前までであるという問題がある。したがって、高分解能な地形面編年を行うために、堆積物から直接年代値を得ることが可能であるルミネッセンス年代測定法を適用する。本研究では、ルミネッセンス年代測定法の中でも最新の手法の一つである pIRIR 年代測定法を適用する。pIRIR 年代測定法では多鉱物微粒子を測定対象とすることが可能であるので、従来の石英の OSL 年代測定法よりも試料が得やすく、なおかつ、より古くまで適用できるという大きな利点がある。しかし、日本列島においての適用例はないので、はじめに pIRIR 年代測定法の測定条件の検討や既知の年代資料とのクロスチェックを行い、その後、実際に河成段丘をはじめとした地形面・堆積物の編年をおこなった。

氷期中に永久凍土が分布していた北海道北部においては、氷期-間氷期サイクルと河川地形発達の関係や古環境について議論を行うために、周辺に周氷河性斜面堆積物が厚く分布する地点で野外調査を行うとともに機械式ボーリングを行った。本掘削では、①沖積層に埋没した谷地形の把握をおこない、②最終間氷期以前に堆積したと考えられる海成段丘堆積物直下の河川性～湿地性堆積物を採取した。氷期中、より温暖であった北海道南部の遊楽部川周辺においては、野外調査・写真判読によって河成段丘の記載をおこなった。

OSL および pIRIR 年代測定の結果、北海道北部におけるコア掘削地点周辺の周氷河性斜面堆積物は、主に酸素同位体ステージ9の海成段丘堆積物を母材としており、約2万年前に堆積したこと、約12ka 頃に現在の谷が浸食により形成され、その後の縄文海進で沖積層が堆積したことが明らかとなった。北海道南部の遊楽部川中流域の河成段丘は、低位からⅠ面～Ⅵの6面に分類された。この内、最低位のⅠ面からは約13ka、Ⅲ面からは約71ka、Ⅳ面からは約150ka 直前という年代値を得た。これらの結果から、北日本における中規模～小規模河川の中期更新世以降の地形形成環境が、高分解能な年代資料に基づき明らかにされた。あわせて、pIRIR 年代測定法が中

期更新世以降の地形・堆積物の編年に非常に有効なツールであることが示された。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕北日本、氷期、間氷期、周氷河現象、河成段丘、海成段丘、ルミネッセンス年代測定

〔研究題目〕不均質な地質構造をもつ岩盤中でのダイク発達メカニズムの解明

〔研究代表者〕下司 信夫（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕下司 信夫（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、火山体内部におけるマグマの貫入メカニズムのより高度な理解のために c ダイク発達に対する地質構造の不均質性の影響を明らかにすることを目標とする。

本研究では、三宅島火山及びそのほかの侵食あるいは構造的な破壊によって火山体の内部が露出している火山においてダイクの鉛直方向および水平方向の構造に関するデータを取得し、力学的解析と合わせてダイク発達に対する母岩構造の影響を評価する。本年度は三宅島火山の2000年カルデラ壁に露出する100以上のダイクの野外調査を継続し、高精度のダイク画像の解析によってダイクの鉛直方向の構造、特にダイクの厚さの垂直方向の変化に関するデータを解析した。また昨年度に取得したフランス・レユニオン火山における同様の手法でのダイクのデータについても合わせて解析した。ダイクの厚さと周辺の母岩の構成物質を合わせて解析した結果、ダイクの厚さは周辺の母岩の岩相すなわち強度に強く影響を受けており、強度の大きな溶岩流や貫入岩体といった母岩中では、より強度の小さい火砕岩等の母岩に比べて有意に小さく、また逆に局所的に強度の小さな母岩の中ではダイクの厚さは局所的に厚くなることが明らかになった。有限要素法によるダイクの形状の数値シミュレーションを実施し、母岩のヤング率のコントラストを実際の岩石で想定される程度のもにすることで、実際のダイクの厚さの変化を再現することに成功した。ダイクを構成する岩石の中の微細変形構造を抽出することにより、不均質母岩中でのダイクの発達とマグマの流動方向の解析を行い、母岩の強度の違いを反映したダイクの局所的な厚さの変化とそれに応じた地下でのマグマの3次元的な移動プロセスをモデル化した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕火山、噴火、マグマ、テクトニクス、地質構造

〔研究題目〕火山ガス観測に基づく継続的噴煙活動火山の噴火・活動推移解明

〔研究代表者〕篠原 宏志（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕篠原 宏志（常勤職員1名）

【研究内容】

継続的な噴煙活動を行っている火山において噴煙組成（火山ガス組成）の繰り返し観測および連続観測を実施し、火山ガス組成の変動から、火山ガス放出過程を明らかにし、噴火・脱ガス機構をモデル化するとともに活動推移過程を明らかにする。そのため、携帯型の Multi-GAS（多成分センサーを用いた噴煙観測装置）を用いた連続噴煙組成観測装置を浅間山山頂火口縁の二カ所に2010年度に設置し観測を継続している。この間、浅間山の火山活動は静穏であり、火山ガス組成にも顕著な変化は観測されていない。

2011年春に阿蘇山湯だまりの減少が生じ、活動の活発化が懸念されたため、携帯型の Multi-GAS（多成分センサーを用いた噴煙観測装置）およびアルカリフィルターによる繰り返し観測を実施するとともに、連続観測を開始した。その後、活動は静穏化し現在までに顕著な変化は観測されていない。阿蘇山の火口湖ガスと高温噴気ガス組成観測の結果に基づき、それぞれのガスの供給分別過程のモデル化を行った。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

【研究題目】造礁サンゴの骨格形成と環境情報を記録するメカニズムに関する研究

【研究代表者】鈴木 淳（地質情報研究部門）

【研究担当者】鈴木 淳、岡井 貴司、石村 豊穂、川幡 穂高（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

サンゴの炭酸塩骨格の化学組成は、古気候を推定する間接指標として広く用いられている。しかし、その記録プロセスには生物が介在するため、これまで十分に考慮されてこなかった環境-生物間相互作用に起因する「推定の不安定性」が存在する。本研究では、実験計画法の基準に基づいて管理された環境で現生のサンゴを飼育し、環境と骨格組成を繋ぐ、より正確な関係式を構築する。

現在までに、フィリピン3地点、インドネシア・セリブ諸島、マイクロネシア、琉球列島石垣島、小笠原諸島父島などから、現生サンゴ骨格の長尺柱状試料を採取した。試料採取地点は、東アジアから東南アジアを経て、インド洋に及び、アジアモンスーン変動およびエルニーニョ南方振動の長期的変動を解析するのに適している。本研究課題では、1950年以前の海洋の水温塩分変動を復元するために、昨年度に引き続き分析未了区間について分析を進め、さらに約2週間の時間分解能を目標に追加分析を実施した。特に、フィリピンより採取された試料を重点的分析、解析した。本研究課題で飼育されたサンゴ試料を活用し、Sr/Ca比に加え、Mg/Ca比、U/Ca比等を分析して、特に温度と成長速度への共依存性を解析した。また、ハマサンゴ水温計の群体差は、サンゴ生物組織（軟体部）内の石灰化層の厚さが重要な要因であること

を明らかにし、平衡論的な温度関係式とのズレを補正する方法を提案した。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、骨格、水温、酸素同位体比、ストロンチウム

【研究題目】第四紀における円石藻・珪藻間のブルーム形成戦略の相互的進化過程の解明

【研究代表者】田中 裕一郎（地質情報研究部門）

【研究担当者】田中 裕一郎、柳沢 幸夫（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、円石藻と珪藻のブルーム形成とその遷移機構に焦点をあてて、まず、円石藻の経年変動と海洋環境変動との関係を明らかにするために、親潮域・親潮沿岸域でのセジメントトラップ試料について解析を行った。その結果、円石藻ブルーム種の *Emiliania huxleyi* のピークが春季と秋季に認められるものの、その優勢は、形成種が異なっていることが判明した。そこで、平成23年度は、ブルーム形成種 *E. huxleyi* の進化過程における形態遷移と海洋環境との関係の解明を行うために、南太平洋ロードハウ海膨の柱状コア試料について、電子顕微鏡観察を行った。その結果、*E. huxleyi* は、約24万年前には、少なくとも、2つの形態を有しており、さらに、時間の変化とともに、当時の栄養塩のバランスに起因し両形態種の優勢が変動していることが判明した。

【分野名】地質

【キーワード】環境、沿岸海洋、円石藻、珪藻、海洋生態系

【研究題目】Fluid mud 堆積物における粘土ファブリックの形成メカニズムの解明

【研究代表者】西田 尚央（地質情報研究部門）

【研究担当者】西田 尚央（他1名）

【研究内容】

平成23年度は、前年度の検討によって粘土ファブリック観察のための最適な試料作製方法が明らかになったことをふまえ、主に室内実験による検討、佐賀六角川での野外調査を行った。

室内実験による検討では、ベントナイトを用いた沈降実験を行った。含水試料の乾燥処理は、t-ブチルアルコール置換法を用いた。その結果、fluid mud 堆積物には、粘土粒子の主に面一面接触による凝集体「粒状構造」の発達が認められた。そのサイズは、沈降前のサスペンション濃度によらず 4.6-6.5 μm であった。一方、単位面積あたりの個数は、サスペンション濃度が高いほど多い。さらに、明瞭な垂直方向のサイズ変化はなく、一樣なことが特徴である。このような特徴と、より低濃度のサスペンションによる泥質堆積物の粘土ファブリックの特徴との比較から、fluid mud に相当する高濃度の泥質流体

で形成されるブロックは、粘土粒子どうしがより密接に結びつき、沈降後もこわれにくいために堆積物中で「粒状構造」として観察されると考えられる。

室内実験による検討をふまえ、潮汐作用の卓越する佐賀六角川の fluid mud 堆積物の検討を行った。押し込み式採泥器を用いて、チャンネル底堆積物のコア試料を採取した結果、岩相の特徴から fluid mud 堆積物と認定される泥質堆積物の挟在が認められた。この fluid mud 堆積物について、t-ブチルアルコール置換法で乾燥処理を行い、粘土ファブリックを観察した。その結果、粒状構造の発達が特徴的に認められた。したがって、fluid mud 堆積物の認定のためのツールの1つとして、粒状構造で特徴づけられる粘土ファブリックが有効と考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】Fluid mud、粘土ファブリック、アルコール置換、凍結乾燥、六角川

【研究題目】縞状堆積物を用いた浮遊性海生珪藻類の進化過程の高分解能解析

【研究代表者】柳沢 幸夫（地質情報研究部門）

【研究担当者】柳沢 幸夫、渡辺 真人
（常勤職員2名）

【研究内容】

この研究は、浮遊性海生珪藻類の進化過程（進化的出現・進化的絶滅現象）を、「年縞」堆積物の特性を生かして1年単位での高時間分解能で解析し、進化の「瞬間」を捉え、そこでいかなる現象が起こったかを明らかにすることである。今年度は、前年度の研究によって佐渡島の中期中新統中山層中に見い出された *Denticulopsis katayamae* の絶滅層準について、採取した厚さ12cm の泥岩ブロックの詳細な分析を行った。すでに野外において、絶滅層準を層厚2cm まで絞り込んでいたので、室内ではこの2cm の区間について精密な珪藻分析を行った。その結果、*D. katayamae* の絶滅層準は縞状の部分ではなく、部分的に生物擾乱作用を受けた縞状堆積物から強く生物擾乱作用を受けて無層理となった部分の境界部分に存在しており、絶滅に至る過程を縞1枚ごとに精密に追求することはできなかった。しかし、群集全体としては、絶滅層準に向かって *D. katayamae* が急減してゆくこと、そしてそれに代わって、*Actinocyclus* 属に属すると思われる小型の円心目珪藻種が急増することが判明した。したがって、何らかの環境変化に伴う珪藻群集の劇的な変化がこの絶滅層準で起こっていた可能性が高いことが明らかとなった。この *Actinocyclus* 属の種については、種名が不明であるので、形態観察を進めて分類学的検討を行っている。

【分野名】地質

【キーワード】古生物学、珪藻、進化

【研究題目】海底噴出熱水のホウ素同位体化学から迫るホウ素グローバル循環の解明

【研究代表者】山岡 香子（地質情報研究部門）

【研究担当者】山岡 香子（他1名）

【研究内容】

ホウ素は、地球システムの定量的な物質循環解明のための地球化学トレーサーとして有効な元素であるが、より正確な解釈のためには、様々な地球化学プロセスにおける挙動の理解が必要である。本研究では、噴出熱水に注目し、ホウ素濃度・同位体比を決定するメカニズムを明らかにする。ホウ素の海洋への流入経路として、噴出熱水は河川について重要である。噴出熱水のホウ素挙動について、堆積物の有無などの違いを統一的に説明するモデルを構築し、グローバルなホウ素循環における噴出熱水の寄与を定量的に見積もることを目的とする。

本年度は、西太平洋の島弧・背弧（水曜海山、マリアナトラフ、マヌス海盆、北フィジー海盆、沖縄トラフ）の熱水系から、噴出孔ごとに3~5試料ずつ選定し、主要元素濃度（Na、K、Mg、Ca、Sr）およびホウ素を含む微量元素について、濃度分析を行った。これらの熱水は約20年前に採取された試料のため、経年変質していることも懸念されたが、Mg 濃度が以前に測定された値と良く一致したことから、これらの試料はホウ素同位体分析に適していることが確認された。Mg 濃度から計算されたホウ素濃度のエンドメンバーは、堆積物のない熱水系においては母岩の組成を反映し、玄武岩では低く、安山岩では高いという結果を得た。厚い堆積物に覆われている沖縄トラフ熱水系のホウ素濃度は非常に高く、堆積物からのホウ素溶出を示していると考えられる。同様の結果は、アルカリ金属元素である Li、Rb、Cs についても見られた。

【分野名】地質

【キーワード】海底熱水系、ホウ素同位体

【研究題目】過去4千万年間の古地磁気強度変動：地磁気逆転頻度と地磁気強度の関係の解明

【研究代表者】山崎 俊嗣（地質情報研究部門）

【研究担当者】山崎 俊嗣、荻谷 恵美、山本 裕二
（高知大学）（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

本研究は、統合国際深海掘削計画（IODP）Expedition 320/321で掘削された海底堆積物コアを用いて、中期始新世から前期中新世の相対古地磁気強度変動を明らかにすることを目的とする。この時代は地磁気逆転頻度が増加する時期であり、古地磁気強度変動の連続記録を得ることができれば、地磁気逆転頻度と地磁気強度の関係性を明らかにできると考えられる。

昨年度に測定を行った Site U1331、U1332の自然残留磁化（NRM）、人工磁化着磁（非理歴性残留磁化 ARM）、等温残留磁化 IRM）及びこれらの段階交流消磁データ

について、磁力計のセンサー感度曲線データを用いてデコンボリューション処理を行い、高分解能の古地磁気データを得た。得られた相対古地磁気強度変動記録に、堆積物の岩相（磁気特性）変化の影響が混入している可能性を評価するため、詳細な磁気特性評価を行った。具体的には、IRM 獲得曲線測定とその成分解析、FORC 図を用いた磁性鉱物間の磁気相互作用の評価、低温磁気特性測定による磁性鉱物の推定等を行った。その結果、この堆積物の磁性鉱物は陸源マグヘマイトと生物源マグネタイトの2成分からなり、その量比の変動を ARM/IRM 比を用いて推定できること、そしてその変動が相対古地磁気強度推定に影響していることが判明した。さらに、堆積速度と相対古地磁気強度曲線が、見かけ上相関していることも確認された。これらのことは、堆積物からロングレンジの地球磁場強度変動を求める際の障害となる。しかし、ARM/IRM 比の変動が小さい年代区間については、相対古地磁気強度の推定は可能と考えられ、実際にサイト間で整合的な結果が得られた。

【分野名】地質

【キーワード】古地磁気強度、地磁気逆転頻度、IODP、岩石磁気、始新世、漸新世

【研究題目】フィールドサーバによるリアルタイム降灰観測手法の開発

【研究代表者】古川 竜太（地質情報研究部門）

【研究担当者】古川 竜太、及川 輝樹

（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究は火山噴火による降灰をリアルタイムで観測する機器を開発し、噴火現象・推移の定量的な把握および予測、防災対策に資することを目的とする。火山灰を降らせるような噴火は小規模であることが多いが、その後に大噴火に移行するか終息するかどうかを判断することはむずかしい。そのためには、前駆的な小噴火活動の推移を精緻に把握する必要がある。まさに噴火を開始しようとする火山に迅速に観測機器を設置し、小噴火の降灰をリアルタイムに把握することを目指して、農学分野で発展したフィールドサーバや花粉センサー等のモジュールを組み合わせて降灰の時間、量、粒径分布などのリアルタイム観測がおこなえる機器の開発をおこなっている。観測装置の設計は研究者が自作・改良できる機種として、Arduino チップを主演算装置として採用し、スケッチプログラムで各種センサ類を稼働させる構成とした。センサ類には花粉計測システムで実績のあるレーザ回折方式による粒子センサに加えて、埋没度センサとして光抵抗素子および感圧素子、堆積厚測定センサとして赤外線位置検出素子および超音波測距素子、重量センサとして高分子厚膜素子、温度校正用の温度センサ等を選定し、各センサの試作および室内での動作テストをおこなった。測定データはロガーに蓄積する形式を検討し、リアルタ

イムデータ送出手は次年度の課題とした。観測機器設置場所の検討のため活発に噴火をおこなっている霧島火山を候補として選定し、設置候補場所の現地調査も実施した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、フィールドサーバ、火山灰、観測、リモートセンシング、Arduino、花粉

【研究題目】琉球弧島嶼の沈降運動に関する地質学的検証

【研究代表者】荒井 晃作（地質情報研究部門）

【研究担当者】荒井 晃作、井上 卓彦、佐藤 智之（地質情報研究部門）井龍 康文（名古屋大学）、町山 栄章（海洋研究開発機構）（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

本研究では、かつては琉球弧の島嶼の一部であった可能性のある沖縄島と宮古島の間の高まりにおいて、高分解能マルチチャンネル構造探査、第四紀堆積層の音響層序学的な解釈、精密地形調査、岩石採取、採泥調査とその年代決定により、1. 島嶼の沈降が、いつどの様に開始したかを検証する。沈降運動は琉球弧を胴切りする方向の断層運動に関連していると考えられ、断層運動の変位量や速度を求める。2. 陸続きであったとされる宮古島と沖縄島との溝がいつから形成され、発達したかを解明する。それによって、従来の研究よりも精度の高い古地理の復元を試みる。

平成23年度の研究では、主に2つの調査・解析を実施した。1つは、学術研究船「淡青丸」による調査を実施した。研究計画で実施予定だった3カ所からの岩石採取に成功した。そのうち、1箇所の試料は泥岩を含んでおり、今後、堆積年代を決める予定である。反射法音波探査に関しては、海況が良くなかったため1測線のみ行うことができた。2つ目は、「なつしま」NT09-11航海の分析作業で有り、ほぼ完了することができた。さらに、過去のデータの分析では沖縄島の南方海域の分析も合わせて実施中である。慶良間海裂は、沖縄島南方に発達する溝であるが、最大水深1,700m に達する。急激な沈降運動に伴って形成されたと考えられる。この沈降運動についても解析を行い、成果をまとめている。

【分野名】地質

【キーワード】地質構造、正断層、古地理、音波探査、サンゴ礁

【研究題目】カルデラ噴火機構とマグマ溜まりの発泡プロセスに関する研究

【研究代表者】斎藤 元治（地質情報研究部門）

【研究担当者】斎藤 元治、森下 祐一、川辺 禎久、東宮 昭彦（常勤職員4名）

【研究内容】

火山観測に基づくカルデラ噴火の予知や推移予測を行

うためには、カルデラ噴火の噴火機構を理解する必要がある。噴火の引き金として予想されているプロセスは、マグマ溜まり内の揮発性成分（主として、水、二酸化炭素、硫黄）の濃集と発泡である。本研究の目的は、「メルト包有物」という微小な岩石試料を用いて、後期第四紀に国内で起きた巨大カルデラ噴火のマグマの揮発性成分濃度を決定し、マグマ溜まり内の揮発性成分の濃集と発泡がカルデラ噴火で果たした役割を定量的に検証することである。

今年度は、2011年3月の東北地方太平洋沖地震によって本研究で使用する分析機器が破損したため、メルト包有物の機器分析ができなかった。そこで、鬼界葛原、鬼界アカホヤ、始良、阿多および阿蘇カルデラ噴火試料について、メルト包有物の電子線マイクロアナライザーおよび二次イオン質量分析のための試料調整（鉱物分離、メルト包有物のマウントと研磨等）を実施し、噴火メルト包有物の EPMA および SIMS 分析の準備を整えた。安山岩およびデイサイト組成のガラス試料について、顕微赤外分光光度計による水および二酸化炭素濃度測定を行うための両面研磨片を作成した。このガラス試料は、阿多および阿蘇カルデラ噴火メルト包有物の SIMS 分析時に、標準ガラス試料として使用する予定である。

【分野名】地質

【キーワード】火山、カルデラ噴火、マグマ溜まり、メルト包有物、揮発性成分濃度、二次イオン質量分析

【研究題目】地中レーダーを用いた地震性バリエーションシステムの堆積様式の解明

【研究代表者】七山 太（地質情報研究部門）

【研究担当者】七山 太、渡辺 和明（常勤職員2名）

【研究内容】

オホーツク海に面した風蓮湖周辺には、海進期に特徴的な春国岱バリエーション島、走古潭バリエーションスピットおよび風蓮湖ラグーンの構成するバリエーションシステムが認められる。しかし、この地域の完新世海面変動に関する研究は滞っている。平成23年度、初年度研究として衛星写真判読と現地踏査による地形学的検討を行った。春国岱は根室海峡に沿って北西方向から運ばれた沿岸漂砂が根室半島に遮断され堆積して出来た我が国唯一のバリエーション島である。島の両端に2箇所の潮流口があり、風蓮湖ラグーンと外洋間で海水の交換があり、この潮流によって上げ潮および下げ潮三角州が生じている。春国岱は3列の浜堤列から構成され、陸側ほどその標高は1~2m 程高く樹木に覆われて生成年代も古いと推測されていた。メインの潮流口を隔てて対岸に位置する走古潭は西別川河口から南東方向に分岐して延びる12.5km の分岐砂嘴をなしており、春国岱の3列の浜堤の北方延長部を含む5列の浜堤が認識できる。風蓮湖周辺では過去に掘削調査が行われた事例が少なく、主に浜堤間低地の30地点で掘削調

査を行った結果、道南の駒ヶ岳や樽前山起源や道東の摩周起源の火山灰層が多数発見され、現在 AMS14C 年代測定とあわせて分析を行っている。

【分野名】地質

【キーワード】海面変動、津波堆積物、沿岸湿原、地球環境、地中レーダー

【研究題目】SIMS 分析によるレアメタル鉱床生成過程の解明

【研究代表者】森下 祐一（地質情報研究部門）

【研究担当者】森下 祐一、後藤 孝介、比屋根 肇（東京大学）（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

本研究では二次イオン質量分析装置（SIMS）を用いた微小領域分析手法等により、鉱石中の金、白金族の存在形態を解明する。今年度は、文献調査を行った後、全世界の46%の金を埋蔵する Witwatersrand 盆地に分布する金鉱床でフィールド調査・試料採取を実施し、研磨薄片作成と観察を行った。

盆地南西部にある Welkom Goldfield 鉱床区の Beatrix 金鉱山は、2009年度は平均品位4.1g/t の鉱石を299万トン採掘して12,164kg の金を生産した。坑内深度1,191m の23レベルの切り羽で Ventersdorp Contact Reef (VCR) の下位にある Elsburg, Kimberly 層と Beatrix Reef の観察を行った。

Carletonville Goldfield 鉱床区の Kusasaletu 金鉱山は、2011年度は平均品位5.1g/t の鉱石を110万トン採掘して5,609kg の金を生産した。深度2,982m の98レベルの切り羽で金鉱床層序最上位の VCR を含む地層の観察を行った。また、同鉱床区の KDC-West 金鉱山に入り、深度3,347m において層序下位の Carbon Leader Reef を観察した。

West Rand Goldfield 鉱床区の South Deep 金鉱山は、2009年度は平均品位4.4g/t の鉱石を124万トン採掘して5,434kg の金を生産した。坑内では深度1,575m-3,500m で採掘しているが、深度1,700m で VCR と Elsburg 層の観察を行った。同鉱山ではこのレベル以下で機械化され、トラックレスマイニングである。

室内実験では、硫化鉱物に Pd をイオン注入した標準試料を、高感度・高質量分解能型 SIMS の酸素イオン源を用いて SIMS 分析した。測定対象同位体やエネルギーフィルター法等を検討して相対感度係数を求め、白金族鉱石の Pd 予察分析を行った。

【分野名】地質

【キーワード】二次イオン質量分析装置、SIMS、金、白金族、南ア、レアメタル

【研究題目】石灰質微化石の微小領域安定同位体研究：新しい環境変動シグナルの検出を目指して

〔研究代表者〕石村 豊穂（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕石村 豊穂（他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、微小領域の炭酸塩安定同位体分析を活用した研究体制を構築し、新たな研究対象を用いた研究を積極的に推進すると同時に、新規環境評価指標構築に向けた応用研究を推進することである。本年度までに Ishimura et al. (2008) で用いた自作のハードウェアとソフトウェアをベースに、省スペース前処理ラインと質量分析計への直接導入ラインを開発した。構築した導入システムと既存のマイクロインレットシステムから 100% CO₂ ガスを複数回測定した場合の外部精度は $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{18}\text{O}$ ともに 0.01% 前後であり、内部精度とほぼ同等の外部精度を引き出せることがわかった。また、開発した小型多連式ガス精製装置でガス化した標準炭酸塩 NBS19（約 70 μg ）の安定同位体組成は外部精度で $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{18}\text{O}$ ともに 0.1% 以下であり、20~2000 μg 相当の炭酸塩を同一手順で分析できる。また、ガスの挙動を可視化するなど、全ての分析過程での透明性を確保しているため、高品質のデータセットを得ることができるようになった。連続フロー式分析の炭酸塩試料の外部精度は $\delta^{13}\text{C} \cdot \delta^{18}\text{O}$ ともに 0.1~0.2% であり、1 μg の炭酸塩でも同位体比を測定できることがわかった。精度・感度・安定性に関しては調整を加えることによってさらなる向上が期待できる。これは、Ishimura et al. (2008) で開発した MICAL2（北海道大学）に続く、高感度の炭酸塩安定同位体組成定量システムとなる。今後この海洋環境試料の炭素酸素安定同位体組成の総合分析システムを用いて、生物源炭酸塩（微小領域）と周辺水のダイレクトな比較を一元管理下で行うことを可能とした。また微量炭酸塩安定同位体分析を用いて、底生有孔虫・浮遊性有孔虫・魚類の耳石などを研究対象とした国内外の研究機関との共同研究も継続し、新たな環境指標を構築の基礎となる新知見を得ている。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕酸素炭素安定同位体比、有孔虫、環境指標、炭酸塩、CO₂

〔研究題目〕高時空間分解能での地殻歪場の推定によるゆっくり地震の発生過程と条件の解明

〔研究代表者〕大谷 竜（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕名和 一成（常勤職員2名）

〔研究内容〕

大きな地震や地殻変動が起きていない平常時の時期を対象として、バックグラウンドとなる数ヶ月程度のタイムスケールでの歪計の安定性に関する基礎的な情報を得るため、ゆっくり地震が余り観測されていない近畿地方に設置された産業技術総合研究所の7点のボアホール歪計で観測された水平面内の3方向の線歪と、歪計観測点を取り囲む周囲の国土地理院の GPS 連続観測点から計算

された歪との比較を行った。

全体に共通する特徴として以下のことが分かった。まず、歪計による計測値（日値）のばらつきは、GPS に比べると格段に小さく、歪計による計測分解能の高さを示すものの、GPS では経年的なトレンドを基準としてそこからのずれた分の変動は、せいぜい 0.2~0.3 $\mu\text{ストレイ}$ ン程度に収まっているのに対して、歪計の場合は最大で 2 $\mu\text{ストレイ}$ ンにも及ぶ大きな変動が見られ、両者の変動の様相に大きな違いが見られた。また、多くの歪計の記録には季節変動的な成分が認められ、これは GPS 歪にも観測されたが、GPS ではその振幅はおおよそ 0.05~0.2 $\mu\text{ストレイ}$ ン程度の範囲に収まっているのに対し、歪計によるものは GPS よりも格段に大きな振幅を示すものがあり、かつ季節変動のパターンも GPS ほど周期的ではないことが見られた。こうした季節変動成分についても、両者の間に相関は余り見られなかった。

以上のように、広域的に離れた7点の異なる観測点において、歪計と GPS との間に良い相関が見られず、歪計に大きな変動があることから、歪計には観測点固有のローカルな影響（例えばセンサー周辺の間隙水圧変化や、歪計設置時のセメンティングによる岩盤とのカップリングの状態等）を受けていることが考えられ、数ヶ月程度のスケールの地殻変動を歪計で捉えるには計測特性等の更なる精査が必要であることが分かった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地殻歪場、歪計、GPS 連続観測網、季節変動

〔研究題目〕カルサイトとアラゴナイトからなる軟体動物の殻体形成機構の解明

〔研究代表者〕中島 礼（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕中島 礼（常勤職員1名）

〔研究内容〕

軟体動物の殻体は主に炭酸塩鉱物であるアラゴナイトやカルサイトによる規則的な構造からなり、その構造パターンは分類や系統進化を反映する。一般にカルサイトとアラゴナイトは形成される温度・圧力条件が異なる。しかし軟体動物には同一殻体に両鉱物が作り分けられ共存している種類もあり、なぜ？どのように？作り分けが行われているかという「カルサイト-アラゴナイト問題」が注目されている。そこで本研究では、カルサイトとアラゴナイトが共存する殻体を持つ軟体動物を材料とし、飼育実験、殻体構造解析、地球化学分析に基づき両鉱物の作り分けがどのような環境や成長の条件下で行われているかを解明することを目的とする。

初年度である23年度は、研究材料として2010年に三陸海岸で採集されたアワビ類、新潟県の佐渡島及び韓国沿岸である日本海産のアワビ類、韓国沿岸で採集されたアラゴナイトの殻からなる二枚貝類を用いた。材料としたアワビ類の貝殻については、貝殻構造解析と貝殻の化学

分析を行った。貝殻構造解析については、貝殻に含まれるアラゴナイトやカルサイトの分布を把握する実験を行った。貝殻の化学分析については、質量分析計を用いて成長に伴った酸素・炭素安定同位体比の測定を行った。その結果、生息環境の水温を示す年サイクルが明瞭に判別出来、アワビ類の成長パターンが明らかとなった。今後研究を進める上で、アワビ類の貝殻の成長解析には酸素同位体比が成長を示す軸として使えることがわかった。今後は同位体分析を基軸として、アラゴナイトとカルサイトの貝殻における含有量の変化を見積もる解析を進めていく予定である。

【分野名】地質

【キーワード】カルサイト、アラゴナイト、バイオミネラルリゼーション、軟体動物、地球化学

【研究題目】ダム植物プランクトン日周期変動特性からブルーム発生を予測するための基礎的研究

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之（常勤職員1名）

【研究内容】

強制循環装置の設置がなされているダムでいまだに発生しているカビ臭対策の一環として、カビ臭原因物質の原因微細藻の急激な増殖減少の予測に資するため、本研究では時間分解能が高いダムのクロロフィル*a*時系列データの解析を通じて、植物プランクトンの急激な増殖の予測に必要な基礎研究を実施する。

国土交通省から得た水質鉛直分布連続時系列データを解析し、2008年春秋と2009年春秋のブルーム発生と総クロロフィル*a*の卓越周期との関係性について検討を開始する。具体的には、釜房ダムの貯水位－容量曲線を考慮し、各層のクロロフィル*a*鉛直分布データに深度ごとのダム体積をかけて足し合わせ、総クロロフィル*a*を計算し、その2時間ごとの変化について、2008年と2009年の時系列を作成した。

この総クロロフィル*a*時系列を、一定幅のセグメント（たとえば5日ごと）に区切り、卓越周期変動（24、12、8、6時間）の時間的変動特性を求めた。この変動特性を、ブルーム発生前、最中、発生後に分類し、特性の類型化が行えるかどうか検討した。5日から10日程度の周期を持つ、総クロロフィル*a*の中期変動特性についても、ブルーム発生前、最中、発生後に分類し、特性の類型化が行えるかどうか検討した。

【分野名】地質

【キーワード】クロロフィル*a*、植物プランクトン、ブルーム、時系列解析、ダム

【研究題目】マグマ溜まりにおける噴火誘発過程の解明

【研究代表者】東宮 昭彦（地質情報研究部門）

【研究担当者】東宮 昭彦（常勤職員1名）

【研究内容】

噴火を誘発する要因、特にマグマ溜まりへの高温マグマの注入から噴火開始までのタイムスケールやマグマ過程を解明するため、いくつかの噴火を例として岩石学的分析を進めている。

平成23年度は、主に霧島山新燃岳2011年噴出物（1月26～27日軽石ほか）の岩石学的観察・分析を実施した。電子線マイクロアナライザ等によって斑晶鉱物の化学分析・組織観察等を行った。新燃岳では、既存の低温マグマ溜まりに新たな高温マグマが注入して生成した、混合マグマが噴出物の大半を占める。この混合マグマは、噴火の直前にも高温マグマとの混合・再加熱を受けていたことが、磁鉄鉱斑晶の累帯構造から明らかになった。この累帯構造が元素拡散でできたとして拡散時間を見積もると、再加熱は噴火のわずか1日程度前ということが分かった。さらに、噴火に当たっては混合マグマ（灰色軽石）のほかに低温マグマそのもの（白色軽石、縞状軽石の白色部分）もわずかに混入しており、この混入は噴火の数時間前以内に起こったことも分かった。地殻変動観測などからは、マグマ溜まりの膨張は1年以上前から起こっていることが分かっており、深部からのマグマ供給は継続的に起こっていたと考えられている。しかし、2011年1月26～27日軽石噴火を誘発したと考えられる主要なマグマ混合過程は、わずか1日程度前に起こったこと、その後、噴火中（マグマ上昇中）に低温マグマを再度取り込む過程を経ていること、が本研究により明らかになった。今後は、深部からのマグマ注入とマグマ溜まり内におけるマグマ混合との関係など、より詳細なマグマ過程の解明を進める予定である。

【分野名】地質

【キーワード】火山、軽石噴火、マグマ溜まり、磁鉄鉱

【研究題目】前期ペルム紀スーパーブルームと礁生物群集・海洋環境の応答に関する研究

【研究代表者】中澤 努（地質標本館）

【研究担当者】中澤 努（常勤職員1名）

【研究内容】

パンサラッサ海域下でスーパーブルーム活動が認められ、さらに地球規模での気候期転換があったとされる前期ペルム紀の環境変動・礁生物群集変遷を明らかにする目的で、秋吉台真名ヶ岳付近で掘削採取した下部ペルム系石灰岩のボーリングコア試料（真名ヶ岳コア；本研究での掘削は深度100～250m 区間）の観察・岩相記載・時代決定を行った。コア試料は全深度（150m 長）をコアカッターで半割し、半割面を希塩酸でエッチングする前処理を行った。その後、コア試料をルーペを用いて観察し、2分の1スケールでスケッチしながら石灰岩の岩相および含有する礁生物化石の詳細な記載を行った。またそれぞれの岩相ユニットを代表する部分および年代決定

に重要なフズリナ化石を含む部分の岩石薄片を作成した。それらの観察の結果、コア試料の時代は前期ペルム期アルチンスキアンが主体であること、被覆性微生物を主体とする原地性礁石灰岩が多産すること、岩相は比較的变化に乏しいが複数の堆積サイクルが認められ、若い時代のサイクルには干潟堆積物が含まれることなどが明らかになった。

また真名ヶ岳コアの浅部（最後期石炭紀グゼリアン期～最前期ペルム紀アセリアン期）及び広島県の帝釈石灰岩の露頭（グゼリアン期）から石灰藻 *Palaeoaplysina* を主体とする礁石灰岩を、また同じ秋吉台の帰り水学術ボーリングの中部ペルム系から石灰質海綿を主体とする礁石灰岩を見いだした。これらをもとに、パンサラッサ海の海洋島では前期ペルム紀に礁構成主要生物が *Palaeoaplysina* から石灰質海綿へと大きく変化したこと、そのタイミングはゴンドワナ氷床の衰退、氷室期から温室期への転換、そしてパンサラッサのスーパーブルームの活動時期と概ね一致することを国際誌に発表した。

【分野名】地質

【キーワード】石灰岩、パンサラッサ、海洋環境、ペルム紀

【研究題目】ナノ集積体を用いたフレキシブルデバイスへの応用

【研究代表者】KIM, Yeji（電子光技術研究部門）

【研究担当者】KIM, Yeji（他1名）

【研究内容】

近年、フレキシブル電子デバイスの実用化が急速に進んでおり、これらの技術によって素子の軽量、薄型化、大型化、低コスト化が期待できる。本研究ではこれらを踏まえてフレキシブル基板および多曲面基板にも適用可能な薄膜トランジスタの構築とセンサーへの応用について研究する。

平成23年度は、フレキシブルデバイスに必要な不可欠なフレキシブルでかつ透明な導電膜の作成のため、屈曲に優れた高い導電性を示すカーボンナノチューブを用いた。研究代表者らが以前開発した、セルロースなどの生体高分子へのカーボンナノチューブの混合・可溶化技術を利用し、塗布製膜によって低抵抗なナノチューブ薄膜の作成を行ったところ、均質な膜厚の膜を得ることができた。得られた薄膜よりマトリックスを除去するために加熱や溶媒などによる処理を行った結果、ITO に匹敵するシート抵抗を示すフレキシブル透明導電膜の作成に成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】カーボンナノチューブ、可溶化、フレキシブルデバイス、透明導電膜

【研究題目】難育成高温超伝導体大型単結晶の作製技術開発と直接手法による物性評価

【研究代表者】伊藤 利充（電子光技術研究部門）

【研究担当者】伊藤 利充（常勤職員1名）

【研究内容】

研究代表者が開発した「レーザ加熱結晶育成技術」を用いて、重要性にも関わらず育成が困難な高温超伝導体大型結晶の育成を可能にし、大型化によって初めて可能となる直接測定により往年の課題を一気に解決することが目標である。該当前年度に開発した $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ の結晶育成法を発展させ、 $x=1/8$ 前後の様々な組成の単結晶を準備した。この物質は $x=1/8$ 近傍でストライプ相が安定化し超伝導が抑制される（ $1/8$ 異常と呼ばれる）という特徴をもつため、 $x=1/8$ 近傍での詳細な研究が必要とされている。電子輸送現象の研究から、ストライプが存在する $x>0.10$ の組成において以下の振る舞いが数多くの試料に共通に見られた。磁場中抵抗率の温度依存性に見られる超伝導転移は平行にシフトする。磁場により超伝導を抑制すると $\log(T)$ の発散が見られる。ストライプ相では CuO_2 面間の超伝導相関が失われて二次元超伝導が実現しているという説があるが、得られた実験結果の特徴と関係している可能性がある。該当年度には難育成高温超伝導体として知られる $\text{LnBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ （Ln:ランタノイド）についても結晶育成を試みた。育成方向に急峻な温度勾配を実現し、問題となっていた原料棒における不要な反応を抑制することによって、一部の Ln において大型結晶育成に成功した。その結晶を用いて90K程度の超伝導転移を確認した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザ加熱結晶育成技術、難育成高温超伝導体、 $1/8$ 異常

【研究題目】光誘導固体電気化学反応技術の確立

【研究代表者】江本 顕雄（電子光技術研究部門）

【研究担当者】江本 顕雄（他1名）

【研究内容】

エネルギー・環境問題に起因して、太陽電池関連の研究開発が急速に進んでいる。有機太陽電池材料の開発も同様であり、今日では高性能の光起電力材料が市販されている。これらは光を照射することで、大きな空間電荷あるいはこの電荷移動に基づく空間電界をバルク中に誘起することができる。光照射によって空間選択的に誘起される電荷や電界を利用することで、機能性素子の実現やデバイスプロセスへの応用が期待できる。本研究では、フラーレンをドーブした光導電性材料中で光誘起された電荷あるいはキャリアを電気化学反応に利用する技術を開発する。

平成23年度は、フォトリフラクティブ材料として知られるフラーレンをドーブした低分子液晶層と電子・イオン混合伝導体である硫化銀薄膜を積層し透明電極を用いて

サンドイッチ構造のセルを作製し、積層界面での酸化・還元反応の調査を行った。光照射時の電圧—電流特性と、積層界面の組成分析から、実際の反応メカニズムの解明を進めた。また、溶解性の高い修飾されたフラーレンを用いてドーパ量を調整することで、前述の電圧—電流特性をアレンジできることを見出した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕有機電子材料・素子、光導電性材料

〔研究題目〕実用化に向けたニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの創製

〔研究代表者〕王 瑞平（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕王 瑞平（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究は、人体や環境に有害な鉛元素を含まず、性能的に実用化水準に達するニオブ系（(Na, K)NbO₃を母材とした固溶体）鉛フリー圧電セラミックスを開発することを目指す。(Na_{0.5}K_{0.5})NbO₃を母材に ATiO₃ (A=Bi_{0.5}K_{0.5}, Bi_{0.5}Na_{0.5}, Bi_{0.5}Li_{0.5})及び BZrO₃ (B=Ba, Sr, Ca)を同時に導入した(1-x-y)(Na_{0.5}K_{0.5})NbO₃-xATiO₃-yBZrO₃(NKN-AT-BZ)固溶体は正方晶／菱面晶相境界(MPB)を示す。MPB近傍の組成は圧電特性が優れ、鉛系圧電セラミックスに匹敵するが、圧電定数の温度特性・耐圧性の面で実用化水準になお及ばない。そこで、本研究では微量元素添加により局所構造及び強誘電ドメインを制御することにより優れた温度特性・耐圧性を有するニオブ系鉛フリー圧電セラミックスを開発することをめざした。

平成23年度は、主に Ce 及び Mn を A=Bi_{0.5}K_{0.5}, B=Ba とした MPB 近傍組成の NKN-BiKT-BZ 固溶体に添加し、これら添加元素とその添加量が圧電特性に及ぼす影響を調べた。NKN-AT-BZ の粉末を固相反応法で合成し、微量希土類元素或いは遷移金属元素を入れた。元素の添加量は0.1-0.5wt%である。無添加の NKN-BiKT-BZ 試料に0.25重量%Ce₂O₃或いは MnO₂を添加した試料において、k_p と d₃₃の改善が確認できた。Ce と Mn がニオブ系の物性制御に有効であることを明らかにした。更に、走査型電子顕微鏡観察から、Mn を添加した試料の特性改善の主因は粒子サイズの増大であることが分かった。試料の温度安定性や耐久性については引き続き評価中である。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕非鉛、圧電、セラミックス、MPB、ペロブスカイト、ニオブ系

〔研究題目〕圧力反応場を利用した超伝導体をはじめとする新機能性材料の物質設計と実験的検証

〔研究代表者〕鬼頭 聖（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕鬼頭 聖（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

高圧合成方法を応用して ZrCuSiAs 型結晶構造をとる LnFeAsO_{1-y} 超伝導体に匹敵する超伝導体等の新化合物探索を行い、新規材料開発を行う。

研究計画：

平成23年度は、平成21、22年度に引き続き LnFeAsO_{1-y} 超伝導体をとる ZrCuSiAs 型結晶構造をとる化合物を中心に、データベース構築を進めるとともに、ZrCuSiAs 型結晶構造をとる系統性をまとめた。

この系統性を基に、ZrCuSiAs 型結晶構造をとる物質を中心に物性特性を担うと考えられる FeAs のとるネットワークに着目し、3d 遷移金属を中心に新化合物探索を行った。

その結果、平成21年度に見出した ZrCuSiAs 型結晶構造をとる SrRuAsF 新化合物に加えて SrCrAsF 新化合物を見出した。本物質は超伝導を示さなかった。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕新物質探索、高圧合成、金属間化合物、ZrCuSiAs 型結晶構造

〔研究題目〕有機半導体マイクロレーザーの作製と発振特性の研究

〔研究代表者〕佐々木 史雄（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕佐々木 史雄（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究テーマでは室温での光学特性、伝導特性共に優れた性能を持つ有機半導体材料（チオフェン／フェニレン）コオリゴマーに共振器量子電磁気学（Cavity Quantum Electro-Dynamics, CQED）が適用できる領域まで微細加工を施し、少ないキャリア注入でレーザー発振が得られるような微小共振器と電流注入デバイス構造とを両立させる有機結晶薄膜作製技術と加工プロセス技術とを開発することに主眼を置いている。TPCO 系有機半導体の内、p 型である BP1T と n 型である AC5-CF₃と云う2つの材料からなる pn 接合を形成した。これを p 型共振器作製プロセスと同様のウェハープロセスで加工し、p 型の時と同様、直径1ミクロンの disk 状共振器という世界最小水準の有機結晶微小共振器作製に成功した。但し、n 型結晶薄膜の品質に問題があり、光励起での発振には到っていない事も確認された。一方、バルク薄膜からなる pn 接合では、電流注入での発光を得ているが、電流注入効率が非常に低い状況である。これを改善するために、p, n 型材料それぞれにキャリアドーピングを行い、自由キャリア密度を増大させてデバイス特性を向上することを試みている。本年度はキャリア密度が確かに増大することを確認するため、所内外の共同研究者の協力を得て、極端紫外（EUV）光を用いた光電子分光法（EUPS）により、フェルミ準位の変動を

測定した。その際、光電子分光による TPCO 分子の内核電子構造が明らかになり、分子軌道計算とかなり良い一致を示し、その HOMO 準位が確かにパイ軌道から形成される事や、置換基 CF_3 の効果でエネルギー準位が大きくなり、伝導帯準位と金属電極間のエネルギーギャップが小さくなる事などが分かった。また、p 型ドーパントである MoO_3 を BP1T に、n 型ドーパントである CS_2CO_3 を AC5- CF_3 にいずれも2%ドーピングした時、フェルミ準位はそれぞれ4.0eV から4.3eV へ、4.8eV から3.9eV へシフトすることが実測された。それぞれ p 型、n 型ドーピングとしては妥当なシフトであった。これらのことから、TPCO 系有機半導体においても p, n 型伝導制御が可能で、これによる有機 EL デバイスの向上が期待できることが分かった。ドーピング試料を使った有機 EL 素子の特性向上を今後実証し、電流注入性の向上を図っていくと同時に、n 型結晶性薄膜の品質向上などを今後推進していく予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機半導体レーザー、微小共振器、(チオフェン/フェニレン) コオリゴマー

【研究題目】強相関酸化物強磁性トンネル接合の低電流スピン注入磁化反転機能の開拓

【研究代表者】佐藤 弘 (先進パワーエレクトロニクス研究センター/電子光技術研究部門)

【研究担当者】佐藤 弘 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、低電流密度で動作するスピン注入磁化反転素子の開発を目標とする。スピン注入磁化反転の効率向上には、材料性能の向上、電極構造の最適化が重要である。電極材料には、スピン分極率がほぼ100%でハーフメタル特性を示す強相関酸化物磁性体を用い、電極構造の最適化により行なう事を試みた。

最終目標であるスピン注入磁化反転素子の開発においては、効率的な動作のため、磁化方向制御可能な、微小接合の作製が求められている。この要求を満たすために、サブミクロン寸法素子を作製するための作製技術、電極内の磁化方向やその制御を評価する評価技術が重要である。平成23年度においては、電極材料に、引き続き強相関酸化物である $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}$ ($x=0.4$) を、パルスレーザー蒸着法にて、 SrTiO_3 基板上に成膜した薄膜 (50nm) を用いた。電子ビーム直接描画法で作製した $200\text{nm} \times 160\text{nm}$ 程度のレジストパターンを用い、その後の微細加工プロセスについて検討した。

また、開発した技術を利用して、電気二重層ゲートを用いた電界効果トランジスタの設計を行い、280K において、抵抗率が一桁以上変化する素子の作製に寄与した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関酸化物、ハーフメタル、磁性トンネル接合、スピン注入磁化反転

【研究題目】強相関遷移金属酸化物の酸素欠陥による電子物性変化と電場制御に関する研究

【研究代表者】澤 彰仁 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】澤 彰仁 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究では、強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の特性を理解することを目的に、酸素欠陥の生成およびその密度変化による強相関遷移金属酸化物の電子状態変化と、電場印加による強相関遷移金属酸化物中の酸素欠陥の移動機構の詳細を明らかにする。さらに、電場印加による酸素欠陥の電気化学的移動現象を利用して強相関遷移金属酸化物の界面電子状態の制御を実現し、電場により強相関遷移金属酸化物の輸送特性や磁気特性を大きく変調することを目指す。

本年度は、強相関酸化物接合で発現する抵抗スイッチング現象の発現機構である酸素欠陥の電界移動現象に関する知見を得ることを目的に、抵抗スイッチング特性の接合サイズ依存性と、EELS による強相関酸化物中の遷移金属の価数の空間変化を測定することで、電圧印加による接合界面での酸素欠陥の空間分布の変化を評価した。Pt 電極と Nb ドープ SrTiO_3 からなる接合素子の低抵抗および高抵抗状態の抵抗値の接合サイズ依存性の測定から、抵抗値は接合面積よりも接合の周長に依存していることが分かり、酸素欠陥または酸素イオンの電界移動現象は接合の端部で発現している可能性を見出した。また、EELS による遷移金属の価数の測定から、Pt と Nb- SrTiO_3 の接合界面で酸素欠陥量が最も多く、界面から離れるにしたがって少なくなる傾向が見られた。今後、接合界面近傍の酸素欠陥量の印加電圧依存性等を評価し、酸素欠陥の電界移動現象の詳細を解明して行く予定である。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】不揮発性メモリ、遷移金属酸化物、抵抗スイッチング

【研究題目】強相関酸化物ヘテロ界面における新奇な界面電子状態の物理的機構に関する研究

【研究代表者】澤 彰仁 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】澤 彰仁、山田 浩之 (常勤職員2名)

【研究内容】

本研究では、界面のナノメートルオーダーの領域に特異な電子状態が誘起される強相関遷移金属酸化物のヘテロ界面について、真の界面電子物性・電子状態を解明することを目的に、典型的なモット絶縁体である LaMnO_3 と SrMnO_3 からなる強相関酸化物超格子を対象として、原子レベルで平坦なヘテロ界面を実現し、輸送特性や磁気特性などのマクロな物性と、X 線による構造解析や TEM、EELS によるミクロな構造および電子状態の測定を組み合わせることで、界面構造と電子物性の関係を解明する。また、様々な電子相を接合界面で競合

させることにより、バルクには見られない特性を有した新しい機能界面の創製を目指す。

本年度は、強相関ヘテロ界面で発現する特異な電子状態の発現機構の解明を目指して、典型的なモット絶縁体である LaMnO_3 と SrMnO_3 からなる強相関酸化物超格子を対象として、放射光 X 線測定や STEM-EELS によるミクロな構造および電子状態を継続して行った。特定領域内での連携研究による STEM-EELS により、強相関酸化物 LaMnO_3 と SrMnO_3 の超格子界面の電子物性は、界面の原子レベルでの平坦性と、格子ミスマッチに起因する歪に大きく依存することが明らかになり、放射光軟 X 線共鳴散乱の結果と合わせ原子レベルで平坦な強相関ヘテロ界面では従来報告されているような界面の電荷移動はほとんど起こらないことが明らかになった。また、わずかな元素置換が強相関酸化物薄膜の電子物性に与える効果を明らかにすることを目的に、Ce をドーブした CaMnO_3 薄膜を対象に、元素置換量に対する電子相図を詳細に調べた。その結果、 CaMnO_3 薄膜の電子相図は、Ce のドーブ量に加えて、基板からのエピタキシャル歪に対して大きく変化することが分かった。これらの結果から、強相関酸化物薄膜とそのヘテロ界面の電子物性制御や、新たな機能発現には、元素置換等によるキャリア量の制御に加え、歪の制御が重要であるという知見が得られた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】強相関酸化物、強相関エレクトロニクス、超格子、巨大磁気抵抗

【研究題目】強相関電子系の量子シミュレーションによる高温超伝導機構の研究

【研究代表者】柳澤 孝（電子光技術研究部門）

【研究担当者】柳澤 孝、長谷 泉、山地 邦彦（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

電子相関による高温超伝導機構を研究するために、ハバードモデル等の二次元の多体電子モデルを考察し、その基底状態を数値計算の手法を用いて研究を行った。

超伝導凝縮エネルギーの物質パラメータ依存性を明らかにするための量子変分モンテカルロ計算を行った。La 系、YBCO 系、Hg 系の銅酸化物高温超伝導体に対応するバンドパラメータに対して、モンテカルロ法により超伝導凝縮エネルギーを計算した。単純なフェルミ面の構造からは、Tc の低い La 系のモデルの方がむしろ大きな超伝導凝縮エネルギーが得られることがわかっていく。そこで、クーロン相互作用の大きさも含めてパラメータの大きさを変えることにより、臨界温度 Tc とバンドパラメータとのコンシステンシーを調べた。銅酸素八面体における頂点の酸素と銅原子との距離が遠いほど遮蔽効果の減少により銅原子のクーロン相互作用は大きくなると考えられる。実際、Tc と頂点酸素の位置との間

には相関があり、クーロン相互作用を大きくすると $Uc \sim 8t$ から急激に超伝導凝縮エネルギーが増大する。

YBCO 系、Hg 系が高い Tc を示すのは頂点酸素の効果によりクーロン相互作用 U が増大するためであると考えられる。これらのパラメータに対し、系のサイズを大きくしても超伝導凝縮エネルギーが有限に残ることを示した。

鉄系超伝導体 (Ba, K) Fe_2As_2 と同じ結晶構造をもつ LaFe_2Si_2 および LaFe_2Ge_2 に対して、これら物質の超伝導の可能性を調べるために第一原理計算を行った。その結果、 LaFe_2Si_2 等はバンド構造がより三次元的であり、知られている鉄ヒ素系超伝導体よりも高い臨界温度 Tc は期待できないことがわかった。また、類似物質である LaPt_2Si_2 の状態密度とバンド構造を計算し、状態密度を鉄原子の作る四面体のゆがみの関数として表わした。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】二次元強相関系、量子シミュレーション、変分モンテカルロ法、第一原理計算、銅酸化物高温超伝導体、鉄系超伝導体、共存状態、物質パラメータ

【研究題目】高分子規則表面のバイオエッチングとソフトマター分子群集積化への応用

【研究代表者】吉川 佳広（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉川 佳広（常勤職員1名）

【研究内容】

種々合成されている自己組織化ナノマテリアルを有効に利用するためには、それらを基板上に集積化する必要がある。その方法の一つとして我々は、酵素が有する基質結合能を利用することを考えている。そのためには、強固に基質結合する酵素を選抜する手段が必要となる。そこで本年度は、多糖類分解酵素が基質表面に結合する際の結合力を原子間力顕微鏡 (AFM) によって評価し、酵素の基質結合能を見積もる試みを行った。

多糖類分解酵素として、超好熱菌由来のキチナーゼを用い、その基質結合部位 (ChBD) を AFM の探針に固定化した。非特異的な結合を抑制するために、エチレングリコールを含むリガンドを用いた。酵素の固定化状況は、AFM 探針の処理条件と同一の方法で化学修飾した金基板を使用し、高感度反射赤外分光光度計によって確認した。基質としては、本来の基質であるキチンおよび側鎖構造の異なるセルロースを使用した。キチン薄膜は、ヘキサフルオロイソプロパノールに溶解し、スピンキャストによって成膜した。また、一軸配向したセルロースをシリコン基板上に固定化し、セルロース基板とした。

フォースカーブ測定を繰り返し行い、ヒストグラム解析から酵素一分子当たりの基質結合力を求めた。ある特定の負荷速度でフォースカーブ測定した際には、ChBD はキチンあるいはセルロースのいずれに対してもほぼ同一の結合力を有していることがわかった。したがって、

両多糖類の側鎖構造は ChBD の結合にそれほど影響を与えず、主な相互作用の要因は、ChBD の表面に露出した芳香族アミノ酸とピラノース環との疎水性相互作用であることが示唆された。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】酵素、生分解性高分子、原子間力顕微鏡、ソフトマテリアル

【研究題目】多波長コヒーレント合成による高繰り返し極短光パルス発生の研究

【研究代表者】吉富 大（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉富 大（常勤職員1名）

【研究内容】

光化学反応の初期過程などの超高速現象を解明する超高速プローブとして、極短光パルスは重要性を増している。本研究では、100MHz 程度の高繰り返しで未踏の4フェムト秒以下の極短パルスを発生することを目的とする。3種類の異なる波長帯域のモード同期レーザー光のタイミング及び光波位相を高精度に同期制御し、合成する技術を確立する。これにより、波長600nm～1400nmに渡るコヒーレントな超広帯域光を発生させ、全帯域で分散補償を行うことにより、単一レーザー帯域の壁を超える極短光パルスの発生を実現する。

これまでに産総研では、チタンサファイアレーザー（中心波長800nm）及びクロムフォーステライトレーザー（中心波長1250nm）の2種類のレーザーのタイミングと位相を、0.1フェムト秒という世界最高の精度で同期制御することに成功している。また本研究等によってさらに、この2つのレーザーの波長領域の中間に位置するイッテルビウムファイバレーザー（中心波長1040nm）の制御技術も開発し、チタンサファイアレーザーとのジッター1.4フェムト秒の高精度タイミング同期を実現している。本年度は、チタンサファイアレーザーとクロムフォーステライトレーザーの共振器を改良することにより、目標達成に必要な発振の広帯域化を行い、両レーザーともに、半値全幅において100nm 程度の広帯域化を実現できた。さらに、レーザー光の位相関係が合成波の第二高調波自己相関にどのように影響を与えるかについての数値計算を行った。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】レーザー、超短パルス、フェムト秒、超高速現象

【研究題目】生分解性高分子鎖の配列制御と酵素を用いたソフトマター表面の機能化

【研究代表者】吉川 佳広（電子光技術研究部門）

【研究担当者】吉川 佳広（常勤職員1名）

【研究内容】

環境低負荷なナノテクノロジーの創出を目指し、生分解性高分子の二次元平面における配列制御および機能性

ナノ材料の集積化を最終目的としている。本年度は、基板への固定化およびその組織化ユニットとしてアルキル鎖に着目し、弱い相互作用による二次元平面上での分子配列制御を検討することを目的とした。そこで、様々な鎖長のアルキル基をアミド結合で導入したイソブテニル化合物をモデル化合物として設計・合成し、高配向グラファイト（HOPG）基板とフェニルオクタンとの固液界面における二次元構造を走査型トンネル顕微鏡（STM）で観察した。そして、アルキル鎖長と発現する二次元構造との相関を調べた。

アルキル鎖中の炭素数が18以上で偶数の場合、基本的には波型の形態を示した。一方、炭素数が19以上で奇数の場合には、新奇の三脚型構造を形成することを見出した。つまり、長鎖アルキル基の場合には、二次元平面上で偶奇効果を示して、鎖長に応じて波形と三脚型構造が交互に形成されることがわかった。

さらに偶奇効果発現を詳細に検討するため、アルキル鎖中の炭素数が17よりも短い場合についても同様のSTM観察を行った。驚くことに、全ての自己組織化膜においてジグザグ構造が観察されるのみで、偶奇効果は全く発現しないことがわかった。すなわち、二次元平面においては、偶奇効果によってナノ構造が変動する特異なアルキル鎖の範囲が存在することがわかった。

溶媒の効果を調べるために、フェニルノナンを用いて同様に二次元構造を調べたところ、偶奇効果が発現する境界のアルキル鎖長は変化しないことが明らかとなった。したがって、基板上で多様な二次元構造を形成するためには、アルキル鎖長を適切に設計する必要があることを見出した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】生分解性高分子、自己組織化、走査型トンネル顕微鏡

【研究題目】フォトクロミック反応を活用した平版印刷法の開発と有機エレクトロニクスへの展開

【研究代表者】則包 恭央（電子光技術研究部門）

【研究担当者】則包 恭央（常勤職員1名）

【研究内容】

近年、有機材料を種々の電子デバイスに活用する開発研究が行われている。これらの有機電子デバイスの特徴は、既存の無機材料ベースのデバイスよりも軽く柔軟性があり、しかも蒸着等の真空プロセスに替わって印刷技術を用いて作成でき、低コストで低環境負荷であると期待されることである。このようなデバイスの実現には、新材料の開発に加え、適した印刷プロセスの開発が求められている。本研究課題では、有機電子デバイスを印刷プロセスによって簡便に作製するために、フォトクロミック反応を活用した新しい印刷方法を開発する。

平成23年度は、そのための基盤技術として、光によっ

て固体が液化する有機化合物の開発を行った。分子の適切なデザインによって、紫外線照射によって結晶が液体に相転移する有機材料の開発に成功した。さらに液体状態は、加熱によって元の結晶状態に戻す事が可能であることを見出した。すなわち、開発した有機材料は、光と熱によって可逆的に何度でも固体と液体の間の相転移を繰り返す事が可能である。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 結晶、固体、液体、光応答性材料、超分子化学

【研究題目】 制御された異方的超高压力下の物理

【研究代表者】 竹下 直（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 竹下 直（常勤職員1名）

【研究内容】

昨今の新機能を保有する新物質は、層状構造などの異方的な構造を持っている事が多い。また、デバイス応用などの側面からも大変重要な試料作成技術である薄膜作製による試料も、このような異方的な試料の一例であると見なすことが出来る。このような異方的な構造を持つ試料では、圧力下の物性応答も当然異方的になると想像することが出来る。したがって、これまで無かった一様でかつ異方的な圧力発生技術の開発を行うことで、従来無かった巨大な応答や薄膜試料にした際の物性子測など、全く新しい世界が広がっていると想像することが出来る。

本年度は産総研においてまず基本となる、等方的な超高压力下の相図を銅酸化物高温超伝導体および鉄ヒ素系超伝導体に対して構築することを目指した。具体的には頂点フッ素系銅酸化物高温超伝導体（F-0212）に対して超高压力下の電気抵抗測定実験を行い、頂点フッ素系では世界最高記録となる超伝導転移温度 $T_c, onset \sim 140K$ を得ることが出来た。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 キュービックアンビル型超高压力装置、異方的圧力、超伝導、超高压力、銅酸化物高温超伝導体、鉄ヒ素高温超伝導

【研究題目】 微小球マイクロオプティクスのオンデマンド型レーザー転写作製技術の開発

【研究代表者】 奈良崎 愛子（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 奈良崎 愛子（常勤職員1名）

【研究内容】

高度情報化社会において、光信号による高速情報処理のための光回路が望まれている。光回路の開発・普及には小型集積化が重要な課題であり、その課題解決の手段として微小球マイクロオプティクスの活用が期待される。

そこで本研究では、微小球マイクロオプティクスの画期的かつ省工程・省資源なオンデマンド作製法の開発を目指し、レーザー誘起ドット転写法の酸化物ガラス等へ

の適用と高度化を図る。

平成23年度は、レーザー誘起ドット転写法の酸化物への適用を図るため、実験および有限要素法による伝熱シミュレーションの両面から、本手法の材料物性・照射パラメータ依存性解明に取り組んだ。その結果、レーザー照射時の原料膜内高温分布シミュレーションに成功。比熱の大きい物質や熱伝導率の小さい物質で膜厚方向温度の均質化に時間がかかる様子が明らかとなった。この結果から、酸化物では比較的大きな熱応力の発生が予想されるなど、酸化物で膜破砕が起きる実験結果とよい一致を示し、今後、応力発生を抑制できるレーザー照射条件などの検討に有用な情報を得ることが出来た。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、環境・エネルギー

【キーワード】 光プロセッシング、レーザー転写、省工程・省資源、オンデマンド作製、有限要素法

【研究題目】 古典光を利用した量子イメージングの諸特性の解明とその応用分野の探索

【研究代表者】 白井 智宏（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 白井 智宏（常勤職員1名）

【研究内容】

量子もつれ光子対などの量子光を利用した量子イメージングでは、物体が存在しない場所にその情報が転送されるゴーストイメージングや、古典限界を超える分解能の断層像を取得する量子 OCT など、これまでの常識を覆す機能や性能が実現される。しかし、一般に、量子光は微弱でありかつその制御が容易ではないため、これに代わり通常の古典光を使って同様のイメージングを実現できれば、実用上のメリットは計り知れない。本研究では、古典光を利用した量子イメージングの諸特性を理論と実験により明らかにし、量子イメージングの特徴を最大限に活かしたイメージングを古典光により実現する方法の確立を目指す。また、この技術の応用分野の探索を併せて行い、特に、生体医用光計測分野への応用可能性を追求する。

具体的には、古典光を利用したゴーストイメージングと量子 OCT について、その結像特性を系統的に明らかにし、さらに、これまでは難しかった位相物体のゴーストイメージング法を新たに考案する。これらの研究によって得られた知見に基づき、優れた安定性をもち高品質画像を取得する技術を実現し、その応用として、特に生体医用光計測分野への適用可能性を明らかにする。

平成23年度は、古典光を利用したゴーストイメージングの結像特性として、像のコントラストおよび信号対雑音比に及ぼす入射光の偏光状態および高次相関の効果を理論的に解析した。その結果、入射光として完全に偏光している光を利用すると、無偏光の入射光を利用する場合よりも像のコントラストが向上することが明らかとな

った。また、参照光を増やし物体光と複数の参照光に基づく高次の強度相関を利用すると、物体光と単一の参照光に基づく2次の強度相関に基づく場合に比べて像のコントラストが向上することが明らかとなった。しかし、像の信号対雑音比については、逆に入射光の偏光度が向上するにしたがい低下することが明らかになった。これらの結果は、光のコヒーレンス理論に基づき全て解析的な表現式として得られていることから、実際にゴーストイメージング光学系を設計し評価する際に重要な役割を果たすこととなると思われる。

一方、位相物体をゴーストイメージングの原理に基づき可視化する新しい方法についての検討を行った。その結果、ゴーストイメージング光学系の参照光側に空間フィルターを設置し、さらに物体直後にレンズを導入することにより、位相物体を直接可視化する位相コントラスト・ゴーストイメージングが可能となることを理論的に明らかにした。これまでのゴーストイメージングでは、位相物体を直接結像することはできず、回折現象と位相回復計算を利用して間接的に位相物体の情報を取得していた。この新しい手法の考案により、無色透明の細胞をゴーストイメージングの原理に基づき直接可視化することができるようになったため、ゴーストイメージングの生体医用計測分野への応用可能性が大幅に広がったと言える。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 ゴーストイメージング、生体医用光計測、位相可視化

【研究題目】 アトリットル空間における局所増幅電場の発現と超高感度スクリーニングチップへの応用

【研究代表者】 福田 隆史（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 福田 隆史、石田 尚之、安倍 浩司、牛島 洋史、福田 伸子、内田 江美、江本 顕雄（常勤職員5名、他2名）

【研究内容】

本研究では、制御されたアトリットル空間（一辺がサブ波長以下の立体空間）を高分子膜中に構築し、プラズモン共鳴場を閉じ込めることによって局所増幅電場を発生させることを目的とする。アトリットル空間の創製にはマイクロコンタクトプリンティング、及び、自己組織化・散逸過程ほかのソフトプロセス技術を駆使する。また、その結果を活かし、極めて安価、かつ、非標識検出が可能な超高感度センシングについて実証し、バイオマーカースクリーニングチップとしての実用化を目指している。

平成23年度においては、「散逸構造形成過程による方法」、「微粒子を鋳型とする方法」、「微粒子の最密充填単層構造を利用する方法」の3通りでアトリットル構造形成を試み、RIU 値（屈折率感度）が350を超える屈折率

感度を示す構造を見いだすこと成功した。

また、当該構造を種々のマーカーで表面修飾したチップの作製を行い、炎症反応タンパクについては1ng/mL、レプチンについては100pg/mL の高感度検出が出来ることを確認した。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 バイオセンサー、局在プラズモン、アトリットル空間、電場増幅効果、スクリーニングチップ、ポイントオブケアテストイング（POCT）

【研究題目】 クラディング励起システムを利用した有機光増幅器の開発

【研究代表者】 望月 博孝（電子光技術研究部門）

【研究担当者】 望月 博孝（常勤職員1名）

【研究内容】

インテル社が開発している、FTTH の光ファイバーをそのまま CPU 基板上の光導波路に接続する Light Peak にも見られるように、末端にまで光が届く時代になっている。短距離光ネットワークでつながった情報家電の省エネ効果は大きく、益々そのシステムが拡大している。しかしこの短距離光ネットワークには、末端機器やセンサーなどを繋ぐために多数の分岐素子が敷設されており、分岐による微弱化した信号光強度を復元する必要がある。特に短距離光ネットワークでは、ポリマー光ファイバー（POF）が用いられており、信号波長は幹線とは異なって650nm である。POF との相性のよい有機色素で増幅現象の報告はあるものの、信号波長である650nm を増幅した例はない上、POF との接合性を鑑み大口径の光増幅器が望まれている。加えて大口径の光導波路の作製では、加工速度の点でエッチングなどが現実的なプロセスではなく、煩雑なプロセス（半導体プロセス他）よりも工程の少ない作製方法が必要であった。

提案者らはこれまでに、コア中に赤色レーザー色素（4-（ジシアノメチレン）-2-メチル-6-（4-ジメチルアミノステリル）4H-ピラン、DCM）を導入した大口径光導波路を作製し、650nm の信号光の増幅現象を世界で初めて観測し、3.8dB/cm の高い利得を得ている。

従来は増幅器を初めとするアクティブ光導波路では活性物質をコア中に導入してきたが、コア中にレーザー色素を分散させるのは容易ではなく、しかも色素の選択肢が少ない。そこで担当者らは色素をコアではなくクラッドに導入することを着想し、実験を行った。提案者はポリマークラッドファイバー（PCF）のクラッドに DCM を蒸気輸送法で浸透させたものを作製した。このコアに励起光を入射するとクラッドの DCM を励起し、DCM による自然放出増幅光（ASE）を世界で初めてコアから観測した。この現象はレーザー色素の反転分布が起こったことを示しており、励起光と同時に信号光を入射さ

せると信号光が増幅することに直結する。

本テーマの目的はクラッドに高活性色素を導入した光増幅器システムの構築をはかることである。前述したDCMは高活性なレーザ一色素であるものの、濃度が高くなると濃度消光が発生し、また熱などに耐久性が十分でなく、これらに代わる材料として結晶状態で強い発光能を有するものを昨年度は探索した。その結果、チオフェン/フェニレンコオリゴマー (TPCO) は結晶状態でASEが確認されており、この材料を中心に開発を進めている。昨年度はTPCO結晶の作製手法やその最適条件を抽出した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】有機光増幅器、クラッド

【研究題目】シアル化糖鎖を介した癌の免疫制御メカニズムの解明と利用技術の開発

【研究代表者】池原 譲 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】池原 譲 (常勤職員1名)

【研究内容】

本研究は、「糖鎖を介した免疫応答の解析とその介入技術開発」を目標としており、1) シアル酸被覆リポソームを用いて、シアル酸を発現するがんが腫瘍免疫を回避して進展する免疫学的メカニズムを明らかにする事、そして観察される病理像をヒントにすることで、2) 新しい減感治療法の技術シーズを構築し、アレルギーや自己免疫疾患への適応可能性を探索することを進めている。さらに、本研究より得られる成果を臨床へトランスレートする目的で、モデル系の開発すすめ、3) 温度感受性T抗原を組織特異的に発現させられるマウスを使用した、不死化細胞の系統的作出法の確立を進めた。

一般に、シアル化糖鎖とがん免疫の接点やその分子機構を解明しようとする研究は主として、「がん由来するシアル化糖鎖が、エフェクター細胞へ直接作用すること」に着目したものである。これに対して本研究では、シアル化糖鎖の関わる免疫活性の減弱はエフェクター細胞への直接作用だけでなく、「糖鎖による Tr1細胞の誘導、もしくは Regulatory T細胞 (Treg) の誘導」による可能性を明らかにしつつある。また不死化細胞の系統的作出法の検討では、各種の細胞株を樹立するなど、新たな研究シーズを生み出している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】がんの腹腔進展、癌関連糖鎖マーカー、sTn抗原、腫瘍免疫、マウスモデル

【研究題目】新規ヒト内在性レクチン探索と機能解析

【研究代表者】平林 淳 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】舘野 浩章 (常勤職員2名)

【研究内容】

ヒトではこれまでに約100種類のレクチンが同定され、C-type、siglec、galectin、P-type、R-type、M-type、

L-type、calnexin、ficolins、chitinase-like、F-box lectin、intelectin など約10種類のファミリーに分類されている。しかし、その全貌については把握しきれておらず、個々のレクチンに対する機能解析も、一部を除いては不十分なものが多い。これまでにバイオインフォマティクスを利用して抽出したレクチン候補分子のうち、計80種類の糖鎖結合特異性を糖鎖複合体アレイでスクリーニングした結果、複数の新規レクチンの発見に至っている。平成23年度は、そのうちマンノースへの結合性を示した ZG16に関し、詳細な糖鎖結合特異性と親和性を、糖鎖複合体アレイとフロントル・アフィニティクロマトグラフィー (FAC) で解析した。その結果、本レクチンは高密度マンノースに特異的に結合することを見出した。更に、細胞表面にマンノースを高密度に提示する各種真菌に結合することが分かった。リアルタイム PCRで解析した結果、本レクチン分子の mRNA は、肝臓、膵臓、小腸に局在していることがわかった。更に、モノクローナル抗体とポリクローナル抗体を作製して本レクチンの組織分布を調べてみると、上部から下部に至る消化器系の外分泌系の細胞に局在していることがわかった。上部から下部にいたる消化器系に局在すること、真菌に結合する活性を有することから、本レクチン分子は真菌に対して何らかの機能を有することが予想された。そこで、本レクチンの真菌に対する抗真菌活性や小腸上皮細胞への接着阻害について検討した。しかし、抗真菌活性や接着阻害活性は確認されなかった。ZG16の機能解明に向けて、更なる検討が必要である。本研究成果は糖鎖生物学の専門誌、Glycobiologyに掲載された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、レクチン、糖鎖アレイ、真菌

【研究題目】糖鎖プロファイリングに貢献する機能強化組み換えレクチンの開発

【研究代表者】平林 淳 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】胡 丹 (他1名)

【研究内容】

レクチンは「糖鎖プロファイリング」のため不可欠のツールであり、その実用化に向けた展開も広く講じられている。しかし、従来用いられているレクチンの多くは天然物由来のもので、このため複雑多様な糖鎖構造 (グリコーム) を網羅することが困難とされる。本研究では、レクチンレパートリーの拡充、結合親和性や特異性の改善を目指し、分子進化工学的な手法と糖鎖工学技術を駆使した改変レクチンの開発を行うことで、糖鎖機能の解明や実用化に貢献できるレクチンプローブを提供することを目的とした。当初、モデル系として R 型レクチン (リシン B 鎖超家系) に属する29kDa ミミズ由来ガラクトース結合性レクチン (EW29) の C 末端側ドメイン (約14kDa) を親タンパク質とし、エラー導入 PCR・リポソームディスプレイ法 (分子進化工学) に

糖鎖複合体アレイ（糖鎖工学）を用いたスクリーニング系を導入することでハイスループットな進化工学系を構築した。今回、強化された本システムを用い、今まで優れた検出プローブの無い硫酸化糖鎖に対する特異的な改変レクチンの創出に挑んだ。糖鎖複合体アレイを用いた迅速スクリーニング系によって6-硫酸化ラクトサミン（6SLN）ポリマーに対し新たに結合力を獲得した20クローンを選別した。配列解析の結果、14クローンに共通して特定の変異（Glu20Lys）導入が確認された。これらのクローンはいずれも6SLNに特性を示すことが判明し、さらにこの一箇所の点突然変異のみで6SLNへの親和性を獲得していることが示された。さらに本改変レクチンの有用性を組織染色やフロサイトメトリ解析で実証した。本研究成果はJ Biol Chem誌に掲載された。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】糖鎖、レクチン、糖鎖アレイ、進化工学

【研究題目】新規 POCT デバイスの創出を目指したマルチプローブ親和電気泳動法の開発

【研究代表者】松野 裕樹（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】松野 裕樹（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、研究代表者らが最近開発した「膜タイプ」の新しい電気泳動法である、分子マトリクス電気泳動（Supported Molecular Matrix Electrophoresis, SMME）を進展させ、POCT デバイスのコア技術として期待できるマルチプローブ親和電気泳動を開発することを目標とする。

マルチプローブでの親和電気泳動を実現するための最初の課題として、プローブとなるタンパク質（レクチンなど）を泳動用媒体である PVDF 膜に局所的にかつ自由に配置できる方法を確立する必要がある。平成23年度は、主にこの課題に取り組んだ。種々の方法を検討した結果、市販のパキュームブロッターを上手く応用することで、レクチンなどのタンパク質を局所的にかつ比較的良好に膜内部まで浸透させた状態で吸着固定できることが分かった。しかし、特定のレクチンでは、PVDF 膜自体には吸着固定できても、後の親水性ポリマーにより膜を親水化する工程で大部分が剥がれ落ちてしまう現象が観察された。このような例外分子については、分子の疎水性を高めるような修飾を加えるなどの工夫が別途必要となることが分かってきた。

一方、本研究の重要課題である、2次元親和電気泳動の開発とそれによるマーカー分子の一斉検出技術の実現に向けても予備的な検討を進めた。本年度は、モデルとして使用する複数の糖タンパク質の一斉検出に向けて、検出条件の最適化などの予備検討を中心に研究を進めた。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】電気泳動、親和電気泳動、糖鎖、レクチン、

【研究題目】GPI アンカー型タンパク質の最終目的地を決定するメカニズム

【研究代表者】横尾 岳彦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】横尾 岳彦、地神 芳文、高瀬 久美子（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

特定の GPI アンカー型タンパク質（GPI-AP）が細胞膜にとどまるか細胞壁に移行するかについては、タンパク質の種類を見分けて振り分けるメカニズムが細胞表層にあると考えられてきたが、研究担当者らの研究結果によると、GPI-AP の最終目的地の振り分けメカニズムが、小胞体で働いている可能性が出てきた。この可能性を検証するとともに、GPI-AP の最終目的地がどのようなメカニズムで決定されているのかを解明する。

本年度は、以下のような実験を行った。GPI-AP がセラミド型に変換されると細胞膜に留まるのならば、セラミド変換に異常を来す *cwh43* 遺伝子破壊株においては細胞膜に局在する GPI-AP が減少していることが期待される。そこで、本来は細胞膜に局在する GPI-AP である Gas1p の細胞壁/細胞膜の存在比を調べたところ、*cwh43* 破壊株では細胞壁の Gas1p の相対量が増加傾向を示すことを見いだした。GPI-AP が細胞膜に留まるか細胞壁に移行するかは、タンパク質の ω サイト上流のアミノ酸配列が重要な役割を担っている。GPI-AP の最終目的地に応じて脂質構造の使い分けがなされている可能性を検証するため、細胞膜にとどまりセラミド型の GPI を有する Gas1p と、細胞壁に移行しジアシルグリセロール型の GPI を有する Cwp2p の ω サイト上流の配列を互いに入れ替えたキメラタンパク質を作製し、局在を調べたところ、細胞壁/細胞膜の存在比が逆転することを明らかにした。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】GPI アンカー、細胞膜、細胞壁、酵母、マイクロドメイン、脂質ラフト、糖鎖生物学

【研究題目】高グリコシル化タンパク質ムチンに関する革新的分析法 SMME の高度化研究

【研究代表者】亀山 昭彦（糖鎖医工学研究センター）

【研究担当者】亀山 昭彦、松野 裕樹、董 偉傑、児玉 弘美、飯竹 信子（常勤職員2名、他3名）

【研究内容】

膵液・胆汁中のムチンを調べることにより、最も難治性の癌である膵胆管腫瘍の早期診断、悪性度判断の糸口が見出されると期待されているが、ムチンは分析が困難なためバイオマーカーとしてのムチン研究は手つかずの状態にある。分子マトリクス電気泳動法（SMME）は、ムチンを分析するために研究代表者が最近開発した新規分析法である。本研究では新手法である SMME をバイ

オマーカー探索に活用できるように、分離能と感度に重点をおいた高度化研究を進めている。

平成23年度は、①SMME の物理化学的基礎、および②ムチンの高感度検出法の開発を実施した。①については、PVDF 膜の種類、ポリマーコーティング量、親水性ポリマーの種類について検討した。親水性ポリマーについては、これまでポリビニルアルコール、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコールの3者は SMME においてほぼ同じ程度の効果を有すると考えていたが、接触角を測定した結果、ポリビニルアルコールが特に高い親水化効果を有することが判った。

②については、SMME で分離したムチンの新規染色法を開発した。ムチンはこれまで Alcian Blue で染色されてきたが、シアル酸や硫酸基が少ない中性のムチンは染色されないという問題があった。一方、中性ムチンを染色できる過ヨウ素酸化シッフ塩基法では糖鎖が分解されるため染色後のムチンの糖鎖分析ができない。そこで SMME 膜上のムチンをコハク酸無水物で処理した後、Alcian Blue で染色する方法を開発した。この方法ではムチンの酸性度に関わらず染色可能であり、かつ糖鎖分析も従来通り行うことができた。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気泳動、糖鎖、質量分析

【研究題目】 合掌造り家屋床下の硝石生産遺構に生息する新規微生物が有する未知硝化経路の解明

【研究代表者】 成廣 隆 (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 成廣 隆 (常勤職員1名)

【研究内容】

白川郷合掌造り家屋の床下で過去に営まれていた硝石生産は、微生物による硝化反応を巧みに利用したバイオリファイナリー技術の先駆けである。本研究では、合掌造り家屋の床下土壌遺構において、硝化反応を担う微生物群を分子生態学的解析により特定すると同時に、可培養化技術を用いて高密度集積と純粋分離を試み、この硝化微生物が有する未知の硝化反応経路を解き明かすことを最終目標としている。

今年度は「分子生態解析による合掌造り家屋床下土壌遺構の硝化微生物群の遺伝子情報収集」について、主に16S rRNA 遺伝子クローンライブラリの構築を遂行した。5箇所から採取した土壌試料において、バクテリアおよびアーキアのそれぞれで50-100個のクローン (計868クローン) を獲得した。各ライブラリのカバー率は42-95%であった。バクテリアのクローンライブラリでは、すべての土壌試料から、*Gammaproteobacteria* 綱、*Actinobacteria* 門、*Chloroflexi* 門、*Firmicutes* 門に類縁のクローンが高頻度に検出されたが、既知のアンモニア酸化菌や亜硝酸酸化菌はほとんど検出されなかった。アーキアのクローンライブラリでは、土壌環境から高頻

度に検出されるアンモニア酸化アーキアの一群として知られる *Nitrososphaera* 属、および高度好塩性アーキアとして知られる *Halobacteriaceae* 科に近縁のクローンが中心的であり、土壌中の塩濃度が *Halobacteriaceae* 科と *Nitrososphaera* 属との棲み分けに強い影響を及ぼしていることが示唆された。これらのことから、今回発見された *Halobacteriaceae* 科アーキアは、従来知られている光合成色素を含むアーキアではなく、中程度の塩濃度環境でアンモニア酸化 (または亜硝酸酸化) を担う新しい微生物群である可能性も示唆される。今後、これらの難培養性高度好塩性アーキアを純粋分離し、栄養要求性などの生理・生化学的試験を実施することで、硝石生産土壌遺構における物質循環を解明することができると考えられる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 環境生態、微生物生態、微生物資源、硝化

【研究題目】 巨大津波の発生原因を探る～スマトラ北西沖巨大津波発生メカニズムに関する仮説の検証

【研究代表者】 平田 賢治 (気象庁気象研究所)

【研究担当者】 平田 賢治、弘瀬 冬樹 (気象庁気象研究所)、荒井 晃作 (地質情報研究部門)、徳山 英一 (東京大学) 木下 正高 (海洋研究開発機構)
(常勤職員1名、他4名)

【研究内容】

2004年スマトラ沖地震 (M9.2) による巨大津波の発生メカニズムについて5つの仮説が提案されているが未だ決着していない。本研究は、現場海域の調査と津波数値モデリングに基づき、最新の仮説の検証作業を通じて、この巨大津波の発生様式を明らかにすることを目的とする。

平成23年度は、(独) 海洋研究開発機構の学術研究船「白鳳丸」によって取得済みの、48ch の反射法地震探査データや、3.5kHz のサブボトムプロファイラー (SBP) を用いた海底表層の地層探査のデータ解析を行ない、いくつかの発表をした。海底地形調査によってスマトラ北西沖外縁隆起帯の中央付近に見つけられた明瞭なリニアメントとあわせて解釈を進めている。今後、解析を進め、当該リニアメントが分岐断層であることが確認されるとともに、当該分岐断層の (音響地質学的な) 最新活動時期が解明されることが期待される。

【分野名】 地質

【キーワード】 津波、地震、スマトラ島沖、音波探査、地殻変動

【研究題目】 氷期に背弧にサンゴ礁はあったのか？
—北限域サンゴ礁生態系の海洋変動との

呼応一

〔研究代表者〕 松田 博貴 (熊本大学)

〔研究担当者〕 松田 博貴 (熊本大学)、荒井 晃作、
井上 卓彦 (地質情報研究部門)
町山 栄章 (海洋研究開発機構)
(常勤職員2名、他2名)

〔研究内容〕

本研究は、氷期・間氷期サイクルにおける琉球列島の前弧側と背弧側でのサンゴ礁生態系を比較し、特に低海水準期における黒潮流路変化や強弱、塩分・水温・陸源性物質の供給などの海洋変動に対するサンゴ礁北限周辺海域でのサンゴ礁生態系の応答とその要因を解明することを目的としている。琉球列島前弧側でのこれまでの研究成果と比較して、琉球列島背弧側の第四紀低海水準期(氷期)におけるサンゴ礁性堆積物の発達状況や造礁生物の特徴・種多様性・種構成、礁性堆積物の特徴、ならびにその規制要因について検討する。

平成23年度は、現世サンゴ礁北限周辺域にあたるトカラ列島小宝島東方沖水深40~200m 付近の島棚および島棚斜面上部において、(独)海洋研究開発機構の「なつしま」による調査航海を実施した。本航海は、詳細な地形調査と、ハイパードルフィンによる潜航調査を行った。調査の結果、小宝島東~南東方の複雑な地形が明らかになった。ROVにより海底観察の結果、これらはマウンド状の礁岩であることが判明した。サンゴ試料は採取することができなかったが、いくつかの岩石試料を採取した。本年度採取された試料の分析を進めることによって、氷期におけるサンゴ礁の存在や、氷期における黒潮の流路に関して、新たな情報をもたらすものと考えられる。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 サンゴ礁、古海洋、黒潮、音波探査、潜航調査

〔研究題目〕 高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明

〔研究代表者〕 芦 寿一郎 (東京大学)

〔研究担当者〕 池原 研 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、南海トラフ沿いを中心とする海域において、海底堆積物中に残された地震発生の記録から過去の巨大地震の発生履歴を解明することを目標とする。本年度は本科学研究費課題に関連して実施された白鳳丸によるKH-11-9航海に乗船し、熊野灘~駿河湾南海トラフ海溝陸側斜面・前弧海盆域の調査を行った。この航海で得られた表層地層探査記録から、南海トラフ海溝陸側斜面の小海盆における細粒タービダイトの堆積様式や斜面域の海底地すべりの起源に関する検討を行った。また、採取された堆積物の中から、熊野川河口沖斜面から採取された2011年9月の紀伊半島の洪水による堆積物の解析を

行い、この洪水による海域における堆積現象の範囲を確認した。また、2011年東北地方太平洋沖地震震源域周辺で採取された表層堆積物の解析を行い、この地震/津波によって形成された堆積物を認定するとともに、海底での堆積物移動/再堆積現象が浅海から深海までの広い範囲にわたったことを明らかにした。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 海底堆積物、地震、タービダイト、洪水、海底地すべり

〔研究題目〕 走査型 ESR 顕微鏡による非破壊コア分析法の開発

〔研究代表者〕 今井 登 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕 今井 登、福地 龍郎
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本年度は、台湾チェルンプ断層掘削コアの ESR (電子スピン共鳴)、VSM (振動試料型磁力計) および化学分析による解析を行った。その結果、1136m 黒色ガウジ帯では高い保磁力を示すことが明らかになった。また、石英の酸素空孔起源の E' 中心は減少し、有機ラジカルは増大していた。一方、1194m 黒色ディスク及びガウジ帯では、高磁性共鳴信号、信号強度及び高磁化率を示すが、保磁力は低いことが判明した。

熱水の通過年代を見積もるために、精密 ESR 測定を実施した結果、1136m 黒色ガウジ帯の一部から検出されるスメクタイト起源の ESR 信号はほぼ完全に消滅していることが明らかになった。総被曝線量及び誤差を見積もると、 $1.3 \pm 61.2 \text{ Gy}$ となり、熱水の通過年代を予察的に計算すると、 $1 \pm 31 \text{ ka}$ となった。この結果は、熱水が最近数万年以内に通過したことを意味している。

また、黒色断層ガウジ及びシュードタキライト試料を二次元 ESR で測定した。スキャン幅は0.5mm、スキャンスピードは10秒/掃引、掃引磁場0~800mT で行った。その結果、断層摩擦熱によりフェリ磁性鉱物が生成し、それに伴い FMR 信号及び磁化率が増大し断層摩擦発熱量が高かったことが分かった。高画像強度の部分では、マグヘマタイト起源の FMR 信号の他に、未知の FMR 信号も検出された。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 ESR、VMS、断層、年代、元素分析

〔研究題目〕 沈み込み帯のマグマの成因：最初は一つの玄武岩マグマか？

〔研究代表者〕 石塚 治 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕 石塚 治 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、マリアナ弧の火山フロント周辺に噴出しているマグマを検証し、「それぞれの火山は一つの玄武岩初生マグマから導かれたのか」、「玄武岩初生マグ

マは NW Rota-1のように二つ存在するのか」、または「初生マグマには二つ以上の多様性が存在するのか」、を明らかにすることである。今年度は、系統的に多数の試料を分解するマイクロウェーブ試料分解装置を導入した。その立ち上げを進めると同時に、マリアナ弧の火山体、Zealandia Bank, East Diamante, Tracey, Pagan などから採取された溶岩の系統的な微量成分分析及び同位体組成分析を実施した。これにより Pagan 島海底部のマグマに、明瞭に化学的特徴の異なる2種類の初生マグマに由来するものが存在することが明らかになった。微量成分組成と同位体組成の相関から、初生マグマの組成が異なる原因は、物性が異なるスラブ由来物質の寄与により説明される可能性が高いことが明らかになりつつある。

【分野名】地質

【キーワード】沈み込み帯、初生マグマ、マントル、マリアナ島弧

【研究題目】メタン湧水場の地下断面を復元する～化学合成群集が指標する湧水のさまざまな活動様式

【研究代表者】延原 尊美（静岡大学）

【研究担当者】石村 豊穂（地質情報研究部門）
（他2名）

【研究内容】

本研究は、静岡大学との共同研究（研究代表者・延原尊美）であり、海底メタン湧水の地下断面を復元することにより、メタン湧水性石灰岩の多様性を生み出す素過程を究明し、また、化石群集の変化が指標する地下断面の様相および湧水活動の特徴を明らかにすることを目的としている。

本年度は、北海道の中新統望来層のメタン湧水場の化石露頭の概況をとらえて詳細な露頭スケッチを作成するセクションの選定を行った。本露頭は、石村が以前から研究対象にしていた露頭であり、化石湧水場の安定同位体組成の特徴や岩相の特性について再確認と議論をおこなった。

【分野名】地質

【キーワード】炭酸塩、メタン湧水、安定同位体比、海洋生態

【研究題目】地殻流体の発生と移動のダイナミクス

【研究代表者】風早 康平（地質情報研究部門）

【研究担当者】風早 康平、安原 正也、高橋 正明、
佐藤 努、森川 徳敏、高橋 浩
（常勤職員6名）

【研究内容】

深部低周波地震と関係する熱水の分布の特徴を明らかにするため、1) 日本列島に分布する深層地下水のフィールド調査・試料採取（50温泉）および100カ所の温泉

水の分析、2) 水質解析による深層地下水の広域分布の特徴および深部低周波地震や浅部内陸地震活動等との関連性の検討、および、3) 日本列島の深部流体マップ作成を行った。

地震に関係する熱水の情報を得るため、震源周辺の地下水データを調査し、その化学・同位体組成等に関する特徴をまとめた。その結果、関係すると考えられる水は、Li/Cl 比が高く、CO₂を含む塩水であり、分布域は広く火山列や大規模構造沿い以外にも見られることがわかった。このような NaCl-CO₂型の存在域と浅発地震分布の関連性については、今後より詳細な検討が必要である。

【分野名】地質

【キーワード】深部低周波地震、内陸地震、塩水、遊離炭酸ガス、同位体比、スラブ起源熱水

【研究題目】活褶曲地帯における地震に伴う斜面変動と地形発達過程の研究

【研究代表者】小荒 井衛（国土地理院）

【研究担当者】小荒 井衛（国土地理院）、小松原 琢
（地質情報研究部門）、黒木 貴一（福岡教育大学）、岡谷 隆基、中埜 貴元
（国土地理院）（常勤職員1名、他4名）

【研究内容】

目標：

地形発達史的観点から地震に伴う斜面変動の発生場が準備される過程と、それに対する地殻変動の寄与について検討する。

研究計画：

2011年度においては中越地震で大きな斜面変動が生じた芋川流域の段丘面を編年し、地殻変動・基準面高度変動に関する資料を得る。2012年度末には長期（10万年スケール）から短期（地震時）における地殻変動と斜面変動の関係を比較・考察する。

年度進捗状況：

芋川流域に分布する3段の段丘面のうち最高位の段丘面から対比不明ながら確実に降下層準を確定できるテフラをみいだし、それが関東地域の UG より上位、K-Ah より下位に位置することが明らかになった。このことから、約1万年間における芋川の下刻量が30m 余りに達することが示された。また、芋川流域を対象として1/5000スケールで2m メッシュ DEM を用いた斜面地形分類を行い、既存の地すべり地形の中でも特に斜面末端部の下刻量が大きな地すべりで地震時に再活動したものが多く傾向を明らかにした。以上より、特に芋川において過去1万年間における急速な下刻が生じており、それが既存の地すべり地形末端部を侵食し寄り斜面を不安定化させていたこと、その結果として地震時に地すべりの再活動が多発した可能性が高いこと、が示された。

【分野名】地質

【キーワード】活褶曲、地震地すべり、地形発達史

〔研究題目〕地球の水の起源と深部循環の NAM の水素同位体測定法の開発

〔研究代表者〕 中村 美千彦 (東北大学)

〔研究担当者〕 宮城 磯治 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

マグマの発生やマンツルの物性に大きな影響を与える地球内の水の水の起源を考察するためのデータを得るため、微量の水を真空装置内で水素に還元する際に起きる同位体分別の原因の調査と対策に関して、技術的側面から考察を行なった。また、ガラスや鉱物中の水がそれらの物性におよぼす影響を理解するために必要な文献を整理した。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 水、マンツル、マグマ、水素同位体比、真空脱水装置

〔研究題目〕最終氷期最寒冷期の中部～西南日本のレフュージアにおける生物群の分布様式

〔研究代表者〕 水野 清秀 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕 水野 清秀 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究の目的は、最終氷期最寒冷期の植物化石・昆虫化石の分析などから、現在までの生物群集の空間分布の変遷、レフュージアの位置を復元することである。担当者の役割は、全国に広く分布する始良 Tn テフラ (約 2.6~2.9 万年前) を年代指標としてその前後の層準の泥炭層から大型植物化石、花粉化石などを採取し正確な年代を明らかにすると共に、比較のためのより古い泥炭層の年代をテフラの対比などを用いて求めることである。平成23年度は、四国西部、奈良、関東平野西縁などにおいて植物化石を含む後期更新世の地層の詳細な調査と年代の検討を行った。

高知県西部の川奥層、平成22年度に東広島市で採取した植物化石を含む地層の¹⁴C年代測定を行った結果、どちらも4万年を超える年代値が得られ、前者は中位段丘堆積物に対比され、後者は中部更新統の西条層と推定された。また愛媛県宇和島市大道のせき止め堆積物に挟まる火山灰層の分析を行った結果、この火山灰層は九重火山起源の後期更新世前半ないしはさらに古い時期のテフラの可能性が示唆された。一方、高知県宿毛市の低位段丘堆積物に挟まる有機質シルト層の年代は約27,000yBPを示し、始良 Tn テフラ前後の年代と推定された。奈良県五條市の低位段丘堆積物の調査では、植物化石を含む細粒層は、基盤岩の高まりにより閉塞された地域の堆積物であることがわかり、また下位の樹木化石を含む地層は、下部更新統の菖蒲谷層と考えられた。関東平野と甲府盆地の中間に位置する上野原～大月地域では、御岳起源の軽石層を最下部に挟む植物化石包含層が点在するが、その最上部の層準は始良 Tn テフラ付近ないしそれより

下位までであり、最終氷期最寒冷期の地層は、礫層になっていると考えられた。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 気候変動、植物地理、最終氷期、レフュージア、始良 Tn テフラ

〔研究題目〕現世および化石カキ礁の形成過程から解明する古環境とカキ類の古生態変遷

〔研究代表者〕 安藤 寿男 (茨城大学)

〔研究担当者〕 七山 太 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

北海道東部の釧路市街地から西方約30kmにある白糠町のパシクル沼においてカキ礁のトレンチ掘削調査を行い、その形態・産状および層序について調べた。その結果、カキ化石密集層中に少なくとも4層の他生・自生互層が見出され、その形成に数百年単位で襲来した巨大津波が関わっている可能性が示唆された。

トレンチ掘削は、海岸から約250m入った東岸脇の陸側で海陸方向に2箇所 (T1、T2) と、海岸から約380、460、910mの内陸側3箇所 (T3、T4、T5) で行い、それぞれ、層厚2、5、3、4、3、2mの柱状が得られた。湖岸露頭とこの5本の柱状を加えた垂直・水平層序分布からパシクル沼における完新世の堆積史を復元することが可能になった。カキ化石層は、離弁殻や破片が水平に集積した他生的なカキ殻層の上に、直立合弁殻の自生密集層が重なっており、少なくとも4回互層している。自生カキ層は、直立した生息姿勢を示す多数の個体が前世代の殻に固着して上方に成長する小規模な株状のコロニーをなしており、この層準にカキ礁が発達していたことがわかる。さらに自生層準は上限が他生化石層で浸食的に覆われており、高エネルギーの堆積イベントでカキ礁が破壊されたことを示している。転倒した合弁殻の方向や配列は陸側を向くものが多く、陸側に遡上した水流で動かされたのであろう。

今回のパシクル沼の完新統のカキ化石密集層にとどまらず、他地域の白亜紀以降のカキ化石密集層にも、こうした他生・自生カキ化石層がしばしば認められる。したがって、同様の産状を示す汽水成カキ化石層には地質時代の巨大津波記録が保存されている可能性がある。

〔分野名〕 地質

〔キーワード〕 完新世、マガキ、化石密集層、津波堆積物、パシクル沼、北海道

〔研究題目〕スロースリップの繰り返し周期は何が決めるか？—重力観測で流体の挙動を探る

〔研究代表者〕 名和 一成 (地質情報研究部門)

〔研究担当者〕 名和 一成 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

環太平洋地震帯のプレート沈み込み帯で長期的スロー

スリップイベント（SSE）が観測されている。過去の研究から、沈みこむ海洋プレートから供給される高压流体により SSE が引き起こされることが明らかになっている。SSE の繰り返し間隔は場所によって異なる。一般に、プレート運動による経年的な応力蓄積速度とプレート境界上の摩擦特性が地震の繰り返し間隔を制御するため、SSE の発生間隔の違いもそれらの違いによって起きていると考えられる。しかし、流体圧の変化が起きた場合でも、有効法線応力が変化するので発生間隔の変化が生じうる。これまで、SSE に関連する流体圧の変化がフィールド観測により捉えられたことはない。もし大規模な流体圧の変化が起きれば、地下の密度再配分による重力変化が捉えられる可能性がある。

本研究は、SSE のサイクルの全期間にわたる重力変化を捉えることを目的として、琉球海溝沿いで半年に一度発生する SSE を対象とし、石垣島、西表島で超伝導重力計及び絶対重力計を用いた連続観測を開始した。超伝導重力計については、現地観測に先立って、筑波大学研究基盤総合センターで改修作業を行い、国立天文台 VERA 石垣島観測局の局舎に設置した。観測データから地下水の影響を補正するために、重力観測点近傍で雨量、土壌水分量の並行観測も開始した。

【分野名】地質

【キーワード】スロースリップ、沈み込み帯、重力、地殻変動、測地学、地震学、琉球海溝、石垣島、西表島

【研究題目】沿岸防災基盤としてのサンゴ礁地形とその構造に関する研究

【研究代表者】長尾 正之（地質情報研究部門）

【研究担当者】長尾 正之、鈴木 淳（常勤職員2名）

【研究内容】

温暖化時代の海面上昇の下で、あるいは台風や津波などの災害に対して熱帯・亜熱帯島嶼の住民・社会基盤の安全を維持するため、サンゴ礁の地形および堆積構造を防災基盤として評価することを目指した研究である。

サンゴ礁の礁縁から外洋側にかけての礁斜面の地形は、具体的に提示されることが少ない。サンゴ礁の外洋側には縁脚縁溝系のように、シングルビーム測深による二次元の断面図では表現できない地形が多く存在する。そこで、沖縄・久米島周囲のサンゴ礁を対象にワイドバンドマルチビーム測深機を用いてこれらの地形の高解像度マッピングを行い、デジタル三次元図として可視化を行なった。また、石垣島名蔵湾にてワイドバンドマルチビーム測深機を用いた海底地形の三次元測量を行い、大規模な沈水カルスト地形を発見した。名蔵湾中央部の水深50m 以浅では、沈水ドリーネ群や沈水カルスト円錐丘などのカルスト地形が認められ、氷期に発達した河川跡も発見された。空中写真で視認できる名蔵湾沿岸部の地形とあわせると、南大東島や九州・平尾台とほぼ同じ大

きさをもつ、日本最大の沈水カルスト地形と考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ礁、久米島、石垣島、名蔵湾、礁斜面

【研究題目】霞ヶ浦沿岸花室川流域の旧石器文化の研究

【研究代表者】中島 礼（地質情報研究部門）

【研究担当者】中島 礼（常勤職員1名）

【研究内容】

茨城県つくば市と土浦市を霞ヶ浦にむかって流れる花室川の中流域では、ナウマンゾウをはじめとする大型哺乳類化石や植物化石が多数産出することが知られている。最近になって花室川より、ナウマンゾウ臼歯化石と旧石器様岩石片が採集され、また海生哺乳類であるニホンアシカ化石が見つかり、放射性炭素年代で約28,000年という旧石器時代に相当する年代値が測定された。そこで本研究では、花室川流域における旧石器時代の人類と大型哺乳類の関連、当時の気候などを復元する総合研究を行うこととした。

最終年度となる23年度は、花室川の堤外地において、地表より約6m 地下に掘削したトレンチにおいて露頭調査を行った。層序や堆積構造の記載を行い、トレンチが下位より、緩斜面堆積物、湿地堆積物、河川チャンネル堆積物、湿地堆積物よりなっていることが判明した。植物化石は多量に見つかったが、大型哺乳類化石や遺物は見つからなかった。湿地堆積物より数層のテフラが見つかり、前年度までに調査した花室川流域の地点との対比が可能となり、また植物化石を用いた放射性炭素年代測定を行うことで、トレンチにおける年代層序も明確になると思われる。22年度におけるトレンチ調査での残渣洗い出し作業において、ナウマンゾウ臼歯片が見つかった。産出層準の上下において材化石の放射性炭素年代測定から、このナウマンゾウ化石の堆積年代は約3万年であることが判明し、本地域のナウマンゾウ化石の堆積年代を示した最初の事例となった。今後は旧石器時代の花室川における環境変遷や気候について解析していく予定である。

【分野名】地質

【キーワード】旧石器時代、哺乳類化石、霞ヶ浦、古環境

【研究題目】広域地質情報発信のための分散共有型 WebGIS3次元地質モデリングシステムの構築

【研究代表者】升本 眞二（大阪市立大学）

【研究担当者】升本 眞二（大阪市立大学）、Venkatesh Raghavan（大阪市立大学）、根本 達也（大阪市立大学）、野々垣 進（地質情報研究部門）

(常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

本研究の目的は、3次元地質情報を発信するために開発した「Web-GISによる3次元地質モデリングシステムのプロトタイプシステム」を基本として、データやモデルを分散して開発でき、かつ、それらを相互に共有・活用できる新しいシステムを構築することである。

本年度は、3次元地質モデルの基本要素の処理方法について検討した。その結果、堆積作用や侵食作用により形成された地質構造をモデリングする場合に、基本要素の一つである“地質構造の論理モデル”を、地層の接触面の情報から決定するアルゴリズムを確立した。さらに、このアルゴリズムを応用して、モデリングに利用する基礎データ間の矛盾を、機械的操作により抽出するアルゴリズムを確立した。分散する3次元地質モデルの結合方法についても検討し、同じ“地質構造の論理モデル”を用いて構築した複数の3次元地質モデルを、基礎データの分布状況等にもとづいて結合する理論を提案した。3次元地質モデルの結合には、地質境界面の推定処理の効率化が必要であったため、推定アルゴリズムの再検討もを行い、Web上で推定処理を行う新しいシステムを開発した。これにより、従来よりも効率的に推定処理を行えるようになった。また、データやモデルを共有・活用することを目的に、昨年度導入した分散型データベースの動作確認、および、一部システムを用いた基本要素の共有実験を行った。

【分野名】 地質

【キーワード】 地質情報、3次元地質モデル、Web-GIS、データベース

【研究題目】 全国地質 Sr 同位体比マッピング—古代における“もの”移動の解明に向けて

【研究代表者】 南 雅代 (名古屋大学)

【研究担当者】 南 雅代、原 良浩、宮田 佳樹 (名古屋大学)、太田 充恒 (地質情報研究部門) (常勤職員1名、他3名)

【研究内容】

全国 Sr 同位体比図作成は、産業技術総合研究所の全国地球化学図計画で採取された河川堆積物試料を流用して行っている。同位体比はその背景となる地質の分布に大きく左右され、特に、中国地方・近畿地方・四国地方に帯状の同位体比変動が認められた。しかし、変動が漸移する領域に瀬戸内海が存在するため、詳細な同位体比の連続変化を捉えることができなかった。そのため、昨年度より継続して瀬戸内海の島々において、河川堆積物の採取を行った。本年度調査では、東地域の小豆島、淡路島にて河川堆積物を31試料採取し、52元素の化学分析を行った。また、Ca、Srを高濃度含む石灰岩地域において、採取された河川堆積物中のCa、Sr濃度が低い理由を明らかにすべく、山口県秋吉台周辺地域の河川堆積

物を粒度別に7段階に分け、元素分析を行った。その結果、粒度が0.125-0.063mmを境に、細粒堆積物側で急激にCa濃度が増加することが判明した。河川堆積物中に占める0.125-0.063mm以下の細粒粒子の相対的な量比は非常に小さいため、見かけ上、河川堆積物中のCa、Sr濃度が低くなった事が明らかとなった。

【分野名】 地質

【キーワード】 地球化学図、バックグラウンド、Sr同位体対比、同位体分布

【研究題目】 オフリッジ火山から高速拡大海嶺モホ遷移帯マグマプロセスを探る

【研究代表者】 岸本 清行 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 岸本 清行、石塚 治、下司 信夫 (常勤職員3名)

【研究内容】

本研究は、東太平洋海膨における海嶺軸とその周辺のおフリッジ火山の分布・噴出物の構造及びその岩石学的特徴の解析から高速拡大海嶺軸におけるモホ遷移帯のマグマプロセスを解明することを目的とする。

本年度は、おフリッジ火山における海底噴出物試料の岩石学的解析のため、SEM-EDSシステムを用いた火山ガラス及び鉱物化学組成の精密測定の前準備を行った。EDSによる多元素同時測定のための定量分析条件を、標準試料および実際の中央海嶺のガラス試料を用いて行い、精度の高い定量分析を実現することが可能となった。特に、中央海嶺拡大システムにおいて採取されると期待される、含水率の高い苦鉄質ガラスの主要化学組成について、主要元素組成では相対精度数%以下の再現性の高い測定方法を確立できた。また、これまでに得られている海底地形データやサイドスキャン画像データ等をコンパイルし、地形地質構造解析を進めた。

【分野名】 地質

【キーワード】 火山、噴火、マグマ、テクトニクス、地質構造

【研究題目】 ストレスとサンゴ礁の歴史的变化

【研究代表者】 鈴木 淳 (地質情報研究部門)

【研究担当者】 鈴木 淳、井上 麻夕里 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

地球温暖化、人間居住史、都市化や農林畜産業の構造変化に伴う変化に着目し、数十から数百年で、ストレス要因(温暖化による水温上昇、海洋酸性化、陸源負荷等)の過去からの変遷とサンゴ礁の状態(サンゴ分布の変化、断片化等)を復元し、人口サンゴ礁共生・共存系の変遷・崩壊過程とその要因を明らかにすることが本研究課題の目的である。重点的な研究対象地域に選定された沖縄県石垣島の轟川周辺海域より採取されたサンゴ骨格試料について、酸素同位体比分析を進め、水温及び

降水量との関係を検討するとともに、赤土流出指標となる元素探索を目的として、誘導結合プラズマ質量分析法 (ICP-MS) により分析された重金属濃度の変遷について検討した。サンゴ骨格試料について、洗浄操作を繰り返し行い骨格中での微量元素の存在状態を検討したところ、サンゴ骨格中の鉄及びマンガン濃度は赤土流出指標になり得ることが示唆された。また、長尺サンゴ試料の分析から、1980年代後半から2000年代前半にかけ、鉄及びマンガン濃度がピークを持ち、その後、減少傾向がみられることがわかった。これは、赤土流出およびその後の保全活動による流出状況の改善に対応していると考えられる。なお、マンガンは夏期に高濃度となる傾向を示し、また、鉄と併せて1998年に共通して大きな値を示すことから、降水量変化に伴う轟川の河川水量変化に対応している可能性がある。

【分野名】地質

【キーワード】サンゴ、骨格、水温、ストレス

【研究題目】地球表層システムにおける海洋酸性化と生物大量絶滅

【研究代表者】鈴木 淳 (地質情報研究部門)

【研究担当者】鈴木 淳、山岡 香子、川幡 穂高
(常勤職員1名、他2名)

【研究内容】

二酸化炭素は酸性気体なので、人為起源二酸化炭素の放出は、地球温暖化と共に海洋酸性化をもたらす、新たな地球環境問題として注目されている。これは、海洋の炭酸塩殻をもつ生物群に損傷を与えると同時に、5500万年前と同様、深海底での大量絶滅を引き起こすと危惧される。そこで、生物の応答を精密飼育実験で明らかにすると共に、「大量絶滅海洋酸性化説」の適否を検証する。また、中和機能がある陸の風化過程の実態を明らかにし、海水の pH を支配する地球システムと将来の生物圏への影響を考察することが、本研究課題の目的である。

本年度は、海水の pH に影響を与える河川に注目した検討を行った。世界の大河川は多くの物質を陸から海へ運搬する重要な経路である。ただし、そのまま運搬するだけでなく、河川の中でも呼吸や光合成といった反応が起き、水質や炭素循環に影響を与えることが近年注目されている。そこでバングラデシュに赴き、ガンジス川、ブラマプトラ川、メグナ川にて河川水を採取して炭酸系総量を分析し、陸から海にもたらされる炭素量の評価を試みた。その中で、これらの河川が対して二酸化炭素のソースになっていること、そして流下においては風化よりむしろ呼吸や光合成の影響が大きいことが明らかになった。これらの情報を踏まえ、今後、河川内反応、そして河川自体が炭素循環にどう影響しているのかを考察していく。

【分野名】地質

【キーワード】酸素同位体比、あられ石

【研究題目】火山ガス観測に基づく継続的噴煙活動火山の噴火・活動推移過程の解明

【研究代表者】篠原 宏志 (地質情報研究部門)

【研究担当者】篠原 宏志 (常勤職員1名)

【研究内容】

継続的な噴煙活動を行っている火山において噴煙組成 (火山ガス組成) の繰り返し観測および連続観測を実施し、火山ガス組成の変動から、火山ガス放出過程を明らかにし、噴火・脱ガス機構をモデル化するとともに活動推移過程を明らかにする。火山爆発と火山ガス組成の相関を把握するために、頻繁にストロンボリ式噴火を繰り返すバヌアツ共和国やスール火山において、携帯型の Multi-GAS (多成分センサーを用いた噴煙観測装置) およびアルカリフィルターによる現地観測を実施した。得られた火山ガス組成は、小規模な噴火の繰り返しにも係らずほぼ一定であり、爆発は比較的低下下での火山ガスの蓄積により生じている事が推定された。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

【研究題目】河川砂礫堆の3次元形成ダイナミクス：水路実験と現世堆積物の GPR による融合

【研究代表者】田村 亨 (地質情報研究部門)

【研究担当者】田村 亨 (常勤職員1名)

【研究内容】

GPR (ground penetrating radar地中レーダー) は、地下に電磁波を放ちその反射信号から地下の内部構造を探索するもので、深さ10m未満の浅層探索に有効である。GPRの探索深度と分解能は、アンテナの中心周波数と媒質によってかわり、より高周波では探索深度は小さくなるが分解能があがる。本研究はこの特性を生かして異なる周波数のGPRのアンテナを用いて、水路実験堆積物と現世堆積物の3次元内部構造を探索し、比較するものである。どちらの堆積物にも時間面を挿入し、3次元の移動・堆積様式を明らかにする。対象としたのは河川の砂礫堆 (bar) で、このような手法を用いて河川砂礫堆の3次元形成ダイナミクスの解明をおこなう。

本年度は、現世河川堆積物の GPR 探索に向けて、衛星画像・空中写真による探索候補地の選定を行った。その結果、最近10年間でも顕著な地形変化が見られる静岡県静岡市の安倍川を探索候補地として、現地の下見を行い、探索測線を選定した。

【分野名】地質

【キーワード】メコン江、デルタ、環境変動、沿岸侵食

【研究題目】北極海の水氷激減—海洋生態系へのインパクト

【研究代表者】原田 尚美 (海洋研究開発機構)

【研究担当者】田中 裕一郎 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、海氷減少に伴う北極海の環境変化を捉え、それに伴って海洋生態系がどのような影響を被るのかを解明するために、動・植物プランクトンの生理・機能変化、経年変化（季節変化）の解析を行う。平成22年度に、海洋調査船「みらい」による北極航海において、海洋表層での生物起源粒子の季節変化及び鉛直・水平方向のフラックス変化を解明するために、北極海シベリア沖のNAP観測地点（75°N、162°W、水深1975m）において、セジメントトラップ係留系を300m層、1300m層の2層に設置した。平成23年度の航海で、そのトラップ試料の回収を行った。分析の結果、その沈降粒子フラックスは冬季では2層とも低いものの、2010年の11月～12月と2011年の7月～9月に高い値が観察された。また、夏季のトラップでは、2層間でフラックスの沈積のピークにタイムラグが観測され、陸起源粒子と生物起源粒子の影響を反映していることが判明した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地球温暖化、北極海、海洋生態系、海洋観測、円石藻

〔研究題目〕加速器質量分析法を用いた極微量放射性核種分析による地球環境動態研究手法の確立

〔研究代表者〕笹 公和（筑波大学）

〔研究担当者〕戸崎 裕貴（地質情報研究部門）
（他2名）

〔研究内容〕

本研究では、環境中に極微量に存在する長半減期放射性核種に関して、高感度に測定可能な加速器質量分析法（AMS）を用いることにより、トレーサーとして新たな環境動態研究手法を確立することを目的とした。研究担当者は、 ^{36}Cl を用いた地下水の滞留時間推定法の開発を担当した。

今年度は、富士山南麓の水源井・観測井から採取した地下水を対象として検討を行った。地下水の化学組成（特にK/Na比）と酸素安定同位体比との関係から、対象地域で取水されている地下水は、古富士泥流層中の地下水と新富士火山の溶岩流中の地下水（あるいは浅層地下水）との混合で概ね説明できることが示された。一方、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比とCl濃度との関係から、表層に由来する人為起源のClも寄与している可能性が示唆された。これらを考慮すると、新富士火山の溶岩流中の地下水は少なくとも40年程度、古富士泥流層中の地下水は60年以上の滞留時間を持つものと推定された。

また、滞留時間推定の基礎データとして、茨城県つくば市において降水中の ^{36}Cl の季節変動特性やバックグラウンド値について検討を行った。その結果、 $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比は5～6月に最大値を示し、対流圏界面高度の季節変動および梅雨期の継続的な降水に起因しているものと考えら

れた。また、年平均の ^{36}Cl フラックスは太陽活動が停滞期であった2008～2009年に大きくなり、宇宙線強度の変動の影響も想定される。そのため、任意の地域におけるバックグラウンドの $^{36}\text{Cl}/\text{Cl}$ 比を知るためには、少なくとも1年以上の観測が必要であり、より信頼性のある値を得るためにはさらに長期の観測が必要であることが示唆された。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕加速器質量分析法（AMS）、 ^{36}Cl 、トレーサー、地下水、滞留時間

〔研究題目〕本州中部日本海側山地の亜高山・高山域における最終氷期以降の植物群・環境変遷史

〔研究代表者〕植木 岳雪（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕植木 岳雪（常勤職員1名）

〔研究内容〕

今年度は3年計画の最終年にあたり、中部山岳地域における最終氷期の植生及び古環境と比較するために、関東平野の植物化石を産出する上部更新統の編年精度の向上を試みた。東京都西部の立川1面の構成と、茨城県南部の桜川の段丘堆積物の ^{14}C 年代測定を行ったが、予想される年代よりもかなり若い完新世の年代が得られ、それらの地層の編年精度の向上には失敗した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕植生、最終氷期、更新統、古環境

〔研究題目〕全国の教室に露頭を届ける「地質宅配便計画」

〔研究代表者〕植木 岳雪（地質情報研究部門）

〔研究担当者〕植木 岳雪（常勤職員1名）

〔研究内容〕

今年度は3年計画の2年目にあたり、地層のはぎ取り標本の授業での活用を目指して、日本地質学会の際に地層のはぎ取り標本の作製実習を含む学校教員向けの巡検の企画・運営を行った。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕地学教育、学校教育、地層、はぎ取り標本

〔研究題目〕宇宙線層序学の開拓

〔研究代表者〕堀内 一穂（弘前大学）

〔研究担当者〕小田 啓邦、山崎 俊嗣（地質情報研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

バイカル湖から得られたピストンコア（Ver96-2, St. 7）の高分解能古地磁気記録の整理を行い、Iceland Basin 地磁気エクスカージョン（ $\sim 188\text{ka}$ ）の記録について他のバイカルコアの公表データと比較検討を行った。比較に用いたのは、Acadmician Ridge で採取された

Ver98-1, St.6 (Oda et al., 2002) と CON01-603-2 (Demory et al., 2005) である。これら2つのコアから得られた VGP と Ver96-2, St.7の VGP は良く一致し、アフリカから南極をかすめてオーストラリア・アジアを通ることがわかった。また、メインのループの前に南への小さなスイングがあることがわかった。さらに、相対古地磁気強度についても比較を行ったが、細かい変動も含めてよく一致することがわかった。これらコアの横軸(年代モデル)についても検討を行ったが、異なるコアの結果を一致させようとする異なる年代モデルとの矛盾が明らかとなった。Demory et al. (2005) は相対古地磁気強度を北大西洋の相対古地磁気強度 (ODP Site 983/984; Channell, 1999) にあわせた。いっぽう、Oda et al. (2002) は密度変化 (X線 CT の CT 値) を BDP96 の biogenic silica を通して間接的に酸素同位体比変動曲線にあわせた (Williams et al. 1997)。本研究の暫定年代モデルでは、密度変化 (X線 CT の CT 値および biogenic silica) を BDP96 コアの biogenic silica を通して日照量変動 (insolation) で校正年代 (Prokopenko et al., 2006) に間接的にあわせている。相対古地磁気強度を用いた年代モデル (Demory et al., 2005) に対して、他の2つの年代モデルによる地磁気エクスカージョンの層準は1万年程度若くなる。このことは、バイカル湖における気候変動記録 (biogenic silica ; 珪藻) を、そこでの日照量変動と直接関連づけることに問題がある可能性を示唆する。

【分野名】地質

【キーワード】宇宙線生成核種、古地磁気強度、地磁気逆転、地磁気エクスカージョン

【研究題目】完新世における東アジア水循環変動とグローバルモンスーン

【研究代表者】多田 隆治 (東京大学)

【研究担当者】長島 佳菜 (JAMSTEC)、
内田 昌男 (国立環境研究所)、
木元 克典 (JAMSTEC)、
入野 智久 (北海道大学)、
板木 拓也 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他5名)

【研究内容】

本研究は、東アジア夏季モンスーンに伴う降水の強度および空間分布が、幾つかの特徴的時間スケールで、どの様に、どの程度変動したか、その究極的支配要因は何かを、海水準や二酸化炭素濃度等の境界条件が現在とほぼ同じになった完新世中期以降に的を絞って解明することを目的としている。平成23年度は、東シナ海で研究に供される海底コアを採取したほか、日本海から既に採取されているコアについて年代値の測定を実施した。今後、これらのコアを用いて、黒潮変動に関する研究を行い、東アジア夏季モンスーンとの関連性について検討する。

【分野名】地質

【キーワード】アジアモンスーン、水循環、古環境

【研究題目】音響機器・自律型水中環境観測ロボットによる潮汐卓越型海域の泥粒子堆積過程の解明

【研究代表者】秋元 和實 (熊本大学)

【研究担当者】七山 太 (地質情報研究部門)
(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

泥の沈殿-拡散-堆積に密接に関係する泥粒子の形態・密度など物理的特性の変化には多くの未解明な事象が存在する。これらの問題を解決するために、我々は音響機器および自律型水中環境モニタリングロボット (以下、AUV) による現地観測により、短時間に、高精度・高分解能で、かつ連続した泥粒子の挙動に関する情報を収集し、あわせて、泥粒子を直接分析して浮泥の実態を解明することを企画した。さらに、これと同時に泥質堆積物の柱状試料を海底から採取して、浮泥と泥層の泥粒子のファブリックや物性の相違を定量的に検討することを企画した。

平成23年度は、佐賀県大浦沖において音響による精密地形解析、過去の測量結果との比較および堆積速度資料による地形変遷解析を基に、諫早湾内外で、泥質堆積物の3次元分布を捉える探査実験を試みた。しかし大浦漁協との調整が難航し、結局浮泥が生産される洪水直後に現地調査を行うことが出来ず、ターゲットの浮泥層は上手く捕らえることが出来なかった。

【分野名】地質

【キーワード】浮泥、有明海、地球環境、自律型水中環境モニタリングロボット

【研究題目】隔測計測を活用した海底堆積ごみの面的分布の把握方法

【研究代表者】長尾 正之 (地質情報研究部門)

【研究担当者】長尾 正之、古島 靖夫、橋本 英資、
鈴木 淳 (常勤職員3名、他1名)

【研究内容】

海底ごみは、人目に触れることがあまりないが、漁業を妨げ、生態系環境を悪化させるなど多くの問題を持つ。生活起源と推定されるごみが海底ごみの大半を占めるが、その分布や発生・堆積・移動の過程には未知な部分が多いため。日常生活でのゴミのポイ捨てが原因で発生する海底ゴミは、底引き網漁業に被害を与え、海洋生態系に悪影響をおよぼす。しかし、日本沿岸域の海底ごみの実態は底引き網漁場内で主に研究されており、沿岸域全体の海底ゴミの実態はまだ明らかになっていない。そこで、様々な沿岸域に対応でき、十分な空間分解能を有し、野外調査に要する時間が少なく済む新しい調査方法が求められている。本研究では、音響を使った海底探査装置

を用いて、高解像度で広範囲な調査が可能な海底ごみのマッピングを可能とする研究を行う。

本年度は、岡山大学が科研費で導入した浅海域用ワイドバンドマルチビーム測深機を利用し、海底ごみ試験片を浅い海の海底におき、音響を利用した海底探査装置により試験撮影を行った。測深データから作成した水平解像度10cmの海底地形からは、人工物の形状が識別できた。以上の結果から、浅海域用ワイドバンドマルチビーム測深機は、特徴のある形状や十分な大きさを持つ日常生活で発生する海底ゴミを識別できる能力を有すると考えられた。

【分野名】地質

【キーワード】海底ごみ、海洋ごみ、浅海域、海底探査装置、ワイドバンドマルチビーム測深機

【研究題目】波浪卓越型デルタの堆積システムとその構造に関する研究：インド、ゴダバリデルタ

【研究代表者】齋藤 文紀（地質情報研究部門）

【研究担当者】齋藤 文紀（常勤職員1名）

【研究内容】

インド東部海岸のゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、波浪卓越型デルタの堆積相に関する研究を、アンドラ大学が採取したボーリングコアを用いて行った。ゴダバリデルタは世界でも有数の波浪卓越型デルタであり、デルタ平野には明瞭な浜堤列が発達している。これらの浜堤平野から採取したボーリングコアの堆積相解析と放射性炭素年代測定を行った結果、以下の事柄が明らかとなった。デルタフロントに相当する砂質な堆積物は約10mの層厚を有し、上部の砂礫質の堆積物と下部の細粒から極細粒砂の堆積物に分かれる。下部の堆積物は葉理の発達する粗粒シルトからなる堆積物に漸移し、更に泥層との互層を経て、泥層に変化し、全体としては上方粗粒化、上方厚層化のサクセッションからなる。堆積速度分布を見ると、シルト層との砂泥互層から上位は様に堆積速度が大きく、下部の均質また生物擾乱の発達した泥層は堆積速度が小さく、両者は大きく異なる。従来砂泥互層の層相はプロデルタと解釈されてきたが、層相の連続性や堆積速度を考えると、デルタフロントの一部と解釈するのが妥当であることが判明した。これは泥を大量に運搬する大河川における波浪卓越型デルタの特徴を表しているものと考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】インド、ゴダバリデルタ、デルタ、環境変動、完新世

【研究題目】ナノ・ゴールドの探索～探査・採鉱・選鉱製錬への貢献

【研究代表者】森下 祐一（地質情報研究部門）

【研究担当者】森下 祐一（常勤職員1名、他3名）

【研究内容】

金の世界的な需要は今後とも高水準で推移すると考えられ、未利用鉱物、特に硫化鉱物中に潜在するいわゆるinvisible goldや低品位鉱物の効果的な処理による金回収の必要性が急速に高まっている。本研究では、「見えない金」を、大型二次イオン質量分析装置（SIMS）を用いて高感度で定量分析し、金の存在状態を解明することを目的とする。

鹿児島県北薩地域の菱刈鉱山および南薩地域の春日・岩戸・赤石鉱山のすべての鉱床に共通する主な硫化鉱物は黄鉄鉱であり、本研究では黄鉄鉱中のナノ・ゴールドの探索を行った。本年度は四万十帯の一員である川辺層群を基盤とし、中新世後期から鮮新世前期の南薩層群を母岩として珪化岩体が多く存在する南薩地域の春日鉱山、岩戸鉱山、赤石鉱山から採取した鉱石の黄鉄鉱中の金を定量分析した。金含有量の高い（1～10ppm）黄鉄鉱と、金含有量が低く（0.1～0.5ppm）金ナノ粒子が見られる黄鉄鉱を確認した。量的には金品位の低い黄鉄鉱の方が多い。このように南薩地域の3つの金鉱山から採取した黄鉄鉱にはいずれも金が含まれている。その濃度は3鉱床ともばらつきがあり、金濃度の高い黄鉄鉱を特徴的に示す要素はまだ明らかになっていないが、粒径の大きな黄鉄鉱は概して金濃度が低い。

【分野名】地質

【キーワード】二次イオン質量分析装置、SIMS、金鉱床、菱刈鉱山、春日鉱山、岩戸鉱山、赤石鉱山

【研究題目】小規模噴出物に基づく八ヶ岳火山の完新世噴火史研究

【研究代表者】大石 雅之（地質情報研究部門）

【研究担当者】大石 雅之（他1名）

【研究内容】

完新世の火山活動に関する研究成果の乏しかった八ヶ岳火山において、噴出物、特に火砕物について、野外での地質調査に基づく記載を行い、また炭素14（AMS）年代測定により堆積年代を求めた。

八ヶ岳火山中～北部の、麦草峠から中山峠にかけての地域、および最北部の双子山周辺において野外調査を行ったところ、多数の地点で、地表に近い層準に、厚さ数センチ程度の白色のシルトサイズ粒子からなる堆積物が認められた。これらを室内に持ち帰り実体顕微鏡観察を行ったところ、ガラス質岩片および石質岩片からなり、水蒸気爆発等の小規模噴火による噴出物と推定された。その分布はニュー～稲子岳の線状凹地付近に向かって厚くなる傾向が認められた。さらに当該堆積物の直下の森林土壌を用いて炭素14年代測定を行ったところ、暦年較正年代で西暦800年代と、同1400年前後の大きく2種類の年代が得られた。これらのことから、少なくとも9世紀

または15世紀、もしくはその2回、稲子岳付近を火口とする小規模な噴火があった可能性があることが明らかになった。本地域は西暦887年または888年に大規模な山体崩壊が発生した時の崩壊源であり、その崩壊の誘因は現在のところ大規模地震による強震とされているが、水蒸気爆発等の噴火がトリガーになっている可能性も否定できないことが明らかになった。

【分野名】地質

【キーワード】火山、八ヶ岳、完新世噴火、火山灰、AMS年代測定

【研究題目】マグマの脱ガス及び結晶化の定量評価に基づく噴火過程解析

【研究代表者】篠原 宏志（地質情報研究部門）

【研究担当者】篠原 宏志、Nicolas VINET
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

火山灰など火山噴出物の形態・組織・化学組成等の分析解析に基づき、噴火に至るマグマの上昇・減圧・脱ガス・結晶化過程を評価し、噴火過程の解析を行った。霧島山新燃岳では2011年1月26日にサブプリニー式噴火を開始し、火口内への溶岩流出を経て、ブルカノ式噴火を繰り返す活動に推移した。これらの噴火により放出された火山灰の結晶サイズ分布（CSD）の測定を行い、異なる噴火様式でのマグマの結晶化過程の時間的推移の違いの評価を行った。新燃岳の噴火ではサブプリニー式噴火でもブルカノ式噴火でも、発泡粒子から石質粒子まで同様の構成粒子からなる火山灰が噴出している事が明らかにされている。噴火の様式が異なっても同様の形状の構成粒子では、結晶サイズ分布も同様である事が明らかとなった。また結晶サイズ分布からマグマの結晶化は二段階で進行していたことが推定された。

【分野名】地質

【キーワード】火山、噴火、火山ガス、噴煙、活動推移

【研究題目】クリシュナ・ゴダバリデルタの自然システム機能に基づく環境解析

【研究代表者】齋藤 文紀（地質情報研究部門）

【研究担当者】齋藤 文紀（常勤職員1名）

【研究内容】

インド東部海岸のクリシュナデルタとゴダバリデルタについて、アンドラ大学のナゲシュワラ・ラオ教授と共同で、デルタの発達史から見た自然システム機能の把握を試みた。用いたデータと解析は、SRTMの強度画像による表層微地形の解析、アンドラ大学で採取したボーリングコアの堆積相解析と放射性炭素年代測定による解析である。ゴダバリデルタについてこれらのデータを総合的に解析した結果、従来出されていたデルタの成長モデルでは地形や発達史が説明できなく、新たな成長モデルを構築する必要があることが判明した。ゴダバリデル

タは、扇状地の末端に形成された扇状地デルタであり、扇状地を反映して河道が頻繁に変化している。これらの変化とデルタの成長は直に連関しており、微地形とボーリングコアの解析の結果、新たな成長モデルを構築することができた。これによると、デルタの成長は大きく2つのステージに区分され、現在は第2ステージの後期に位置づけられた。また現在は最も沿岸侵食が卓越する時期にも対応しており、このことが近年の沿岸侵食を助長していることが示唆された。

【分野名】地質

【キーワード】インド、ゴダバリデルタ、クリシュナデルタ、デルタ、環境変動、完新世

【研究題目】火山災害軽減のための次世代高精度火山重力流シミュレーションシステムの研究

【研究代表者】宝田 晋治（地質情報研究部門）

【研究担当者】宝田 晋治、Laurence Girolami
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

本研究では、日本の主要火山において、リスク評価マップ（ハザードマップ）を作成するための、次世代火山重力流シミュレーションシステムの構築を行う。TITAN2D等の数値シミュレーションを行い、日本の代表的な火山のリスク評価を実施する。火砕流の発生から堆積まで一連の噴火現象の数値シミュレーションを行う。その際、地形の変化による火砕サージ発生現象のシミュレーションを試みる。さらに、火山分野ではほとんど実施されていない確率的噴火予測システムを開発し、ある噴火現象が何年以内にある地点に到達する確率を評価できる次世代型高精度リスク評価システムを構築する。

研究を開始した2012年1月からの3ヶ月間では、野外データ取得のため、長崎県雲仙火山1991-95年火砕流を対象に、詳細な現地調査を実施した。1991年6月3日、6月8日、9月15日の堆積物を対象に、火砕流堆積物、火砕サージ堆積物の現地調査、サンプリングを行った。堆積物の粒度分析等を実施し、火砕流本体からの火砕サージの分離機構の検討を実施した。また、室内における粒子流実験で撮影した高速度カメラの画像解析を行い、数値シミュレーションを行うための基礎となる、火砕流内部の粒子の挙動解析を実施した。

【分野名】地質

【キーワード】火山、災害、次世代、重力流、火砕流、シミュレーション、リスク評価

【研究題目】小型遠心ポンプを用いた可搬型除水システムの開発

【研究代表者】山根 隆志（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】山根 隆志、丸山 修、西田 正浩、小阪 亮（常勤職員4名、他1名）

〔研究内容〕

心不全のために心血管系に水が貯留し、緊急に除水が必要とするうっ血性心不全患者や溢水となり緊急に除水が必要とする透析患者から、簡便かつ安全に除水する可搬型除水システムを、新規開発することが目的である。小型遠心ポンプ、及び末梢静脈へのバスキュラーアクセス（カテーテル）を用いた、体外循環血液ろ過装置を開発するため、本研究では、血液を循環させるための遠心ポンプの開発と、ろ過により除水を行う膜モジュールの選択を目標としている。本装置の開発により、現在は透析施設の備わった病院でしか治療できなかった症例に対して、透析施設の伴わない一般病院においても、血液浄化を安全に施行することを可能にする効果をもたらす。さらに本装置は大災害において、透析施設が機能不全に陥った場合に、簡易血液浄化装置としても役立つものである。

今年度は、羽根直径30mm、ポンプ外径70mm、出入口内径3.4mm、モータ厚さ8mmの遠心ポンプ（名称DP2）を試作し、性能試験と溶血試験を実施した。性能試験では回転数1500rpmで圧力30mmHgが達成できることが確認された。溶血試験では、クエン酸を添加したウシの1日保存血500mLをポンプ回路に充填し、4時間37℃に維持した。その結果、流量50mL/min、回転数1500rpmのポンプ条件で、DP2ポンプでは、血漿中遊離ヘモグロビン量が77.3mg/hとなり、市販体外循環ポンプBPX80（ポンプ条件200mmHg、4L/min）での290mg/hの約1/4の値と、良好な成績をおさめた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 血液透析、除水装置、遠心ポンプ、溶血、血栓

〔研究題目〕 前頭葉からのトップダウン・コントロールに関わる脳外ネットワーク機能の解明

〔研究代表者〕 熊田 孝恒（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 熊田 孝恒、岩木 直（健康工学研究部門）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、前頭葉から他の皮質部位に対するトップダウン・コントロールに関わるネットワーク機能を解明することである。そのために、脳腫瘍患者の協力を得て、脳腫瘍患者の皮質間連絡線維の損傷の程度と、同時期に実施する認知課題の成績を比較することによって、課題遂行に関連する皮質間連絡線維を特定する。また、特定の皮質間連絡線維のみが損傷されている患者の課題遂行時の脳波の部位間の位相同期を調べることにより、部位間ネットワークの機能を解明する。

本年度は、課題要求に応じた刺激反応マッピングの「選択」、(2) 課題構えの「切り替え」、(3) 課題構えの「持続」の3つの過程を想定した課題を設計し、健

常者を対象とした実験を実施しデータを得た。この結果から、反応マッピングの選択が課題構えの切り替えとは独立のメカニズムが関与している可能性が明らかになった。また、昨年度に引き続き、脳損傷患者に対して注意実験を実施しデータの収集に努めた。本データ収集の過程で、後頭葉から頭頂葉の部位を損傷した患者において、注意のトップダウン・コントロールに選択的に障害が見られる症例を見いだした。そこで、この症例に対して詳細な検討を行うとともに、類似症例のデータ収集を行い、損傷部位の特異性に関する解析を行ったところ、トップダウンのコントロールと後頭葉から頭頂葉に至る神経線維の損傷と関係している可能性が示された。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 注意機能、脳機能評価

〔研究題目〕 顔および社会的情報が関わる場面での注意制御とそのメタ認知

〔研究代表者〕 河原 純一郎（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

〔研究担当者〕 河原 純一郎（常勤職員1名）

〔研究内容〕

平成23年度は、心理物理実験を用いて顔などの社会的情報価の高い刺激を広い範囲でテストした。基本的な現象を発生させる条件を特定し、その事態でメタ認知の測定を行うことを目的とした。具体的には、これまで申請者は予備実験として Folk, Leber, & Egeth (2002) と類似した実験事態において、非空間属性による注意制御の不全が生じることを確認している。そこで、以下の実験要因を操作した。顔刺激が存在するために本来無視できた妨害刺激が標的の同定成績を低下させる要因の特定するために、色や形状といった非空間的による知覚的構えに依存して妨害刺激が無視できたり、注意捕捉を生じてしまうという基礎的データに基づき、それらの妨害刺激に随伴させる顔などの社会性が関わる刺激の追加効果の有無を検討した。基本課題は画面中央に提示された高速逐次視覚呈示系列の中から標的刺激（赤色の文字）を同定することであった。このとき、以下の3つの実験・調査を行った。a) 注意捕捉のメタ認知：顔そのものの存在が注意捕捉を起こすと思うかのメタ認知測定。b) 顔そのものの存在：妨害刺激枠内に顔画像を呈示する。c) 性別・表情で唯一異なる画像：環境ベースの注意捕捉説に基づけば、他と異なる逸脱値刺激（いわゆる”仲間外れ”）は注意捕捉を生じる。一方、課題ベース説はそのような刺激が注意捕捉するのは課題依存という対立する予測が成り立つため、両仮説の対比が可能になる。

実験1で a) について検証したところ、約70%の被験者（N=50）が顔画像そのものの存在は注意捕捉を起こすというメタ認知をしていた。認知科学研究に携わる被験者（N=51）でもほぼ同様の結果であった。b) で実際に注意捕捉実験を行った結果、顔画像そのものは注意捕捉

を全く引き起こさなかった。c)の手続きでも、顔は注意捕捉を引き起こさなかった。この結果は、注意選択は社会的文脈では重要とされる顔刺激にも影響を受けず、強い選択性を持つことが分かった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 顔知覚、注意

【研究題目】 認知バイアスが妨害情報処理に及ぼす効果の解明

【研究代表者】 澤木 梨沙 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 澤木 梨沙 (他1名)

【研究内容】

視覚的注意の代表的な理論の一つである The biased competition theory は、視覚的ワーキングメモリと一致する情報は注意を自動的に惹き付けると提唱してきた。しかしながら、先行研究にはそれを支持する結果と支持しない結果が混在している。一つの可能性として、このワーキングメモリによる注意バイアスは自動的に生じるが、それに伴う注意捕捉はトップダウン的に制御可能なかもしれない。この仮説を検証するために、注意の抑制制御の指標である事象関連脳電位の Pd 成分を用いた実験を行った。実験では、被験者がワーキングメモリに特定の色を保持している間に課題非関連なプローブ刺激を呈示した。そのプローブ刺激の一つはワーキングメモリに保持している色と一致した。結果から、ワーキングメモリと一致するプローブ刺激は Pd 成分を惹起することが示された。これはワーキングメモリと一致する入力情報は脳により自動的に検出されるが、課題非関連な妨害情報への注意捕捉を防ぐために、トップダウン的に注意抑制させることを示唆する。また、注意を向けられた位置では知覚が促進されることは知られているが、その後知覚の促進は抑制メカニズムによりトップダウン的にリセットされるのか、単に自動的にフェードアウトするののかは明らかになっていない。この問題を解明するため、事象関連脳電位を用いた実験を行った。被験者はディスプレイに呈示された標的刺激を探し、ボタン反応を行った。注意定位を反映する N2pc 成分、知覚促進を反映する P1成分、注意の抑制制御を反映する Pd 成分の結果から、標的刺激には瞬時に注意が向けられ、知覚が促進された後、抑制メカニズムにより知覚の促進がトップダウン的に打ち切られリセットされることが明らかとなった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 注意機能、ワーキングメモリ、脳波

【研究題目】 認知資源の個人差と急性ストレス

【研究代表者】 河原 純一郎 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 河原 純一郎 (常勤職員1名)

【研究内容】

従来、ストレスは注意資源を消費するため、課題関連刺激のみに注意が集中することで、選択的注意を向上させるといわれてきた。知覚負荷もまた注意資源を消費するため、知覚負荷が高いときに選択的注意は向上し、低いときに悪化するとされてきた。しかし、ストレスと知覚負荷を同時に扱った研究は極めて少なく、ストレスと知覚負荷がともに注意資源を消費するのであれば、両者が個別に注意資源に対して影響するのか、両者が交互作用を起こすのかは明確にはされていない。Braunstein-Bercovitz (2003) は、ストレスと知覚負荷の両方が高いときは、選択的注意が悪化すると報告している。しかし、この報告はストレスが注意に及ぼす効果ではなく、記憶に及ぼす側面を反映している可能性がある。そこで、本研究では、典型的な干渉課題を用いてストレスと知覚負荷が選択的注意に与える影響を検討した。フランカ干渉課題と急性ストレス操作実験の結果、ストレスと知覚負荷のどちらか一方が高い場合には干渉量が少なく、両者が高い場合には干渉量が多くなることが示された。この結果は、共通の注意資源がストレスによっても、知覚負荷によっても剥奪を受けること、適度な注意資源が残っていれば却って干渉を生じにくくなることを示唆している。また、過剰な資源剥奪を受けると、標的弁別そのものに向ける注意資源が枯渇し、課題成績が低下することを示唆している。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ストレス、知覚負荷

【研究題目】 顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムの解明

【研究代表者】 菅生 康子 (ヒューマンライフテクノロジー研究部門)

【研究担当者】 菅生 康子、松本 有央
(常勤職員2名)

【研究内容】

我々は、顔を視覚刺激とした実験で、サル下側頭皮質の単一ニューロンが、まず大まかな分類情報(ヒトかサルか図形か)を処理し、それから詳細な分類情報(個体や表情)を処理していることを明らかにしてきた。本研究では、下側頭皮質での顔画像の階層的情報処理の脳内メカニズムを解明することを目的とする。

モデル神経回路を用いたシミュレーションでは、視覚刺激の画像情報を低下させた場合、後期の持続的な応答の部分で刺激画像選択性が低下し、その結果、大まかな分類情報は保たれるが詳細な分類情報の量が低下することが予測されている。また、心理学的研究により、顔を倒立呈示すると個体同定等の精度が低下することが知られている。そこで、顔の情報を低下させる処理として顔を倒立して呈示する方法を用いた。複数の個体と表情からなるヒトとサルの顔画像を正立あるいは倒立の状態

400ミリ秒間呈示し、2頭のアカゲザルの下側頭皮質からニューロン活動を記録した。情報量解析を行った結果、大まかな分類と詳細な分類ともに情報量が低下したが、後期の持続的な応答が関連する詳細な分類情報のほうがより少なくなった。この結果は、後期の持続的な応答が顔情報を低下させる操作でより影響を受けることを示している。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】顔情報処理、側頭葉、ニューロン

【研究題目】半定値四次形式の比の和で表される関数の最適化とその幾何学

【研究代表者】藤木 淳（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】藤木 淳、赤穂 昭太郎
（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究の目的は大域的最適解を完全に保証する形で凸関数とは限らない半正值同次型4次形式の比の和で表される関数の最適化を実現することである。そのためにまず半正值同次型4次形式及びこれに対応する同次型4次曲線・曲面の極値問題について考察する。この際、既に行なわれている4次曲線・曲面の位相的分類では最適化には不十分であるため、凹凸に基づいた形状分類を行なうことによって同次型4次曲線・曲面の極値問題を解決することによって考えるべき大域的最適解の保証への足掛かりとする。またこれと同時に、計算コストが高く定式化が複雑ではあるが多くの場合に大域的最適解を与える半定値計画緩和による多項式最適化の幾何学を明らかにすることによって提案手法が大域的最適解を完全に保証することも明らかにする。

平成23年度は2変数同次型4次曲線の全ての極大値・極小値を求める手法について研究した。代数多項式関数の最適化については、グレブナ基底を用いることによって求めることが可能であることを突き止めたため、グレブナ基底について調査を行ない、今後の研究の方向性を掴むことができた。次にレイリー商の和で表現される評価関数の最適化の幾何学の構築についてであるが、このレイリー商の和で表現される評価関数はコンピュータビジョンにおいて数多く登場する形式の評価関数であるため、その幾何学の構築は急務である。これについては、半定値緩和を用いた実験的な検証を行い、最適化の幾何学を構築するための基礎的な考察を行った。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】代数多項式、最適化、幾何学

【研究題目】低エネルギーX線による金ナノ粒子活性化とエネルギー伝達機構に関する研究

【研究代表者】三澤 雅樹（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】三澤 雅樹、高橋 淳子
（常勤職員2名）

【研究内容】

腫瘍細胞の標的部位に集積する機能を付与した金ナノ粒子を X 線治療増感剤として用いることで、深部・大容積のがん治療に役立つ X 線光線力学的治療（XPDT）を提案した。H23は1) X 線エネルギー伝達計測、2) エネルギー変換メカニズム解析、3) 活性酸素種発生量計測を行った。また、H24に予定していた4) 腫瘍集積性のバイオコンジュゲート合成、5) *in vitro* 腫瘍細胞影響評価に加え、6) *in vivo* の予備実験を前倒して実施した。その結果、以下の結果が得られた。

- エネルギー変換メカニズムと活性酸素種の測定
金ナノ粒子によって吸収された X 線の一部は、光電効果により電子を発生させ、周囲の酸素を還元し、反応性の高い活性酸素を発生する。その結果、一重項酸素、スーパーオキシド、ヒドロキシルラジカルが発生していることがわかった。

- バイオコンジュゲート合成

腫瘍集積性を高めるために、腫瘍細胞に高発現するトランスフェリン、EGFR、TRAL など修飾したカチオン性脂質やリポソームを用い、細胞内に金ナノ粒子複合体を導入した。一次抗体として、ミトコンドリア等に高発現している VDAC1、COX4 を結合させ、金ナノ粒子をミトコンドリア近傍に送達する複合体を合成した。

- *in vitro* および *in vivo* 腫瘍細胞影響評価

合成した金ナノ粒子複合体を、HeLa 細胞に投与し、X 線照射下で生存率を調べた結果、15Gy の X 線照射下で1.4nm の金ナノ粒子複合体投与群で、有意に細胞生存率が低下した。*in vivo* では B16の黒色メラノーマ担がんマウスに投与し、30Gy の X 線照射下で、金ナノ粒子投与群で、腫瘍体積増加率が有意に減少することを確認した。

以上のことから、金ナノ粒子複合体が X 線治療の増感剤として有効であり、XPDT の確立に必要な X 線条件および細胞内送達方法等の基本要件が明らかになった。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】X線増感剤、金ナノ粒子、活性酸素

【研究題目】LCA に基づく金融商品の環境パフォーマンス定量化手法の開発と活用のための制度設計

【研究代表者】本田 智則（安全科学研究部門）

【研究担当者】本田 智則、岸本 充生、田原 聖隆、柴 義則、若松 弘子
（常勤職員3名、他2名）

【研究内容】

目標：

経済基盤を支えている金融業、特に投資市場に着目し、

環境負荷削減を効率的に行える企業に対して投資を誘導することで、環境負荷削減、企業の経済的インセンティブ、投資家利益を同時に満たす新たな環境投資指標を開発し、この指標を活用して環境負荷削減に資する制度の提案を行うことを目的とする。

研究計画：

工学的手法である LCA (Life cycle assessment) 手法を応用し、SRI ファンドの環境負荷削減効果を定量的に評価する。これによって、投資市場を活用した環境負荷削減の実現可能性を評価し、株価・企業財務の形成に対する環境パフォーマンスの影響メカニズムを解明する。最終的に、投資市場のニーズを満たしつつ環境負荷削減が可能な環境投資制度の提案を行う。

研究状況：

LCA に基づく SRI ファンドの環境パフォーマンス手法を開発し、国内全ファンドを対象とした環境パフォーマンス評価を実施した。その結果、既存 SRI ファンドが必ずしも環境負荷低減には寄与できていない可能性が示唆された。市場メカニズムの解明に向けて、実験室内に仮想市場を形成し経済実験を行い、投資家の環境情報に対する基礎的知見を得た。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】投資、金融、証券、株式、社会的責任投資、企業の社会的責任、ライフサイクルアセスメント、経済実験

【研究題目】幾何学的フラストレート系におけるスピン励起と格子振動の中性子非弾性散乱研究

【研究代表者】池田 伸一（電子光技術研究部門）

【研究担当者】池田 伸一、原 茂生
（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

複数のスピネル酸化物について、常磁性相と磁気秩序相におけるスピン励起状態の中性子非弾性散乱研究を行い、以下の成果を得た。

- (1) 幾何学的フラストレーション特徴づける素励起（準粒子）として、多様な分子型空間相関を持つ磁気励起（スピン分子やスピン軌道分子）を発見することに成功した。スピン分子は、少なくとも軌道自由度の無いパイロクロア格子では、かなり普遍的に存在する。
- (2) スピン分子の型の多様性は、系内の交換相互作用の競合だけでなく、同じ距離の交換相互作用のパスの微妙な差異にも由来する。
- (3) このような型の多様性の一方で、すべてのスピン分子はコリニアな相関だけで構成されているという共通性を持つ。これはコリニア性を増強する相互作用、例えばスピン格子結合や高次の多体交換相互作用、が分子形成に密接に関わることを強く示唆するものである。

る。

さらに、超音波測定を併用することにより、スピン分子と格子の強い結合を示す弾性定数のソフトニングを観測することにも成功した。この結果は、スピン分子の起源や、オービトンやポーラロンとどのような関係にあるのかといった将来に課題にも端緒を開くものと期待される。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】単結晶、中性子散乱、スピンプラストレーション

【研究題目】究極のナノスクイッドの開発とデバイス展開

【研究代表者】柏谷 聡（電子光技術研究部門）

【研究担当者】柏谷 聡、柏谷 裕美（計測フロンティア研究部門）（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究は、単一スピンの量子状態が検出可能な究極のナノスクイッド（超伝導磁束量子干渉計 (Superconducting Quantum Interference Device: SQUID)）の開発を一つの目標とする。1 スピン検出が数の極限ならば、時間的な限界として200MHz 以上のスクイッド動作を開発し、光誘起された少数スピン系の時間的緩和過程の解明も行う。またナノスクイッドにより微小超伝導体の局所状態の計測を行うことにより、従来知られていなかった超伝導体のナノスケールでの物理、量子状態の解明を行う。

研究の進捗状況

収束イオンビームプロセスにより作製された、Nb 系ナノスクイッドの臨界電流を決めるファクターを決定するために、スリット部の角度を各種変化させた素子を作製し評価した。その結果、スリット角度に臨界電流の変化は明確な応答はしなかったが、磁場に対するモジュレーション率が向上するという結果を得た。これはジョセフソン接合の電流一位相関係に基づく変化であることを確かめ、ナノスクイッドの磁場感度の向上に成功した。また東京理科大高柳研究室との共同研究により、ナノスクイッド上にミクロン程度の微小超伝導結晶を固定する技術を開発し、実際に2-3ミクロン程度の微小結晶を SQUID ループ内に固定し、局所磁束状態の応答を得ることに成功した。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】ナノスクイッド、局所磁場計測、量子状態

【研究題目】金属資源利用・散逸時間経路及びその温暖化ガス排出の廃棄物産業連関分析

【研究代表者】工藤 祐揮（安全科学研究部門）

【研究担当者】工藤 祐揮（常勤職員1名）

〔研究内容〕

温暖化対策と金属資源の安定供給は喫緊の課題である。前者対応技術は多くの場合に合金元素として希少金属資源を必要とするから、両者は同時に考慮されるべきである。一方、廃棄段階では多様な金属材料の混合により二次金属資源（スクラップ）の汚染・品質低下が生じている。その結果、希少合金元素の散逸のみならず、希釈のため追加的に一次金属が使用され、温暖化・資源枯渇に拍車を掛けている。持続可能な金属資源管理には、製品ライフサイクル・リサイクル・処理・処分を巡る金属材料の異時点間フローとその決定因を同定し、スクラップ汚染・品質低下を回避する事が求められている。これに資するために、これまで開発してきた多元多部門マテリアルフローモデルを元に、詳細な部門分類と製錬熱力学を含む精緻な技術情報を用い、金属材料の利用・散逸についての時間経路を説明する一般的数理モデルを開発する。代表的金属系耐久財である自動車を対象とし、その構成金属材料の利用・散逸時間経路と易分解技術などの関係を解明する。

平成23年度は、乗用車保有台数・新車販売台数・廃棄台数と、産業連関モデルを組み合わせた自動車代謝モデルの枠組みを完成させるとともに、今後の導入が期待される各種次世代自動車製造段階のインベントリデータ、使用済み自動車の処理・スクラップ回収の状況を反映させ、自動車の金属資源利用・散逸経路の将来的な展望に関する基礎的な検討を行った。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 金属資源利用、温暖化対策、散逸時間経路、自動車、産業連関モデル

〔研究題目〕 酵素阻害反応を用いた有機リン化合物放散量測定器の開発

〔研究代表者〕 篠原 直秀（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 篠原 直秀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

有機リン化合物の毒性メカニズムである酵素阻害反応を利用し、呈色により視覚的に有機リン化合物の放散量を把握できる測定器を開発することを目標とした。そのための、有機リン化合物放散量を測定するための PFS 捕集測定法と既存のマイクロチャンバー法との比較試験を行い、放散量測定方法の最適化を行った。

研究進捗状況：

既存手法との比較試験として、研究報告例の多いフタル酸エステル（DEHP）を対象とし、2種類の塩ビフローリングから放散される DEHP の放散速度を PFS による捕集測定とマイクロチャンバー法を用いて求め、両測定値の比較を行った。PFS で測定した DEHP の放散量は拡散長の逆数に比例し、サンプリング時間に比例した。2種類のフローリング材からの放散量の比は1.33となり、

マイクロチャンバー法で測定した放散量の比（1.34）と一致した結果が得られた。呈色方法としては、基質をブチリルチオコリン、酵素をコリンエステラーゼ、呈色剤を DTNB とし、5%エタノールにより濾紙から有機リン化合物を抽出後に発色させることとした。添加回収試験の結果、回収率は約90%であった。呈色試薬の定量下限は、吸光度測定の場合 0.03mg/mL、目視の場合 0.22mg/mL であった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 有機リン化合物、放散量、Passive 法、比色分析、酵素阻害反応

〔研究題目〕 時間反転対称性を破る超伝導体の新奇界面現象

〔研究代表者〕 柏谷 聡（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕 柏谷 聡、柏谷 裕美（計測フロンティア研究部門）、齋藤 広大（電子光研究部門）（常勤職員2名、他1名）

〔研究内容〕

本研究の目的は、対称性の破れた量子凝縮系でしばしば発現する、トポロジカルに特徴付けられる量子現象を分野横断的に研究することで、「トポロジカル量子現象」としての普遍概念を創出し、新たな学術領域を形成することである。具体的にはスピン3重項伝導体である Sr_2RuO_4 や金属/強磁性体界面で起こる、トポロジーを起源とするエッジ状態の形成、奇周波数超伝導ペアの形成、自発電流の観測などの観測を行い、これらの現象に共通に見いだされる物理の解明を行う。

研究の進捗状況

カイラル p 波超伝導体であることが強く示唆されている Sr_2RuO_4 を対象として、単結晶試料より、その場劈開法を用いて高品質なトンネル接合の作製を行い、その輸送特性を精密に計測した。得られたトンネルスペクトルは超伝導ギャップ内にドーム状のコンダクタンスピークを有し、通常の金属超伝導体のギャップ構造とは全く異なるエッジ状態の形成を示唆している。拡張 BTK 理論に基づく解析を行うことにより、ドーム状のピークはトポロジーを起源とする界面状態、であるカイラルエッジ状態の形成に対応することを確認した。これにより Sr_2RuO_4 がトポロジカルに非自明な、トポロジカル超伝導体であることが初めて確認された。

〔分野名〕 情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕 トンネル分光、トポロジカル量子現象、トポロジカル超伝導、エッジ状態

〔研究題目〕 住宅の Dampness に起因する健康影響に対するリスク評価

〔研究代表者〕 篠原 直秀（安全科学研究部門）

〔研究担当者〕 篠原 直秀（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

寒冷地、蒸暑地域の住宅を対象とした室内温湿度及び空気質（真菌、アレルゲン、化学物質（カルボニル類・VOC類））に関する実測調査を実施し（N=48）、ダンプネスの定義の検証ならびに診断手法の開発に資するデータの蓄積を目的とした。

研究進捗状況：

調査期間中の温湿度は、夏期では60～80%RH、秋期及び冬期では40～80%RHの範囲に分布していた。真菌濃度については、PDA培地よりDG18培地の結果で高い傾向がみられ、平均値は概ね500～1000CFU/m³の範囲であった。ダニアレルゲン Der p1は、約半数の住宅で感作の閾値（2μg/g dust）を超えており、発症の閾値（10μg/g dust）を超えた住宅も約10%みられた。Der f1は Der p1よりも低い傾向にあるが、感作の閾値を超えた住宅が全体の約3分の1、発症の閾値を超えた住宅は約10%であった。カルボニル類の濃度は、居間よりも寝室で高い傾向がみられた。アセトアルデヒドでは9件の住宅で指針値を超過していた。トルエン及びp-ジクロロベンゼンは、他の物質と比較して濃度が高く、厚生労働省による室内濃度指針値を超えた住宅は、トルエンで3件、p-ジクロロベンゼンで4件であった。

〔分野名〕環境・エネルギー

〔キーワード〕住宅、湿度、カビ、健康影響、リスク評価

〔研究題目〕深部地下圏を模擬した高圧条件下における生物的メタン生成過程の解明

〔研究代表者〕坂田 将（地圏資源環境研究部門）

〔研究担当者〕坂田 将、吉岡 秀佳、鎌形 洋一（生物プロセス研究部門）（常勤職員3名）

〔研究内容〕

本研究では、常圧または高圧条件で、メタン生成菌を単独培養または細菌と共生培養することにより、深部地下圏における生物的メタン生成過程の解明に貢献する。

本年度は、生物的メタン生成に伴う炭素と水素の同位体分別に関する研究を進めた。水素資化性メタン生成菌を常圧、及び海底深部地下を模擬する高圧の条件で培養し、基質は水素+二酸化炭素、ギ酸、及び酢酸を使用し、酢酸基質の場合は酢酸酸化細菌との共生系で培養した。基質の濃度が同位体分別に与える影響について検討を行った。また培地に含まれる酢酸やプロピオン酸をGC-FIDで定量し、GC-C-IRMSで炭素同位体分析を行うための試料調製法、GCの分析条件の検討を行った。試料調製法に関しては、培地を凍結乾燥後、ギ酸酸性のプロパノール溶液にすることとし、GCの分析条件に関しては、スプリットレス注入法でFFAPカラムを用いることにより、目的有機酸が高い感度で測定できることが明らかとなった。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕メタン生成、同位体分別、水素資化メタン生成菌、酢酸酸化細菌、酢酸、ギ酸、圧力

〔研究題目〕先端光源を融合した超高分解能赤外分子分光計の開発

〔研究代表者〕稲場 肇（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕稲場 肇、洪 鋒雷、保坂 一元（常勤職員3名）

〔研究内容〕

波長3 μm帯には、吸収強度の大きなNH、CH、OHなどの水素化物の吸収があり、この波長域の超高分解能高精度分光研究は分子の基礎科学に大きく貢献している。また、その遷移周波数は分子種毎に異なり、非破壊で遠隔検知が可能であり、分析化学、大気化学、天文学、医療まで様々な科学技術分野に応用されている。波長3 μm帯の分光計測には通常フーリエ変換赤外分光法（FTIR）が使われ、そのスペクトル分解能は約100 MHzである。一方、レーザを用いるとこれより高い分解能が得られるので、FTIRでは重なって観察されていた吸収線が分離され、スペクトルの同定や微弱な分子内相互作用を知ることができる。

本研究の目的は、高効率な波長変換デバイスである光導波路型PPLN、および光周波数の高精度な物差しである光周波数コム（光コム）の2つの光源技術と、光共振器吸収セルによる超高分解能・高感度検出技術を融合させることにより、従来のフーリエ変換赤外分光法をはるかに凌ぐスペクトル分解能10 kHzをもつ波長3 μm帯の分光計を開発することである。さらに、試作した装置を環境分野におけるアイソトープ分子種存在比の定量計測に応用し、装置開発にフィードバックするとともに、装置の有効性・実用性等について評価、実証する。

平成23年度、産総研では、本研究の中核研究機関である慶應大学が線幅の狭い波長3 μm帯レーザ光を発生させるために必要な光コムの開発を行った。光コムを2台製作し、共通の波長1064 nmレーザに光コムを高速に同期させた上で2台の光コム間のビート信号のスペクトル線幅を観察した結果、測定器の分解能である30 MHzであった。このことから、この光コムが10 kHz程度の線幅の3 μm帯光発生に十分な性能を持つことがわかった。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕光周波数コム、分子分光、分子分光計、スペクトル分解能、スペクトル線幅、波長3 μm帯

〔研究題目〕多元環境下の新しい量子物質相の研究

〔研究代表者〕伊豫 彰（電子光技術研究部門）

〔研究担当者〕伊豫 彰、P.M. Shirage

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

鉄系超伝導体は、2008年に日本で発見された物質である。その報告直後から世界中で集中的に研究が行われた。その結果、鉄系は銅酸化物に次ぐ高い超伝導転移温度 ($T_c \sim 55\text{K}$) を示すこと、銅酸化物に匹敵する程パラエティニーに富む超伝導物質群が存在することなどが明らかとなった。現在でも物質探索や超伝導メカニズム解明に向けた物性研究が精力的に行われている。本研究では、鉄系関連物質を探索することにより、より高い T_c を持つ新しい超伝導体を発見することを目的としている。物質探索手段として、高圧合成法を主として用いている。この方法は常圧下では実現できない物質が作製可能なばかりでなく、短時間で試料が合成可能なため、多くのアイデアを試すことが成功の決め手の一つとなる新物質探索で極めて有用である。今年度は、 (RE_3MO_5) (Fe_2Pn_2) (RE 希土類元素、 M 遷移金属など、 $Pn=As, P$) という組成比を持つ23522と呼ばれる鉄系超伝導体関連物質に着目して物質探索を行った。32522構造を持つ鉄系関連物質の存在は幾つか知られていたものの、超伝導化はなされていなかった。我々は、32522物質においてイオン半径の小さな $RE=Ca, M=Al$ の組み合わせをもつ物質を高圧合成法により実現し、この物質群で初めての超伝導体 ($Ca_3Al_2O_9$) (Fe_2Pn_2) を合成することに成功した。 $Pn=As, P$ の両方で超伝導となり、 T_c は、それぞれ30K、16K である。超伝導化成功の原因として、小さなイオン半径の元素を組み合わせることによる a 軸長の大幅な収縮により、超伝導に有利な結晶構造になったことが挙げられる。 $Pn=As$ の30K という T_c は、レアメタルを使っていない鉄系超伝導体としては、2008年に我々が発見した $(Ca, Na)Fe_2As_2$ に次いで高い。また、 $Pn=P$ の16K という T_c は、鉄リン系では最高クラスである。本研究で鉄系超伝導体の構造バリエーションが増えたことは、より高い T_c を持つ物質の設計指針を考える上で、あるいは鉄系の超伝導メカニズムを解明する上で役立つと期待される。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 超伝導、鉄ヒ素系超伝導材料、高圧合成

【研究題目】 熱力学解析と MFA の融合による都市鉱山からの金属資源の回収可能性評価手法の開発

【研究代表者】 畑山 博樹 (安全科学研究部門)

【研究担当者】 畑山 博樹 (常勤職員1名)

【研究内容】

製品として社会に蓄積されている金属資源は都市鉱山と呼ばれ、リサイクルが進められている。これに関連して、使用済み製品からの金属回収システム・技術といった実践的な課題に焦点を当てた研究は多いものの、学術的な基礎研究は少ない。本研究の目的は都市鉱山からの

金属資源のリサイクル可能性の評価手法の確立及び定量化であり、熱力学解析に基づく都市鉱山からの金属資源の回収可能性の評価と、マテリアルフロー分析に基づく都市鉱山としての資源量及び回収可能量の評価をおこなう。

マテリアルフロー分析に基づく評価として、アルミニウムの循環利用を評価した。分析は欧州、米国、日本、中国を対象とし、2050年までの長期的な推計をおこなった。都市鉱山としての資源量やスクラップの発生量を推計するとともに、スクラップ中の合金元素濃度を制約として考慮したリサイクル可能量の評価をおこなった。また、ハイブリッド自動車や電気自動車の導入やスクラップソーティング技術の導入を想定した将来シナリオを設定することで、各技術がアルミニウムのリサイクルに与える影響を評価した。その結果、電気自動車の導入によって合金元素の許容濃度が高い鋳造品の需要が減少することで、2030年頃にアルミニウムを循環利用しにくい状況が生じる可能性が示唆された。また、スクラップソーティングの導入によって、新地金消費量を2030年で15%、2050年で25%程度削減可能であることが示された。さらに各地域で異なるアルミニウム生産の CO_2 排出原単位を考慮することで、循環利用の促進による CO_2 排出削減効果を示した。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 都市鉱山、リサイクル、マテリアルフロー分析、アルミニウム、次世代自動車、スクラップソーティング

【研究題目】 不均一超伝導体における奇周波数電子対の研究

【研究代表者】 柏谷 聡 (電子光技術研究部門)

【研究担当者】 柏谷 聡、柏谷 裕美 (計測フロンティア研究部門)、小柳 正男 (電子光技術研究部門) (常勤職員2名、他1名)

【研究内容】

新奇な対称性を持つ奇周波数電子対を理論実験両面から研究して、超伝導接合のような不均一系において存在することを確立することを目的とする。スピン3重項対称性が有力視されている Sr_2RuO_4 の接合系あるいは重い電子系 $PrOs_4Sb_{12}$ における近接効果、ジョセフソン効果の実験を理論解析と比較しながら、奇周波数電子対の問題の解明に迫っていく。さらに奇周波数ペアポテンシャル (エネルギーギャップ関数) の特徴を理論的に解明して、新しい物性の予言を行うことを目指す。

研究の進捗状況

奇周波数超伝導電子対の近接効果に最も適していると考えられる Sr_2RuO_4 は表面が化学的に不安定であり、しかも薄膜試料の作製が極めて難しいため、単結晶試料からのミクロンサイズのデバイス作製を行う必要がある。我々は真空内で ab 面方向に破断された単結晶サンプル

に対して、真空を破ること無しにその場蒸着法で Au を蒸着する方法により、絶縁バリアが極めて低い超伝導/正常金属コンタクトの作製に成功し、界面制御に関する技術を大幅に改善することが出来た。これにより T 型接合と呼ばれる超伝導パリティと奇周波数電子対を検出する素子の作製の準備を整えた。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】奇周波数電子対、近接効果、スピン3重項超伝導体

【研究題目】物理気相蒸着法により作成したガス吸着膜の特性

【研究代表者】野田 和俊（環境管理技術研究部門）
（研究代表機関：東海大学）

【研究担当者】野田 和俊（常勤職員1名）

【研究内容】

本研究では、高周波スパッタリングやプラズマ支援真空蒸着法などの物理気相蒸着法（PVD）法により有機薄膜を水晶振動子上に形成し、微量濃度のガス分子の吸着性や原子状酸素などとの反応性を調べ、有機薄膜の吸着現象や反応メカニズムを解明すると共に、微量濃度の揮発性有機化合物（VOC）ガスや酸化性活性化学種などの検知用センサを開発することを目的としている。

今年度は、水晶振動子上に高周波スパッタリング法とスピコート法を利用して高分子薄膜を形成し、成膜方式の違いによるガス吸着特性の変化と、ガスの種類や膜厚が吸着性に与える影響について評価を行った。

その結果、PTFE 膜についてはスパッタリングによって成膜したものが他の材料や成膜法を利用したものと比較して、良好な結果が得られた。検知対象物質の吸着量は、薄膜の膜厚や表面粗さに左右されるが、ポリイミド膜は PTFE 膜と比較して検知感度が低いものの、水分の影響も非常に小さいことから、VOC 以外の環境影響要因物質の検知の有効性が見いだされた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】センサ、スパッタリング、水晶振動子、ケミカルセンサ、プラズマ

【研究題目】精密温度制御を目指した磁性温熱療法の技術開発

【研究代表者】粕谷 亮
（サステナブルマテリアル研究部門）

【研究担当者】粕谷 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

がん温熱療法では、熱源である磁性ナノ粒子をがん細胞へ集積させた後に交流磁場を印加し、がん細胞を約 43℃に加熱、壊死させる。そのため熱源である磁性ナノ粒子には発熱特性、生体親和性および血中での分散性が求められる。そこで、本研究では発熱特性と生体親和性に優れるマグネタイトナノ粒子（MNPs）に着目した。

また、MNPs の発熱量はそのサイズに依存し、理論上は交流磁場（周波数600kHz、磁場強度40Oe）下、直径約12nm で約40W/g の極大値に達する。しかし、従来の水溶液を用いる合成法では得られる MNPs のサイズ分布が広く、発熱効率の向上が困難であった。そこで、本研究では粒子サイズを精密に制御できる熱分解法を用いて直径約12nm の MNPs の合成に取り組んだ。

鉄（III）アセチルアセトナートをオレイン酸とオレイルアミンの混合溶媒中、250℃で加熱することで平均粒子径12.5nm の MNPs を合成できた。得られた MNPs の発熱量は22.5W/g であり、試料の粒度分布から求めた発熱量とほぼ一致した。一方、水系で合成した MNPs の発熱量は最大でも15.7W/g に留まった。以上の結果から、有機溶媒を用いる熱分解法により、高い発熱量を有する MNPs を合成できたことがわかった。一方、MNPs 表面にはオレイン酸とオレイルアミンが残存しており、アルコール溶媒によって MNPs を洗浄した後も水などの極性溶媒に対してはほとんど分散しなかった。そこで、極性溶媒への分散性を向上を目的として、ポリエチレングリコール誘導体を含む両親媒性高分子（ACP）により MNPs 表面を被覆した。この結果、ACP 被覆後の MNPs は水や生理食塩水などのバッファ溶液に対して1ヶ月以上安定に分散できた。本研究で得られた MNPs は発熱効率が高いため体内への導入量を少なくでき、鉄過剰症などの副作用を抑制できると期待される。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】マグネタイト、ナノ粒子、磁気温熱療法、ハイパーサーミア

【研究題目】擬似電源回路網の校正に関する試行的研究

【研究代表者】岸川 諒子（計測標準研究部門）

【研究担当者】岸川 諒子、堀部 雅弘、信太 正明
（常勤職員3名）

【研究内容】

電磁環境両立性（EMC）規格への適合性判定は、電磁波利用の拡大および経済のグローバル化により重要性を増している。しかし、信頼性の高い適合性判定の根拠となる校正結果を得るためには計量トレーサビリティの確保が重要であるが、高度な技術とノウハウが必要である。そこで、適合性判定の対象となる EMC 試験機器に特化した校正方法を開発することで、校正作業の簡単化を目標とした。

まずは、代表的な EMC 試験機器である擬似電源回路網の CISPR 16-1-2規格を例として、トレーサビリティの確保された校正体系の理論構築を行った。対象となる規格/規格上限/規格下限特性を模擬する仲介器群を用いると、校正值および不確かさの算出が容易になることが判明した。また、不確かさが小さくなり、適合性判定が

不能となるケースが減少する可能性が高いことがわかった。

次に、CISPR 16-1-2の規格/規格上限/規格下限特性を模擬する伸介器群の開発を行った。150 kHz から30 MHz の規定されているインピーダンス絶対値と位相、150 kHz から108 MHz で規定されているインピーダンス位相の各々に対して、規格/規格上限/規格下限を模擬する伸介器群を作成した。これらを国家計量標準にトレサブルな方法によりインピーダンス校正を行うと、ほぼ不確かさの範囲内で目標とした規格/規格上限/規格下限特性と一致していた。

これにより、EMC 試験機器に対する本校正方法の下地が整ったことになる。今後は実証を行う予定である。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 電磁環境両立性 (EMC)、校正、適合性判定、高周波インピーダンス、ベクトルネットワークアナライザ

〔研究題目〕 3次元集積型錯体における配位空間・ヘテロ界面の融合制御による革新的エネルギー貯蔵材料の開発

〔研究代表者〕 大久保 將史
(エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 大久保 將史 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

省エネルギー・地球温暖化対策に資する分散型エネルギーネットワーク構築のキーテクノロジーである高性能2次電池として、リチウムイオン2次電池の高性能化が期待されている。本研究では、既存の正極材料では得られない電極特性の発現を目指し、高性能リチウムイオン2次電池の実現を目指す。特に、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体を正極材料として応用する。

平成23年度においては、シアノ基で架橋された多孔性配位錯体における欠陥生成のメカニズムに着目し、多数の欠陥を含む材料においては、充放電容量が極めて低くなり実用に供せないことが明らかとなった。そこで、合成プロセスを新規に開発し、30%以上の欠陥を含む材料について、欠陥量を7%にまで減らすことに成功した。本手法により得られた欠陥生成を抑制したシアノ基で架橋された多孔性配位錯体は、200mAh/g という非常に大きな充放電容量を示し、既存の電極材料に比肩する重量エネルギー密度が得られることが分かった。また、充放電メカニズムについても電子状態、構造状態から詳細に検討し、電気化学反応機構を明らかにした。一方で、電子伝導性や充放電サイクル特性等の課題が明らかとなり、今後の改善が期待される結果となった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 リチウムイオン2次電池、正極材料、ナノ材料

〔研究題目〕 大電力密度電子デバイスの実現に向けた n 型ダイヤモンド半導体の低抵抗化ならびにオーミック接合技術の開発

〔研究代表者〕 加藤 宙光 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 加藤 宙光、伊藤 英雄、小山 和博
(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

今世紀半ばに顕著化するエネルギー資源の枯渇やCO₂削減に代表される地球温暖化防止対策のもとで、現在の高度情報化社会を持続発展させるためには需要側での大幅な省エネルギー化が要求され、ワイドバンドギャップ半導体を用いた革新的パワーデバイスの導入が余儀なくされる。本助成事業では、優れた物性を有するダイヤモンド半導体に着目し、代表者がこれまで構築してきた n 型ダイヤモンド半導体の低抵抗化技術ならびに低抵抗コンタクト技術を用いて、ダイヤモンド半導体を用いた高耐圧スイッチング素子の創出を目指している。

これまで確立してきた n 型ダイヤモンド半導体の低抵抗化技術ならびに低抵抗コンタクト技術を用いて、バイポーラトランジスタの作成に成功した。電流増幅特性を確認するためには、ベース n 型層のシリーズ抵抗低減とともに、ベース n 型層を拡散する正孔の拡散長の向上が必要となる。これらは互いにトレードオフの関係を持っているため、単純に高濃度ドーピングによる低抵抗層をベース層に導入するだけでは、正孔がコレクタ側へ到達できずに電流増幅には至らない。ホールが拡散するベース n 型層の不純物濃度は下げつつ、電極下部に選択的に高濃度ドーブ層を導入する技術を確認できた。今回得られた特性はエミッター接地の利得は室温で10である。まだ改善の余地が多く残されているが、ダイヤモンド半導体で初めて利得が得られるトランジスタが実現できた。高耐圧スイッチングデバイスの実現へ向けた大きな一歩となった。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 ダイヤモンド、半導体、リンドーピング、バイポーラトランジスタ

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

〔研究代表者〕 中島 昭 (エネルギー技術研究部門)

〔研究担当者〕 中島 昭 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

GaN (窒化ガリウム) は絶縁破壊電界強度が高いことから、次世代のパワー半導体素子としての期待が大きく、世界中で研究・開発が進められています。これまでは N チャネル型 GaN 素子の開発が主に行われており、一部で市販化が始まっています。さらに P チャネル型素子の実現できれば、電力変換器システムの大幅な低コスト化・小型化が可能になると考えられます。しかし、Mg 不純物ドーブによる従来の方法では、デバイス応用

に十分な移動度・キャリア濃度を得ることが非常に困難です。近年、GaN の特長である分極を利用した PN 接合（分極接合）により高濃度のホール（2次元ホールガス）を得ることに世界で初めて成功しました。この成果をさらに進め、次世代電力変換器のシーズ技術として、2次元ホールガスを用いた P チャネル型 GaN 素子の実現を目指しています。

本研究は低抵抗化のために、2次元ホールガスの移動度の向上、およびそれを用いた P チャネル型 GaN 素子開発を行っています。平成23年度は、移動度向上のための基礎研究として、2次元ホールガスにおける輸送機構を調べました。具体的には、2次元ホールガスの抵抗率の温度特性をマイナス193℃の低温から187℃の高温まで評価しました。その結果、2次元ホールガスは従来の Mg 不純物ドーピングにより得られるホールと全く異なる特性を示すことが分かりました。また、それと並行して Hall 効果測定による移動度とキャリア濃度の評価も行いました。これらの結果から、2次元ホールガスにおける輸送機構に関する知見を得ました。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】高効率電力変換、ワンチップ集積回路、ワイドバンドギャップ半導体、窒化ガリウム

【研究題目】イオン液体を用いた環境浄化システムの開発に関する研究

【研究代表者】金久保 光央（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】金久保 光央、牧野 貴至、山崎 ふじみ（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

宇宙ステーション等の閉鎖空間では、人体から排出される CO₂を地上レベルまで低減する必要がある。現在、国際宇宙ステーション（ISS）では、ゼオライトを吸着剤としたシステムにより CO₂の除去が行われている。ゼオライトを用いる場合、加熱冷却の繰返しによる粉末化で、ゼオライトがフィルターやバルブ等に目詰まりすることが課題となっている。また、水蒸気成分の脱着にも高温のエネルギーを要する。イオン液体は揮発性が極めて低く、ゼオライト等の固体多孔質体による圧力スイング吸着（PSA）法と類似の操作で、ガスの分離や吸収液の再生が可能である。そこで、本研究では、化学吸収機能を有するイオン液体を用いて、低濃度の CO₂の除去を試みた。25℃、常圧で CO₂ガス（N₂バランス～4000ppm）を作用させたところ、吸収器出口では CO₂濃度が～1000ppm 以下の精製ガスが長時間に渡り得られることが確認された。また、使用したイオン液体を真空下で処理することで室温近辺でも容易に再生可能ことが明らかになった。イオン液体を吸収液とすることで、これまでの課題を克服でき、環境浄化システムの一層の

小型・軽量化、高性能化、低エネルギー化の可能性が見出された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】環境浄化、二酸化炭素、閉鎖空間

【研究題目】イオン液体を用いた新しいガス分離・精製方法の開発

【研究代表者】金久保 光央（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】金久保 光央、川波 肇、川崎 慎一郎、山崎 ふじみ、新妻 依利子、小国 敦博（常勤職員3名、他3名）

【研究内容】

有機性イオン種からなるイオン液体は、不揮発性で大気中へのエミッションが防げる低環境負荷溶媒であり、二酸化炭素、SO_x、NO_x等の酸性ガスを大量かつ選択的に物理吸収する特殊液体である。本研究では、イオン液体の不可思議な現象を解明し、それを用いた新規物理吸収法による高効率・省エネルギーかつクリーンなガス分離・精製技術の開発を目的とする。また、先駆的な研究開発を進めている米国の研究分担者との国際共同研究により、イオン液体を用いたガス分離・精製プロセスの基盤技術の確立を目指す。

ガス吸収液としてイオン液体をスクリーニングし、プロトン性のアミド型イオン液体等、CO₂吸収特性に優れたイオン液体を開発した。それらのイオン液体を用いて、物理吸収法による CO₂分離プロセスをラボスケールで定量的に評価した。併せて、高圧条件におけるイオン液体-ガス系の気液相挙動や状態方程式を導出し、密度や粘性率等、関連した基礎基盤技術の構築を図った。また、それらのイオン液体を含有した分離膜を調製し、CO₂の透過係数や選択性を調べた。さらに、物理吸収性能に優れたイオン液体に化学吸収機能を付与したイオン液体を混合してハイブリッド化することで、CO₂の吸収分離性能を著しく向上できることを見出した。これにより、CO₂分圧の高い混合ガスばかりでなく極めて低濃度の CO₂ガスを対象として、高効率の CO₂分離が可能なることを明らかにした。ガス吸収特性に優れたイオン液体の開発等がさらに進むことで、一層高効率で低エネルギーのガス分離プロセスや、その他の用途への展開が期待された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】イオン液体、ガス分離精製、二酸化炭素

【研究題目】二酸化炭素冷媒で作動する圧縮吸収ハイブリッドサイクルの研究開発

【研究代表者】金久保 光央（コンパクト化学システム研究センター）

【研究担当者】金久保 光央、牧野 貴至、増田 善雄、新妻 依利子、小国 敦博

(常勤職員3名、他2名)

〔研究内容〕

冷凍空調機の冷媒は HCFC から代替フロンに切り替わったが、これらは極めて大きな温室効果を持つため排出抑制が求められている。業務用空調分野については低 GWP で不活性な冷媒の実用化が求められている。本研究では、CO₂ 冷媒の優れた吸収特性をもつイオン液体に注目し、圧縮/吸収ハイブリッドサイクルを構成し、優れた省エネ性をもつ自然冷媒空調機の技術開発を目的とする。空調機に適切な特性を持つイオン液体の探索、機器設計に必要なイオン液体の物性・特性の計測、サイクルシミュレーション等による性能特性の解析を行い、イオン液体を吸収液とした圧縮/吸収ハイブリッドサイクルの開発を行う。

事前研究ステージの本年度は、空調用圧縮/吸収サイクル技術に最適な CO₂ 吸収液の研究として、CO₂ 吸収量が高く、粘性率が比較的低く、液体の温度範囲が広い、1-ブチル-3-メチルイミダゾリウム ビス(トリフルオロメタンスルホニル)アミドをモデルのイオン液体とし、温度 5~80℃、圧力 0.1~8MPa において、CO₂ 吸収量を精密に決定し、広い温度・圧力範囲で CO₂ 吸収量を推算可能な相関式を提案した。また、上記の系のエンタルピーと粘性率を同様に推算可能とした。これらの結果に基づき、蒸気圧縮式サイクルに CO₂ 冷媒を吸収する溶液循環サイクルを組込んだ圧縮吸収ハイブリッドサイクルのシミュレーションを行い、主要因子の抽出と目標性能を達成するために必要な吸収特性等を明らかにした。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 二酸化炭素、イオン液体、ガスヒートポンプ

〔研究題目〕 調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果の評価手法の開発、及び省エネルギー効果を最大にするように光学特性を最適化した調光ミラーの作製

〔研究代表者〕 山田 保誠

(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 山田 保誠 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

本研究では、スウェーデン・ウプサラ大学と国際共同研究を行うことで、透明な状態と鏡の状態を自由にスイッチングすることのできる「調光ミラー」を用いた複層ガラスの省エネルギー効果を評価する技術を開発する。本年度の成果は以下の通りである。

- ① 調光ミラーのスイッチングの繰り返し耐久性の向上
調光ミラーを複層ガラスに応用する場合、透明状態における透過率および色目の問題の他、鏡状態と透明状態間のスイッチング繰り返し耐久性の向上が大きな問題点となっている。これまで、Mg-Ni 合金を用い

た調光ミラーを中心にスイッチング繰り返し耐久性の向上に努めてきた。本年度は、Mg-Ni 合金以外の Mg 合金を用いて、10000回以上のスイッチング繰り返し耐久性を持つ調光ミラーの作製に成功した。

- ② 分光エリプソメーターで見積もった光学定数の妥当性

斜入射における透過率・反射率を測定できる装置に適した試料の周りを水素雰囲気にする治具を作製し、その治具を用いて鏡状態および透明状態における透過率・反射率を測定した。透過率スペクトルの測定結果と分光エリプソメーターで見積もった光学定数(屈折率、消光係数)を用いて計算した透過率スペクトルは非常に似ており、エリプソメーターで見積もった光学定数が妥当であると判断した。

- ③ Mg-Ca 合金調光ミラー複層ガラスの省エネルギー効果を試算

動的なシミュレーションモデルをもとにした VIP+ソフトウェアを用いエネルギー最適化モード(EO)、及びオフィスにおける昼間の光の眩しさを低減する観点から調光を制御した2種類のモード O2、O1で、Mg-Ca 合金調光ミラー複層ガラス及び g 値がそれぞれ 0.3と0.70、U 値が1.6 W/m²K の通常の複層ガラスの冷房負荷、暖房負荷のシミュレーションを行った。この結果から、エネルギー最適化モード(EO)で、通常の複層ガラスより大幅な省エネルギー効果があることがわかった。さらに、他のシミュレーションソフト(WinSel、eQuest)を用いても同様な結果が得られることを確認した。

〔分野名〕 ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕 調光ミラー、分光エリプソメータ、省エネルギー効果、コンピューターシミュレーション

〔研究題目〕 木質細胞ヒエラルキー界面をセミソリッド化する非平衡塑性加工技術の開発と自動車用木材・プラスチック複合材料への展開

〔研究代表者〕 三木 恒久

(サステナブルマテリアル研究部門)

〔研究担当者〕 三木 恒久、杉元 宏行

(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

本研究では、木質素材を高い比率で含有しつつ、高強度、高耐熱、難燃化性能を持つ木材・プラスチック複合材(WPC)の高生産な塑性加工技術の開発に取り組んだ。木質細胞の階層構造に各種バインダを選択的に導入することで、プレス成形時に細胞実質の高機能化と同時に細胞間層のセミソリッド化による3次元大変形の実現を目指した。この技術により、既存 WPC では困難である自動車用部材の実用化を図り、自動車産業のグリーン

イノベーション化に貢献する。

バインダ処理として水のみを導入した木材（ヒノキ）試験片について、雰囲気飽和蒸気温度が異なる圧縮試験を行った。圧縮によって見かけ密度が 1.3g/cm^3 を越えたあたりから、急激に圧縮応力が増大する。その際、雰囲気温度によって圧縮変形挙動が異なることがわかった。水蒸気温度 50°C および 75°C までの雰囲気では、ストローク上昇につれて指数関数的に圧縮応力が増大するのに対し、水蒸気温度が 100°C 以上の雰囲気では、圧力上昇が緩慢になる変曲点が存在した。そして、その変曲点は高い水蒸気温度ほどより顕著に現れた。この変曲点が現れるまでの領域では、細胞内孔は、ほぼ閉塞し細胞壁自体が圧縮されている、所謂圧縮木材製造時に見られる変形挙動であった。試験片の密度が臨界値に到達するか、せん断応力が試験片の臨界値 1.4g/cm^3 に達すると破壊もしくは側方流動が開始した。特に、飽水状態の木材については細胞界面が最弱部分になるため、その領域を起点として側方へ流動が生じることによって、一旦圧縮応力の増加率が小さくなる変曲点が生じた。この側方流動の開始点に相当する公称圧縮応力（流動化応力）は、雰囲気温度の上昇とともに低下した。特に、水蒸気温度 150°C 付近までは直線的に低下し、それ以上の温度でも若干低下する傾向にあった。これは、細胞間層に比較的多く含まれるリグニンの軟化温度に関係していると考えられた。

次に、同様にフェノール樹脂を導入した木材について同様の試験を行った。その結果、より低い温度域において、より低い流動化応力で木材が変形することが確かめられた。このことから、樹脂を導入することによって木材の軟化・流動化が促進されることがわかった。

以上の流動特性を踏まえ、機械的性質を評価するために、側方押し出しタイプの流動成形用金型を試作し、サンプルを作製した。得られたサンプルの強度は、金型温度に依存するとともに、適切な温度設定のもとにおいては、押し出し材の内部で生じる機械的性質のバラツキは軽減できることがわかった。最大曲げ強度は 160MPa にも達し、ABS や PC などのエンブラに匹敵するサンプルも作製できた。一方で、初期の木材の配置方向によって、異方性の大小が決まることも明らかとなった。この異方性は、金型ゲート設計ならびに原材料の初期配置で制御できると考えられた。

今後は、強度性能に加えて、難燃性能を付与できるバインダ開発を行う。また、製品内部での繊維方向などを非破壊で評価するために X 線 CT スキャンの導入も行う予定である。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 複合材料、非平衡プロセス、ヒエラルキー、木材、バインダ

【研究題目】 高効率成膜プロセスを用いた機能性酸化物薄膜の開発および調光ミラーデバイスへの応用と優れた耐環境性能を有する構造開発

【研究代表者】 田嶋 一樹

(サステナブルマテリアル研究部門)

【研究担当者】 田嶋 一樹 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

調光ミラーデバイスは電気的に反射（鏡）状態と透明状態を可変できるため複層ガラスあるいは遮熱フィルムへの応用により優れた省エネルギー効果を期待できる。本研究では、当該デバイスの実用化のため特に生産性を律速する機能性酸化物薄膜の省使用化技術開発を行い、新規の高効率成膜プロセスを適用する。さらに使用環境に対する適合性を調査し、優れた耐環境性能を有するデバイス構造の開発を行う。

以上に関連した本年度の主な成果は以下の通りである。

① 酸化物系薄膜材料の省使用化技術・代替材料開発

材料の省使用化技術開発の一貫として特に酸化タンタル薄膜の膜厚制御と調光性能の相関を調査した。その結果、初期デバイスより90%膜厚を削減しても性能を発現することが可能となり、成膜時間も数分程度になった。また、酸化インジウム・スズ代替として各種透明電極を使用したデバイス特性の調査も行った。

② 調光ミラーデバイスの環境性能把握による耐環境性能の向上に資する構造開発

JIS 規格に準拠した恒温恒湿槽を用いて加速試験的に種々環境における当該デバイスの環境性能を調査した。種々表面保護層の検討も行い DLC 薄膜の適用を試み、同薄膜も表面保護層として機能することを見出した。また、接触角測定装置を用いて、各種薄膜の濡れ性（撥水性）の検討も行った。

③ 大面積コーティングに適するスパッタ法を用いた酸化物系薄膜の高効率・高速成膜技術開発

新規に直流パルス電源装置を導入し、酸化物薄膜の高効率作製プロセスの検討を行った。通常成膜において同程度の膜厚を得るためには数10分掛かっていたが、本電源使用により3分程度で作製が可能になった。次年度も継続的に作製条件の最適化を行う予定であり、より詳細に膜質などの分析も行う。

④ 高い耐環境性能を有する調光ミラーデバイスの創出

新規にソーラーシミュレータを導入し、擬似太陽光照射によるデバイス特性へ与える影響について調査した。種々デバイス構成において、加速的な擬似太陽光照射においても全く劣化しないことを観察した。次年度はさらに温湿度制御と組み合わせ系統的な環境性能調査を行う。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 薄膜、スパッタリング、調光ミラー、加速試験、耐環境性能、希少金属省使用

化

【研究題目】 しきい値可変型 FinFET による極低消費電力アナログ回路の開発

【研究代表者】 大内 真一

(ナノエレクトロニクス研究部門)

【研究担当者】 松川 貴 (常勤職員2名)

【研究内容】

電源電圧低減が困難なアナログ回路にしきい値可変型 FinFET を導入することで、当該回路の低電源電圧化による極低消費電力化、高性能化、更にはデジタル・アナログ混載による低コスト化を目指す。具体的には、しきい値可変型 FinFET が導入された提案型低電圧演算増幅器及び比較器を試作し、動作電圧0.7V での動作実証を行うことが、本研究の目的である。

米国特許登録された提案方式回路について、産総研 FinFET プロセスによって試作を行った結果、差動増幅回路の基本動作が電源電圧0.7V で可能であることが確認された。また、これを用いた比較器、演算増幅器の基本動作も確認された。更に、この回路方式について、素子寸法微細化の可能性を検討した。検討の結果、同回路方式では、実効酸化膜厚さ0.9nm、フィン厚さ5.3nm でゲート長20nm まで素子寸法を縮小しつつ、回路を動作させることが可能であることが示された。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 FinFET、演算増幅器、比較器、低電圧動作、システムオンチップ (SoC)

【研究題目】 革新的な光取出し技術を利用した AlGaInP 高効率発光ダイオード

【研究代表者】 王 学論 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 王 学論、Hao Guo-Dong

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

AlGaInP を材料に用いた赤・黄色発光ダイオードは、交通信号機や液晶パネルのバックライト、車載ランプ、植物工場の光源などの様々な分野で利用されており、InGaN 系デバイスと並んで最も重要な可視光発光ダイオードである。しかし、AlGaInP の屈折率が InGaN より大きいため、界面での光の全反射現象が強く、50%を超える光取出し効率の実現が困難である。我々は V 字型の溝を持つ半導体基板上に形成した微細な半導体リッジ構造の自然放光はエバネッセント光の結合効果によって非常に高い効率で空气中に放出される現象を発見した。本研究の目的は、この技術を利用し、光の取り出し効率が従来技術より5割以上高い AlGaInP 系赤・黄色発光ダイオードを実現することである。これまでに、選択成長法による AlGaInP/GaInP 量子井戸リッジ構造の作製技術を開発し、エバネッセント光の結合効果による光取出し効率増大現象の観測に成功した。平成23年度で

は、AlGaInP リッジ構造 LED の実現に向けて、一部のデバイス作製プロセスの最適化を行った。具体的に、AlGaInP 系 LED の場合、基板による光の吸収を無くすため、LED ウェハを共晶ボンディングにより反射ミラーを挟んで Si などの支持基板上に貼り付けた後、GaAs 基板を除去する必要がある。平成23年度では、従来の Ag 単層ミラーに換わって、反射率が高くしかも GaAs キャップ層との密着性および熱的安定性の優れている Ag/SiO₂ 複合ミラーの作製プロセスを開発した。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 発光ダイオード、AlGaInP、取り出し効率、リッジ構造、エバネッセント光、結合

【研究題目】 自己組織化マイクロリンクルを利用した微小体積液体のマニピュレーション

【研究代表者】 大園 拓哉 (ナノシステム研究部門)

【研究担当者】 大園 拓哉、物部 浩達

(常勤職員2名)

【研究内容】

シリコンゴム表面に密着する比較的硬い薄膜表面は側方応力下において固有な空間波長 (200nm-20um) を有するマイクロリンクル (シワ) が自発的に発生する。この微小スケールでのメカニカルな不安定性により形成した自発的凹凸構造は、パターンの鋳型、マイクロ流路、細胞の制御培養、光学材料などの幅広い応用が考えられる。本研究の目的は、マイクロリンクルの溝を大気開放型毛細管として利用することでの微量の液体のパターン化や操作である。マイクロリンクルの微細形状は外部からの応力刺激に対して、可逆的に応答し、その溝の深さや、方向が制御できることが分かっている。

柔らかい弾性体基板上に高分子材料で硬い層を形成させ、応力下でマイクロリンクルを発生させた。さらに、外部応力によって凹凸構造を変形させることで、表面に載せた様々な液体に対して毛細管力を発生させ、液体が溝に浸透していく現象を見つけ、さらにその液体形状を変形させる技術を確認した。さらにその液体パターンを鋳型にナノリボンを作製する技術や、液体が液晶の場合に現れる新規液晶欠陥構造も見出した。今後の研究推進により、省エネ型パターンニング方法や、バイオセンサーや微小反応場として応用可能な液体操作技術として利用が見込まれる。

【分野名】 ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】 マイクロリンクル、微小液体操作、パターンニング、自己組織化

【研究題目】 化学反応を駆動源とする超省エネ型・新規自励振動ゲルアクチュエータを用いた外部装置フリーのマイクロ流体素子の開発

〔研究代表者〕原 雄介（ナノシステム研究部門）

〔研究担当者〕原 雄介（常勤職員1名）

〔研究内容〕

目標：

本提案では、化学反応を直接力学的なエネルギーに変換して駆動する超省エネ型・新規自励振動型ゲルアクチュエータをマイクロポンプ・バルブ等に搭載することで、外部制御装置フリーのマイクロ流体素子を開発する挑戦的な研究課題である。マイクロポンプ・バルブ等を駆動させるゲルアクチュエータは、化学反応を駆動源とするため生命体同様にエネルギー効率が高く、電場・光などの外部制御装置が一切不要であることを特徴とする。

研究計画：

現状の自励振動ゲルアクチュエータは高い濃度の硝酸や硫酸中でしか駆動できないことが、マイクロ流体素子のアクチュエータとして応用する際に安全性や素子の長期保存安定性の点で問題視されていた。このような問題を解決するために本研究期間においては、まず硝酸や硫酸等の強酸を必要としないマイルドな環境で駆動させることが可能な自励振動ゲルの分子設計を明らかにすることを旨とする。さらに、マイクロ流体素子の開発には必要不可欠な、ゲルアクチュエータの発生力測定装置の開発を行う。

年度進捗状況：

硫酸や硝酸を必要としないマイルドな環境で駆動する新規自励振動ゲルの開発に成功した。本成果により、これまでアクチュエータを駆動させるための必須条件であった pH 1を切る超強酸環境を回避することが可能となり、マイクロ流体素子へと応用する際に危惧されていた素子の安全性や長期保存安定性の問題をクリア可能となった。合成した新規自励振動ゲルの内部構造等の解析には、光散乱装置および粘弾性測定装置等を用いて行った。さらに、マイクロ流体素子へ搭載可能な自励振動ゲルアクチュエータの設計に必要な物性値である発生力の新規測定手法の開発を行った。マイクロ流体素子で働くゲルアクチュエータの設計するためには、発生力の測定は必要不可欠な課題である。しかしながら、現状では未だそれらの測定方法が確立されていない状況にあった。それにはゲルアクチュエータの発生力を測定可能な装置が市販されていない背景があった。本検討では、中小企業の協力を得て新たに発生力測定装置を設計し、ゲルアクチュエータの発生力を正確に測定可能な装置の開発に成功した。発生力測定の一部の結果を2011年 材料技術研究協会討論会および2011年度 色材研究発表会にて発表し、ポスター賞奨励賞および最優秀講演賞をそれぞれの学会で受賞した。これらの受賞は、これまで測定が困難であったゲルアクチュエータの発生力測定に関する注目の高さを示すものと考えられる。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕高分子ゲル、アクチュエータ、MEMS

〔研究題目〕短尺カーボンナノチューブの創製とCNTトランジスタへの展開

〔研究代表者〕斎藤 毅

（ナノチューブ応用研究センター）

〔研究担当者〕斎藤 毅、大森 滋和

（常勤職員1名、他1名）

〔研究内容〕

カーボンナノチューブ（CNT）を切断することは、炭素－炭素結合で構成される強固なグラフェンネットワーク構造を切断することに他ならず、切断はおろか格子欠陥を導入することも困難であるが、酸化性の強い酸処理などによる過度な切断反応では CNT の優れた特性の起源である電子構造までも深刻なダメージを受けてしまい、デバイス応用に不適となってしまう。本研究では CNT 自身の反応性を制御でき、少なくともグラフェンネットワークになるべく欠陥を導入しない切断や長さ分級の技術開発を行い、CNT トランジスタへの展開を目指している。平成23年度には下記の研究項目に関して研究を行った。

・短尺 CNT を用いたばらつきの少ないトランジスタに関する検討

デバイスのプロセスルールが10 μm のオーダーである印刷型単層 CNT トランジスタにおいては500nm～1 μm の範囲で長さの揃った短尺単層 CNT が必要となる。本研究では、ポリエチレングリコール系界面活性剤を用いて単層 CNT を超音波分散することにより、ワンポットプロセスで極めて効率的に単層 CNT が短尺化され、目標とする「ほぼすべて数百 nm の長さに切断される」ことを明らかにした。さらに、この方法において1g/dayに相当する高スループットを達成した。加えて上記分散液からの単層 CNT の高密度成膜に関する検討を行い、単層 CNT を最大で35本/ μm 程度まで高密度かつ均一に作製できる成膜条件を発見した。さらに、97%まで半導体率を高めた単層 CNT 分散液を用いて高密度成膜を行い、得られた単層 CNT 薄膜をチャネルとして用いることによって、オンオフ比10⁵と移動度1cm²/Vs 以上を両立した極めてばらつきの少ない CNT トランジスタデバイスアレイを実現した。今後更なるデバイスばらつき低減のため、ばらつきの原因を詳細に検討するとともに短尺 CNT を用いたトランジスタの特性向上を進める。

〔分野名〕ナノテクノロジー・材料・製造

〔キーワード〕ナノチューブ、CVD、印刷技術、トランジスタ

〔研究題目〕化学増幅を用いた携帯可能な超高感度診断チップの開発

〔研究代表者〕栗田 僚二

（パイオメディカル研究部門）

〔研究担当者〕栗田 僚二（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

実施計画書に従い、小型マイクロ電気化学デバイスの試作を山形県工業技術センターと行った。本デバイスは薄膜電極をリフトオフ法でパターンニングし、さらに薄層流路内に配置させることにより、微量試料においても高感度測定を実現できるようにした。本デバイスを用いることにより手のひらサイズの装置により5分程度で迅速に TNF- α を検出可能であることを確認できた。さらに、血清試料においても良好に検出可能であることも確認できた。また、電気化学発光法により、DNA のメチル化を初めて実現し、本法を特許出願した（栗田僚二他2名、特願2011-098844、メチル化核酸検出法）。また、本法が実サンプルで測定可能であるか否かが重要であるため、長鎖 DNA においても我々の電気化学発光法により DNA のメチル化が検出可能であるかを調べた。バクテリオファージの DNA（約48000bp）をメチルトランスフェラーゼにより CpG 領域のシトシンをメチルシトシンにした。このメチル化した DNA とオリジナルの DNA（非メチル化 DNA）を測定したところ、メチル化した DNA ではオリジナル DNA に比べ大幅に明るく発光した。つまり、実サンプル DNA のメチル化を電気化学発光法により世界で初めて実現した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 電気化学発光法、疾病マーカー、免疫センサー

【研究題目】 曲がり管を利用した超小型質量流量計の開発

【研究代表者】 小阪 亮（ヒューマンライフテクノロジー研究部門）

【研究担当者】 小阪 亮（常勤職員1名）

【研究内容】

人工心臓を適用された患者の生理状態や人工心臓の駆動状態を管理するためには、血流量を計測することが重要である。現在、人工心臓の血流量を計測するためには、超音波や電磁力を利用した市販の流量計が使用されているが、計測方法が複雑で機器が大型である。また、ポンプの消費電力から流量を推定する流量推定法は、血液粘性の影響を受け誤差が生じてしまう。さらに、流量推定法は、ポンプの消費電力と流量に相関の無い軸流型ポンプでは適用困難である。そこで、本課題では、血液粘性や人工心臓のポンプ特性の影響を受けない質量流量に着目し、体内埋め込み型人工心臓に使用される曲がり管をセンサとして利用した質量流量計を研究開発する。

平成23年度の主な成果として、曲がり管を用いた人工心臓用質量流量計と産業用微量流量計を開発した。曲がり管を用いた人工心臓用質量流量計は、埋め込み型人工心臓に使用されている形状と同等の曲がり形状のチタン管を利用し、曲がり管で生じる遠心力を利用して流量を計測した。センサには、管路内部の作動流体に接するこ

となく内圧計測が可能な歪ゲージを採用した。本質量流量計の計測性能を評価するため、体循環系を模擬した模擬循環回路を構築し、市販流量計と計測性能を比較した。その結果、定常流と拍動流に対して、市販流量計と誤差 $\pm 0.5\text{L/min}$ 、時間遅れ0.14秒で流量計測が実現可能であることを確認することができた。また、血液を作動流体とした評価試験を実施した結果、赤血球破壊である溶血は発生せず、計測性能も市販流量計と同等であることを確認できた。さらに、 1L/min 以下の産業用流量計を目指した微量流量計を開発した。本流量計の長期安定計測を実現するため、拍動流のゼロ点を利用したドリフト補償法を開発し、11日間、誤差10%以内の計測を実現することが出来た。本結果から、本質量流量計は人工心臓用のみならず、産業界の様々な用途に応用可能であることがわかった。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 質量流量、流量計、人工心臓

【研究題目】 フレキシブル実装のための金属インク直描パターン比熱的焼結技術の開発

【研究代表者】 吉田 学（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

【研究担当者】 吉田 学、末森 浩司（常勤職員2名）

【研究内容】

我々はプラスチックフィルム上に安価な金属電極や配線をスクリーン印刷などの印刷法で形成する方法の研究開発を行なっている。従来、金属ペーストを印刷し低抵抗率化するためには高温焼成することが必要であったが、我々の加圧焼成法を用いることにより 150°C 以下で低抵抗率の金属パターンを作製することに成功している。本年度は高品質なアルミニウムや銅の加圧焼成用ペーストを調製し加圧焼成を適応することにより UHF-RFID アンテナを作製することに成功した。これらの通信距離は測定の結果950MHz 程度の周波数において $3.5\sim 5\text{m}$ となり、市販の UHF-RFID タグと同等の性能を示すことが確認された。また、これらのアルミニウム・銅ペーストの加圧焼成後のパターンは抵抗率が $10^{-5}\Omega\cdot\text{cm}$ 台を示し、現行の銀ペーストと同等の値が得られている。この加圧焼成法は二種の金属を混合したペーストにも適応可能であり、金属パターンの様々なパラメータを制御することができる。我々の加圧焼成法を二種混合金属ペーストに適用することにより仕事関数の制御が可能になることを見出した。実際に、銅と亜鉛を混合した金属ペーストを用いて印刷電極を作製し、加圧焼成処理を施したところ、銅と亜鉛の混合比の調整により、仕事関数を $3.8\text{eV}\sim 5.0\text{eV}$ まで制御できることを確認した。銅や亜鉛は比較的低価格の金属であるため、大面積フレキシブルデバイスの印刷形成等への応用が期待される。

【分野名】 情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】 印刷デバイス、フレキシブルデバイス、

印刷金属配線、低温焼成技術

〔研究題目〕ピコリットル微小液滴反応場を利用した低分子系有機薄膜デバイスプロセスの開発

〔研究代表者〕長谷川 達生（フレキシブルエレクトロニクス研究センター）

〔研究担当者〕長谷川 達生、山田 寿一、堀内 佐智雄、松井 弘之、堤 潤也、峯廻 洋美、野田 祐樹、岩館 智恵（常勤職員5名、他3名）

〔研究内容〕

現在の半導体工場や大型パネルディスプレイ工場では、デバイス形成のため、多量のエネルギー投入を要する真空プロセスが用いられている。本研究では、真空プロセスを用いることなく高度な有機デバイスを製造する技術基盤を確立することを目的として、異質な微小液滴どうしを組み合わせ液体中に反応場を構築することにより、従来問題となってきた材料の凝集化を回避し、均質性に優れた低分子系有機半導体薄膜を得る新しい液体プロセスの開発を行う。平成23年度は、前年度開発に成功した貧溶媒添加型インクジェット印刷法による単一成分低分子系有機半導体の均質薄膜形成技術をさらに高度化することを目的とした研究を実施した。クロスニコル偏光顕微鏡を用いたマイクロ液滴内での薄膜成長の観察を行い、低分子系半導体薄膜が気液界面において成長していることを見出した。この結果をもとに液滴形状を制御し液滴内に濃度勾配を形成することにより、薄膜成長を制御することが可能なことを明らかにし、単結晶薄膜化とそのアレイ化技術の開発に成功した。さらに得られた薄膜の放射光 X 線回折測定、偏光吸収スペクトル測定などの薄膜評価を行い、その単結晶性を評価することに成功した。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕刷技術、有機エレクトロニクス、インクジェット法

〔研究題目〕レーザーフラッシュ法による固体材料のインヒレントな熱拡散率測定方法の確立および国際的ガイドラインの提案

〔研究代表者〕阿子島 めぐみ（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕阿子島 めぐみ、阿部 陽香（常勤職員2名）

〔研究内容〕

熱対策・熱利用の観点から、固体材料の熱拡散率・熱伝導率に対し、より信頼性の高い値が求められている。現状の熱物性値実用測定装置や測定規格は、経験的でプロセス的な内容であり、そのニーズには対応していない。本研究では、日本（産総研）とフランスの計量標準研究所（Laboratoire national de metrologie et de mesures）

LNE) の共同研究チームにより、レーザーフラッシュ法（以下、LF 法）を用いてインヒレントな熱拡散率・熱伝導率を絶対測定する技術を確立することが目的であり、その測定手順や不確かさ評価のガイドラインを作成して、産業界へ波及させるとともに、同分野の計量標準や標準化における日本の先導力および欧州との協力関係の強化を図ることが目標である。本プロジェクトの研究期間は、平成20年1月1日から平成24年12月31日までである。今年度は、産総研が提案した LF 法によるインヒレントな熱拡散率測定手順を用いて数種類の材料についての2機関の測定値が極めて良く一致する結果をまとめ、この手順の有効性を明確にした。この成果を、国内外の学会で発表し、論文を投稿した。この結果に加え、LF 法測定装置の最適化や不確かさ評価について2機関で議論し、ガイドラインとしての文書案の作成を進めた。この文書を同分野の計量標準コミュニティへ提案するための準備を行った。熱拡散率に加え、熱伝導率を算出する際に必要になる比熱容量の測定技術の高度化を進めた。応用として、遮熱コーティングに代表される層状試料の熱拡散率測定方法の検討用試験片を作製した。

〔分野名〕標準・計測

〔キーワード〕熱拡散率、材料評価、標準化

〔研究題目〕エンジンの潤滑油粘性モニタリングや流体プラントの多点プロセス粘性計測を実現する超小型粘性 MEMS センサの開発

〔研究代表者〕山本 泰之（計測標準研究部門）

〔研究担当者〕山本 泰之、松本 壮平（集積マイクロシステム研究センター）（常勤職員2名）

〔研究内容〕

MEMS 技術を用いて、小型の粘性センサを実用化するため、研究開発を行った。

本年度は、基本構造の製作方向の改良を進め、深堀イオンエッチング装置（DeepRIE）による深溝構造の製作方法のノウハウ蓄積を進め、基本構造に関しては、ほぼ完全に製作方法を確立した。

粘性センサの基本構造に関しても、考察を進め、よりシンプルで壊れにくく、尚且つ製作しやすい構造として、ダブルスパイラル形状を考案した。

この構造は、試料がニュートン性液体に限定されるものの、マスク2枚で製作でき、しかも、SOI ウェーハではなく、パルクウェーハでの製作が可能であることから、製作コストの削減、開発負担の軽減が可能である。

製作されたダブルスパイラル形状の粘性センサを用いて、粘度標準液の測定を行った。初期段階では、センサにひずみゲージが内蔵されていなかったため、レーザー変位計を用いて変位測定を行った。

測定結果は、校正値と概ね数%のオーダーで一致した。

また、ひずみゲージの製作プロセスの開発を進め、金属ひずみゲージをセンサ表面に形成することに成功した。

ひずみゲージの評価を継続している。また、実用化に向けて、センサホルダーの試作を行い、実際にセンサチップを設置して粘性測定を試行し、良好な結果を得た。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 粘度、粘性率、センサ、MEMS、マイクロマシン、プロセス粘度計

〔研究題目〕 光通電ハイブリッド・パルス加熱法による高速多重物性測定装置の実用化開発

〔研究代表者〕 渡辺 博道 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕 渡辺 博道、山下 雄一郎
(常勤職員2名)

〔研究内容〕

高温機器の設計や材料開発に必要な200~3000℃超における固体の複数の熱物性値を同時測定する装置を開発することを目標とする。本装置は、通電加熱とパルス光加熱を高速制御して試料を物性測定する際に必要な境界条件(温度・熱流環境)に瞬間的に保持すると共に試料の温度、電流、電圧、形状、光学特性を同時測定することで熱伝導率、熱拡散率、比熱、全放射率、分光放射率、電気抵抗率、熱膨張率を同時測定する。測定を1秒以内で終了させ、試料汚染を回避できると共に測定効率を画期的に向上させることを目指す。

平成23年度は、これまでに開発してきた測定装置、解析方法性能及び信頼性を評価するため、以下の物質についての比熱・放射率・電気抵抗率測定を行った。

1. 金属：V, Nb, Ta, Mo, Hf, W, Ni, Pd, Pt, Co, Fe, Zr
2. 炭素材料：等方性高密度黒鉛 IG110、ガラス状炭素 GC20SS、カーボンナノチューブ (IG110基盤上に垂直配向成長)

これらの測定の中で、特に炭素材料の測定を通じて、金属と比較して高い電気抵抗率を有する物質(炭素材料又は半導体)に適する解析方法及びにその不確かさ評価方法を新たに考案した。また、これら様々な試料の測定を通じて、最適な測定パラメータ(加熱速度、電圧測定レンジ、測定時間分解能、測定時間等)の収録を進めた。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 熱物性、金属、炭素材料、フラッシュ法、熱量法

〔研究題目〕 ヒト型糖鎖を均一に有する組換え糖タンパク質を高効率に生産する代替宿主としての酵母株の開発

〔研究代表者〕 安部 博子 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 安部 博子、富本 和也
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

高価なバイオ医薬の原料となる糖タンパク質を安全かつ安価に提供するだけでなく、低抗原化と薬効の向上を

目指して、生体内と同じ糖鎖もしくは高機能化できる糖鎖構造を均一に持った糖タンパク質を高効率に生産する出芽酵母株を開発する。

前年度までに開発済みのヒトの複合型糖鎖中間体(Man5GlcNAc2:M5)を生産する酵母株のO結合型糖鎖を抑制するために、Oマンノース転移酵素をコードするPMT1およびPMT2遺伝子の破壊をそれぞれ行いpmt1Δ破壊株、pmt2Δ破壊株、pmt1Δpmt2Δ2重破壊株を構築した。これらの株はN結合型糖鎖の改変に加え、O結合型糖鎖も抑制されているので、増殖能力の著しい低下が確認された。そこで、不均衡変異導入法を適用し各株に変異を導入することにより、増殖回復株を取得することができた。これらの株のO結合型糖鎖量を調べたところ、PMT遺伝子破壊株のO結合型糖鎖量は野生型株の約50%以下に低下していた。さらに、これらの株のタンパク質の生産性の向上を目指して、液胞タンパク質分解酵素をコードするPEP4およびPRB1遺伝子の破壊を加えた株の構築も行い、タンパク質の生産能の評価を行っている。さらに、ヒト複合型糖鎖構築に必要な糖転移酵素を様々な生物よりクローニングし、出芽酵母内で活性をもつ糖転移酵素群を明らかにすることができた。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 糖鎖、酵母、バイオ医薬品

〔研究題目〕 ニワトリ卵を用いた有用蛋白質大量生産法の基盤技術の開発

〔研究代表者〕 大石 勲 (健康工学研究部門)

〔研究担当者〕 大石 勲、吉井 京子、小島 正己
(常勤職員2名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

抗体医薬は、市場のニーズが高く今後の需要の増加も見込まれるが、蛋白質生産のコストが大きな問題となっている。ニワトリ卵は高純度の蛋白質を含み、親鳥の飼育も平易なため、有用蛋白質を安価に製造するバイオリクターとして期待されているが、実用化に向けての課題も多い。本研究では抗体医薬等の有用蛋白質を効率よく卵に蓄積しうるトランスジェニックニワトリの開発を目指した基盤技術の開発を行なう。

研究計画：

ニワトリ卵管特異的に医療用抗体分子を高効率に発現する制御系の開発、検証を行なうとともに、制御系を実際に搭載したトランスジェニックニワトリの樹立に向けた研究を実施する。

研究進捗状況：

Cre-loxP部位特異的組換え系を活用した抗体医薬高発現系が構築されたので、これをニワトリに導入する研究を行った。抗体医薬高発現系を導入した組換え細胞を初期胚に移殖し、生殖巣キメラを作製した。

移植細胞は生殖隆起に集積し、その後性腺や精巣特異的に集積する事が組織学的解析や分子生物学的解析から明らかとなり、生殖巣キメラヒヨコの樹立に成功したと判断される。性成熟後の精液中に抗体医薬高発現系遺伝子が同定されたが、現在まで後代は確認されておらず、実用化に向けて移植細胞の効率の良い精子分化研究が次の目標となる。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 抗体医薬、ニワトリ、遺伝子組換え

【研究題目】 DNA 伸長合成反応のリアルタイム1分子検出による高速 DNA1分子シーケンス技術の研究開発

【研究代表者】 平野 研 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 平野 研 (常勤職員1名)

【研究内容】

本申請研究では、DNA ポリメラーゼが伸長合成反応時に取り込む蛍光標識された塩基をその順番でリアルタイムに識別し、DNA1分子から超高速に DNA シーケンスを行う手法を確立し、将来的に装置実用化を行うための布石を構築することを目標としている。

完全 EM-CCD 化マルチカラー全反射顕微鏡の開発・評価では、光学フィルターの吟味などの細かな検討を行い、システム全体を完全に超高感度検出・リアルタイム同期検出が可能な4種類の蛍光色素1分子をリアルタイムに同時に検出できる全反射顕微鏡を構築できた。リンカー長・化学構造の選定、DNA ポリメラーゼの選定、最適蛍光色素 dNTP については、リンカー長・化学構造の選定では hydrocarbon 等のリンカー長を通常より2倍長として検討を行い、1.5倍程度の取込み活性向上を達成でき、DNA ポリメラーゼの選定では魚類の DNA ポリメラーゼ酵素を新たに発現・精製し、1分子シーケンス手法に有用である新たな酵素を探索することに成功し最適な酵素を選定することができ、最適蛍光色素 dNTP では昨年度選定した蛍光色素と今回検討したリンカー長・構造 (hydrocarbon 等) により合成可能鎖長を10塩基程度より合成することが可能となった。至適温度制御については、当初の計画より1年早く達成済みである。並列化処理の基礎的実証でも基礎的知見を得ることができた。リアルタイム DNA1分子シーケンスの検討では、昨年度および今年度に検討するマルチカラー全反射顕微鏡、最適蛍光色素 dNTP、温度制御、リンカーの長さおよび化学構造、改変等の最適な DNA ポリメラーゼを踏まえて、基礎的な1分子シーケンスを達成し、来年度に最終的な検証を実施する予定である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 ゲノム解析、DNA シーケンス、1分子計測、DNA ポリメラーゼ、テーラーメイド医療、遺伝子

【研究題目】 新規マイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター (MC-GDR) により爆発雰囲気完全に制御し、ナンバリングバックアップにより生産性を強化した、水素および空気 (酸素) の直接反応によるオンサイト過酸化水素合成プロセスのプロトタイプの開発

【研究代表者】 井上 朋也

(集積マイクロシステム研究センター)

【研究担当者】 井上 朋也、大瀧 憲一郎

(常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

目標:

安価かつ高品位の過酸化水素を供給できるオンサイト製造プロセスについて、マイクロ化学合成技術に立脚してプロトタイプを開発する。過酸化水素製造プロセスには水素および空気の直接反応プロセスを採用する。爆発リスクを著しく低減する観点から新規にマイクロ化学合成・ガス拡散型リアクター (以下 MC-GDR) を提案・製作する。さらに、MC-GDR の50~200倍へのナンバリングアップ技術を確立する。

研究計画:

今年度は、3次元方向のナンバリングアップ (パイルアップ) のための要素技術を確立する。

年度進捗状況:

気液混相反応に適した反応器を、ナンバリングアップ手法も含めて開発に成功した。さらに20気圧前後で安全に水素及び酸素の直接反応を行うための反応システムを確立した。触媒開発を加味することで、実用濃度である10重量パーセントの過酸化水素水製造を、室温、10気圧という、他の公知技術で困難であった穏和な条件下で達成できた。

3月11日の大震災により研究所の設備が著しく破損を来した。ドラフトの排気系統の破損によりナンバリングアップ検討や、クリーンルームにおける工程が必須なナンバリングアップリアクターの製造検討は7月上旬まで中断を余儀なくされた。やむを得ず代わりに触媒開発に注力し、水素収率の向上に注力したところ、新規に開発した Pd-Au 触媒を用いて水素に対する収率50%近くを達成した。

【分野名】 製造技術-生産プロセスの環境負荷最小化・安全化に係る技術

【キーワード】 マイクロリアクター、ナンバリングアップ、水素および空気 (酸素) の直接反応プロセス、過酸化水素

【研究題目】 マイクロリアクター技術に立脚した固定床型反応器開発およびナノ構造制御触媒の開発

【研究代表者】 井上 朋也

(集積マイクロシステム研究センター)

〔研究担当者〕井上 朋也、陸 明
(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

目標：

本研究開発では、現行のアントラキノン法に代わり、水素と空気（酸素）から過酸化水素を製造する直接反応法プロセスの開発を行う。本開発プロセスにより、石油由来のアントラキノンの使用量及び二酸化炭素排出量を低減し、環境負荷の低減を図るとともに、化学品原料の転換・多様化を実現する。とくに、安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行う。研究計画：

1kg/日相当の過酸化水素製造に対応できる、マイクロリアクター技術に立脚した固定床反応器を確立する。また、本反応器を用いたシステムにより過酸化水素製造を実証する。

年度進捗状況：

安全性と生産性の両立のため、迅速な熱交換及び気液の物質移動の促進に有用なマイクロリアクター技術による反応器の開発を行ってきた。

具体的には16倍のナンバリングアップリアクター（10%過酸化水素60g/d）の並列運転に必要な技術開発、とくに触媒開発と反応器製造技術開発を行い、1kg/日相当の過酸化水素製造に対応できる運転を実施した。

またマイクロリアクターでの反応速度論解析を実施し、収率に影響する反応条件の検討が進んだことで、今後の開発が加速される見込みである。

〔分野名〕製造技術－生産プロセスの環境負荷最小化・安全化に係る技術

〔キーワード〕マイクロリアクター、ナンバリングアップ、水素および空気（酸素）の直接反応プロセス、過酸化水素

〔研究題目〕微弱電磁波による異常状態判定システムの開発と応用

〔研究代表者〕鍛冶 良作（情報技術研究部門）

〔研究担当者〕鍛冶 良作（常勤職員1名）

〔研究内容〕

本研究では、私生活の「安心・安全」向上のために、転倒等の事故の自動検出技術を開発することを目指している。寝室や洗面所等での転倒を検出するには、カメラを用いるとプライバシーの侵害に該当することが問題となるため、個人情報取得せずに人の状態を判別する技術が必要である。本研究では、RFID タグが出す微弱電磁波の強度変化を利用して人の状態を判定する技術を開発することを目的とする。

4年計画の4年目である平成23年度は以下の項目を実施した。1. 特別養護老人ホームにおける転倒・徘徊状態

を数分以内に判断し、各所に設置された端末に呼び出し信号を出すシステムの構築、2. 転倒を起こしやすい人に特徴的なデータの有無を調査、自動抽出するプログラムの開発。具体的な実施内容は以下の通りである。

1. RFID センサから毎秒得られるデータをリアルタイムで処理し、トイレの使用状況、ベッド上での動作を分析して間接的に転倒・徘徊状態を数分以内に判断するプログラムを開発した。また、デモスペースのトイレにおける転倒、着席の判断を数秒で行うプログラムを開発した。この判断結果を無線 LAN 経由で、各所に設置した携帯端末から閲覧可能にした。成果の一部を学会で発表し、特別賞を受賞した。

2. 転倒を起こしやすい人に特有なベッド上での動作パターンを見出し、この波形を抽出するプログラムを開発した。分析結果を学会で発表した。老人ホーム関係者の見学に対応し、技術紹介とデモを行い、老人ホームへの試験導入の見通しを得た。

上記開発により当初の目標である、RFID タグシステムを利用した人の転倒状態を判別する情報処理システムの構築を行うことができた。

〔分野名〕情報通信・エレクトロニクス

〔キーワード〕RFID タグシステム、動体検知、状態検知、介護、防犯、環境電磁場

〔研究題目〕能動流体制御技術を用いたバーチャルブレード構築による風力発電システムの飛躍的な始動性及び設備利用率向上に向けた研究開発

〔研究代表者〕瀬川 武彦

(新燃料自動車技術研究センター)

〔研究担当者〕瀬川 武彦、湯木 泰親、前田 哲彦、小方 聡（常勤職員2名、他2名）

〔研究内容〕

自動車エンジンシステムを始めとするターボ機械のエネルギー効率を飛躍的に向上させ、将来的に自動車、大型風車、航空機、高速列車といった流体機械へ実装できる革新的な流体制御デバイスの創出に向け、プラズマアクチュエータから誘起される機能的なジェットとファイバーグレーティングを用いた流体検出センサを用い、時間変動する翼周りの剥離流れをリアルタイムで検出と制御ができる能動剥離制御システムの開発を行う。本研究では、設置スペースや回転数が能動剥離制御システムの性能評価試験を実施するうえで適している1kW 級小型風車を利用する。本年度は風車システムへの搭載に向けた前段として、NACA0024翼型及び NACA4418翼型を風洞試験部に設置し、Reynolds 数や主流に対する迎角の変化により発生する剥離流れをより低消費電力で抑制するための条件を見出すため、様々なプラズマアクチュエータ配置様式やジェット速度に対する剥離制御効果をPIV 計測及び揚抗比計測により明らかにした。また、3

次元造形装置を用いて試作した10種類の片持ち梁構造を翼型後縁部に装着し、ファイバグレーティングを用いて高感度で剥離を検出することができる片持ち梁構造の選定と剥離判定アルゴリズムの開発を行った。風力発電システムではタービンプレード上に設置した光ファイバを回転部から静止計測部へ導出するため、コリメータを介さない光ファイバロータリジョイントの試作を行い、回転数に対する光伝達損出の変化を評価した。さらにプラズマアクチュエータへ電力供給を行うため、回転部搭載型高電圧基板・バッテリーシステムの小型化を進めるとともに、静止部から回転部への非接触で送電するためのシステム開発を開始した。

〔分野名〕 環境・エネルギー

〔キーワード〕 アクチュエータ、剥離制御、空力、プラズマ技術、ファイバグレーティング、光ファイバロータリジョイント、非接触送電

〔研究題目〕 製造プロセスの高度化に向けた多様環境対応型 静電気計測技術の開発

〔研究代表者〕 菊永 和也

(生産計測技術研究センター)

〔研究担当者〕 菊永 和也、山下 博史、藤井 義貴

(常勤職員1名、他2名)

〔研究内容〕

生産現場に対応可能なアクティブ型の静電気計測技術を開発するために、帯電体振動法について検討した。ここでは静電気を帯びた物体を物理的に振動させて発生する電界に関連するパラメータの関係を明らかにすることを目標とした。

帯電体振動法により発生する電磁界を詳細に検討するため、電界・静電気量・空間変位・周波数・測定距離を系統的に評価するシステムを開発する。そのシステムを用いてパラメータの関係を明らかにする。

静電気評価システム、音波発生システムと電界受信システムから構成される統合自動計測システムを開発した。静電気評価システムでは表面電位、X-Y-Z ステージとレーザ変位計によって設置されたサンプルの表面電位と振動振幅を測定する。音波発生システムでは音響スピーカーとファンクションジェネレータによって任意の周波数や音圧の音波を発生させる。電界受信システムではアンテナとロックインアンプを組み合わせて電界の特性を分析することができる。これらを自動で制御可能なプログラムを開発することで、帯電体振動法の系統的な評価可能な自動計測システムを開発した。このシステムを用いて、サンプルの帯電量や音圧と誘起される電界特性の関係を調べたところ、表面電位と電界強度および空間変位と電界強度が比例関係にあることを明らかにした。さらに、測定対象物に様々な周波数の音波を照射して誘起される電界を分析したところ、測定対象物の振動数と

同じ周波数の電界が発生することを明らかにした。

〔分野名〕 標準・計測

〔キーワード〕 静電気、振動、音波、電界、非破壊計測、製造現場

〔研究題目〕 電氣的酵素反応駆動による高効率な物質生産技術の開発

〔研究代表者〕 三重 安弘 (生物プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 三重 安弘、艾澤 祥子

(常勤職員1名、他1名)

〔研究内容〕

目的：

高い生体親和性を有する導電性材料を合成・作製すること、及びこれらを用いて電極界面上に様々なナノ構造を構築する手法の確立を目標とする。これにより、酵素反応を利用するバイオプロセスの高効率化・低コスト化を実現するための「電氣的酵素反応駆動技術」を開発するための基礎が確立される。

研究計画：

本研究では、導電性ナノ構造を有する電極界面を用いて、該ナノ空間に酵素分子を埋め込み固定することで、「電極から酵素への迅速電子移動」と「電極上での酵素の失活防止」を実現する。

年度進捗状況：

本年度は、主としてナノ構造界面の構築・制御の検討を行い、下記の成果を得ることができた。1) オリゴDNA を用いたナノ構造界面：長さが6nm 程度のオリゴDNA の調製、電極界面上への固定化とその界面評価を行ったところ、電極に固定するためのテザー分子として、長鎖の分子構造を用いた場合に、短鎖(0.5nm 程度)のものより高密度に DNA 分子を配列できることを見出した。また、固定化時の溶媒のイオン強度を変化させることで、固定化量(ナノ凹凸構造の窪みの幅)を特定の範囲で調製できることも確認され、今後の電氣的酵素反応駆動の検証に有用な知見を得た。2) 芳香族分子を用いたナノ構造界面：電子を通しやすい π 結合を有する芳香族系分子を用いた種々のナノ構造界面の構築と同界面を用いたシトクロム P450酵素反応の電氣的駆動の評価を行ったところ、特定の芳香族分子で構築された界面上において比較的安定に同酵素反応を駆動できることを見出した。

〔分野名〕 ライフサイエンス

〔キーワード〕 バイオプロセス、酸化還元酵素、電氣的酵素反応駆動、ナノ構造界面

〔研究題目〕 ナノ結晶による低熱伝導率化を利用したシート状熱電発電モジュールの開発

〔研究代表者〕 馬場 創 (先進製造プロセス研究部門)

〔研究担当者〕 馬場 創、佐藤 宏司、舟橋 良次

(ユビキタスエネルギー研究部門)

(常勤職員3名、他1名)

[研究内容]

150℃以下の排熱は変換効率が悪い、フレキシブルで大面積な熱電発電技術による排熱回収が期待される。本研究では、エアロゾルデポジション法 (AD 法) でフレキシブル基材上に高性能熱電厚膜を形成し、150℃以下の排熱で発電できるシート状熱電発電モジュールを開発する。

本年度は、AD 法で銅基板上に 2mm 以上の膜厚で 97% 以上の相対密度を有する低熱伝導率の Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te₃ 厚膜形成に成功し、NEDO の中間審査の結果、事業継続が認められた。Bi_{0.4}Sb_{1.6}Te₃ は 150℃以下の廃熱を効率良く熱電変換できる半導体材料の 1 つであり、性能向上のためには導電率をできるだけ保持したまま熱伝導率を小さくする必要がある。成膜した厚膜の熱伝導率は焼結体の 20~30%程度であり、透過型電子顕微鏡を用いた分析の結果、厚膜中には熱伝導を抑制する多数の結晶粒界やナノポアが確認された。また、厚膜型熱電発電モジュールを試作し、高温側 78℃と低温側 30℃で 8.4W/m²の電力密度を得ることに成功した。現状のモジュールでも DC-DC コンバーターで昇圧してワイヤレスモジュールなどを駆動させることが可能である。

[分野名] ナノテクノロジー・材料・製造

[キーワード] 熱電変換、フレキシブル、高速成膜、熱伝導率、エアロゾルデポジション、微結晶構造、フォノン散乱

[研究題目] 酸化物交流電界発光原理の探求と素子開発

[研究代表者] 高島 浩 (電子光技術研究部門)

[研究担当者] 高島 浩 (常勤職員1名)

[研究内容]

ペロブスカイト型酸化物 (Ca_{0.6}Sr_{0.4})TiO₃:Pr を発光層とした二重絶縁構造をもつ EL 素子において低電圧駆動による赤色発光を確認した。(Ca_{0.6}Sr_{0.4})TiO₃:Pr を発光層とした非絶縁構造の EL 素子を作製し電氣的・光学的評価を行った。この単純構造の EL 素子作製・評価を通じて EL 素子作製の簡略化を図り、さらに発光の素過程を調査することを目的とした。パルスレーザー堆積法 (PLD) によって SrTiO₃:Nb (001) 単結晶基板上に発光層 (Ca_{0.6}Sr_{0.4})TiO₃:Pr を成膜し大気中 1000℃で5時間の熱処理を行い、上部電極として SnO₂:Sb (ATO) を成膜した。素子に周波数 1kHz の正弦波交流電圧を印加し、7V の時、目視で発光を確認した。7V 印加時の発光スペクトルで、波長 610nm に中心を持つ鋭いピークが得られ、純度の高い赤色であることを確認した。この発光は Pr³⁺イオンの¹D₂から³H₄のエネルギー遷移である。さらに透明電極パッド全体が発光し、面発光を確認した。印加電圧と電流波形・発光波形の相関を調

べた結果、電流と電圧に位相差はほとんどなく、抵抗性によって発光が生じていることがわかった。さらに、電圧・電流-発光波形の観測では、上部、下部の界面での発光に対称性がなく、下部界面近傍の発光が上部よりも強いことが分かった。結論として、これまでの無機 EL では発光機構が容量性によって支配されていたのに対し、ペロブスカイト型酸化物では抵抗性に支配されて発光が得られていることが新たにわかった。

[分野名] 情報通信・エレクトロニクス

[キーワード] ペロブスカイト型酸化物、電界発光、発光中心、二重絶縁構造

[研究題目] グリーン・ナノエレクトロニクスのコア技術開発

[研究代表者] 横山 直樹

(ナノエレクトロニクス研究部門)

[研究担当者] 横山 直樹、金山 敏彦、新谷 俊通、手塚 勉、入沢 寿史、小田 穰、白田 宏治、小池 正浩、上牟田 雄一、小野 瑞城、鎌田 善己、守山 佳彦、池田 圭司、古瀬 喜代恵、黒澤 悦男、太田 裕之、田邊 顕人、右田 真司、森田 行則、水林 亘、安田 哲二、森 貴洋、多田 哲也、前田 辰郎、内田 紀行、福田 浩一、昌原 明植、遠藤 和彦、松川 貴、柳永 勲、大内 真一、坂本 邦博、島 賢治、二葉 ドン、山田 健郎、桜井 俊介、小橋 和文、山田 真保、中村 紘子、鎌田 文典、佐藤 信太郎、原田 直樹、近藤 大雄、伊藤 正勝、林 賢二郎、山口 淳一、山田 綾香、中払 周、八木 克典、二瓶 瑞久、川端 章夫、佐藤 元伸、中野 美尚、高橋 慎、村上 智、新谷 俊通、富永 淳二、Paul Fons、Alexander Kolobov、Jan Hinnerk Richter、Robert Simpson、Milos Krbal、Xiaomin Wang、小高 貴浩、森川 貴博、秋田 憲一、添谷 進 (常勤職員59名、他7名)

[研究内容]

LSI およびエレクトロニクス機器の消費電力を従来比 1/10-1/100低減を目標に、下記3サブテーマの研究開発を平成25年度末まで実施する。

「低電圧動作 CMOS」:

III-V CMOS の Ni 合金メタル SD と Al₂O₃/HfO₂積層ゲート絶縁膜の開発で、低 EOT と低界面準位密度を両立させた。Si 基板上 Ge-CMOS で、NiGe/Ge 接合抵抗の低減と high-k/GeO₂界面層等の改善で、立体チャネル・完全空乏型の Ge ナノワイヤ p-FET を実現、高い

正孔移動度・電流値を達成した。新動作原理 CMOS で、従来 CMOS スイッチング急峻性理論限界を凌駕する TFET (SS=33mV/dec) の開発に成功した。

「ナノカーボン材料の開発と応用」:

半導体 CNT の選択成長を水分/水素量の制御で可能にした。300mm Si 基板上単層グラフェン合成を実現し、電子・正孔とも移動度 $3000\text{cm}^2/\text{Vs}$ が得られた。世界初のグラフェンの低リーク電流 P-I-N 接合デバイスを提案した。CNT 配線応用で、従来比10倍となる高密度 CNT ($1.4\text{g}/\text{cm}^3$) を実現した。

「バックエンドデバイス」:

第一原理計算で、SnTe、 HfTe_2 を用いた超格子相変化新材料が低消費電力化に有望である事を見出すとともに、超格子材料 $\text{GeTe}/\text{Sb}_2\text{Te}_3$ がトポロジカル絶縁性を示し、室温で巨大磁気抵抗値2000%を示すことを発見した。平成23年度で終了予定の本サブテーマは、想定外の成果を発展させるため24年度以降も継続する事とした。ナノカーボングループとの連携で、グラフェンと超格子相変化材料の組み合わせによる新物性発現の研究も開始した。

【研究題目】太陽エネルギーの化学エネルギーへの革新的変換技術の研究

【研究代表者】 佐山 和弘 (エネルギー技術研究部門)

【研究担当者】 佐山 和弘、草間 仁、三石 雄悟、
齊藤 里英、ワン ニイニイ
(常勤職員3名、他2名)

【研究内容】

太陽エネルギー利用の数少ない選択肢の一つとして、水を分解して水素と酸素を製造する太陽光水素製造技術は持続可能な水素社会実現のための理想的な技術である。本研究開発の目的としては、可視光応答性半導体を用いた光触媒及び多孔質光電極による水分解水素製造の研究開発に関して、太陽光による水分解水素製造の実用化のための基礎要素技術を開発することである。太陽エネルギーを直接化学エネルギーに変換・貯蔵できる。具体的には、多孔質半導体光電極の構造制御による高性能化、レドックス媒体を用いた効率的な光触媒—電解ハイブリッドシステムによる水素製造、高速自動半導体探索システムを用いた新規可視光応答性半導体探索などの研究を進め、上記目的を達成する。

水分解用光電極の高性能化に関しては、ナノ構造を制御した $\text{WO}_3/\text{SnO}_2/\text{BiVO}_4$ の三層構造の多孔質光電極を高濃度の炭酸塩電解液中で反応する事で BiVO_4 系としては最も高い太陽エネルギー変換効率 (外部バイアスロス考慮済み) が得られ、さらに光閉じ込め構造を利用することで全ての酸化物質光電極の中で世界最高効率の1.35%を達成した。この値は従来報告されている酸化物質光電極の変換効率の約2倍である。通常、電解による水の分解反応では、理論上1.23V以上、実際には過電圧の影響で1.6V以上の電解電圧が必要である。しかし、光

電極を用いれば、低い補助電源電圧 (この光電極では0.7V程度) で水を分解して水素を生成できるので水素製造の低コスト化につながる。また、光電気化学的手法による新規半導体の探索と多孔質半導体光電極の高性能化に関しては、n型半導体だけでなくp型半導体の探索を行い、銅との2元系や3元系複合半導体でカソード光電流を向上させる組成を見いだした。また、鉄イオンに替わるレドックスとして $\text{V}^{5+}/\text{V}^{4+}$ イオン対が新規レドックス媒体として有望であることを確認できた。

【分野名】 環境・エネルギー

【キーワード】 水素製造、光触媒、光電極

【研究題目】スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓

【研究代表者】 齋藤 秀和 (ナノスピントロニクス研究センター)

【研究担当者】 齋藤 秀和 (常勤職員1名、他1名)

【研究内容】

グリーン IT は、クリーンで持続可能な生活環境を守る上での柱となる技術であり、現在、IT 機器の省エネルギー化が求められている。このため、スピントロニクスと呼ばれる新技術の導入により、電子・光デバイスの消費エネルギーの劇的な削減を目指す研究が現在盛んに行われている。この技術を用いれば、磁性体が持つ電子スピン機能を半導体素子中で利用できることが見込まれるため、例えばスピントランジスタ等の革新的半導体素子の実現が期待されている。

p型ゲルマニウムは現行の半導体材料であるシリコンの数倍ものキャリア移動度を有することから、高速動作できる次世代トランジスタ材料として注目されている。したがって、p型ゲルマニウムに磁性体からのスピン情報を効率良く入力することができれば、グリーン IT 化に向けての大きな推進力となることが期待される。しかし、これまでスピン情報の入力の実現されていなかった。

これまで理論的には p型ゲルマニウムにおけるスピン緩和時間が室温では極めて短いと予想され、室温でのスピン入力は困難と考えられてきた。しかし、これまでの我々の研究で得られた半導体中のスピン緩和時間の実測値は、理論予測よりも遥かに長く、産総研のもつ強磁性トンネル電極作製技術をもってすれば、p型ゲルマニウムへの室温での電子スピン入力は十分可能と考え、その実証実験に取り組んだ。

具体的には、p型ゲルマニウム基板上とスピン情報源である鉄と厚さ約2ナノメートルの酸化マグネシウムを積層した素子を作製し、スピン入力実験を行った。この素子に垂直方向に電流を流すことにより、鉄からのスピン情報がゲルマニウム中へ入力される。ゲルマニウム中の電子スピン情報の有無は、ハンル効果と呼ばれる現象を利用して調べた。ハンル効果を観測するためには、磁性体膜に対して垂直方向に弱い磁界を印加する。これに

より、磁性体膜の磁化の向きを変えずに、ゲルマニウム中に入力された電子スピンの向きを変えることができるが、このとき、電極とゲルマニウム基板間の電圧を減少させるように電子スピンの向きが変化する。実験の結果、室温でハル効果を観測に成功した。ゲルマニウム中へ電子スピン情報を室温で入力できたことは、スピントランジスタに繋がる成果であり、将来のグリーン IT の発展に大きく貢献できると期待される。この成果は Applied Physics express 誌に掲載された。今後は、更なるスピン入力の高効率化を図る。

【分野名】情報通信・エレクトロニクス

【キーワード】スピントランジスタ、スピン注入、ゲルマニウム

【研究題目】RNA 合成酵素の反応制御分子基盤

【研究代表者】富田 耕造

(バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】富田 耕造、竹下 大二郎、杉本 崇

(常勤職員2名、他2名)

【研究内容】

本研究課題では、典型的な鋳型を用いない RNA 合成酵素、ウイルス由来の宿主因子と複合体を形成して機能する RNA 合成酵素、そして高次生命現象発現に関与する特殊な鋳型 RNA 合成酵素群に注目し、それらの酵素群の反応制御基盤を明らかにすることを目的とする。

本年度は、特にウイルス由来の翻訳因子と複合体を形成する RNA 合成酵素に焦点を絞り、RNA 合成における宿主由来の翻訳因子の機能を明らかにすることを目指して研究を遂行し、長年の謎であった翻訳因子の新たな役割を解明することに成功した。

具体的には、Q β ウイルスの RNA 複製酵素複合体 (ウイルス由来の RNA 合成酵素と蛋白質合成に必要な翻訳伸長因子 EF-Tu、EF-Ts からなる三者複合体) が RNA 合成を開始し、RNA 鎖を伸長していく過程を表した、複数の X 線結晶構造解析、および得られた構造を基にした、機能解析を行なった。この、一連の解析から、翻訳因子が鋳型となる RNA と合成された RNA からなる二本鎖をほどく事によって、RNA 合成伸長反応を促進する役割を有している事、さらに翻訳因子 EF-Tu が RNA 合成酵素と協同的に、一本鎖化された RNA の出口を形成する事により、完全に RNA 複製、転写が終結するまで、鋳型 RNA が複合体から解離するのを防ぐ役割を有している事を明らかにした。これらの解析は、翻訳伸長因子が RNA 伸長因子として働くといった新たな (本来の) 役割を解明したものであり、翻訳因子が、本来 RNA 合成因子として機能し、進化の過程で、蛋白質合成システムへ取り込まれた可能性を提示したものである。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】RNA 合成、蛋白質合成、ウイルス、宿

主因子、反応制御

【研究題目】ナノニードルアレイを用いた革新的細胞分離解析技術の開発

【研究代表者】中村 史 (バイオメディカル研究部門)

【研究担当者】中村 史、小林 健、山村 昌平、

雨宮 陽介、Yaron Silberberg、

Sathuluri Ramachandra Rao、

下奥 万梨恵 (常勤職員3名、他4名)

【研究内容】

本プログラムでは、抗体修飾ナノニードルアレイを用いて、生きた細胞を機械的に釣り上げ分離する技術の開発を行っている。平成23年度の研究では、ナノニードルアレイの試作、ナノニードルの挿入効率を最大にする手法の開発、ナノニードル表面へ多くのタンパク質を均一に修飾する方法の開発を行った。

4インチのシリコンウエハに対して、光リソグラフィとドライエッチングによってマイクロピラーアレイを作製し、このマイクロピラーアレイに対して1100°Cで湿式熱酸化を行うことで、SiO₂層を形成させた。その後、フッ化水素による SiO₂層除去によって、直径330nm、長さ11 μ m の高アスペクト比のナノニードルを作製した。レーザーステルスダイサーによってウエハを10mm 角に切断し、10mm 角あたりおよそ1万~4万本のナノニードルが配列したアレイを得ることに成功した。

ナノニードルの細胞挿入には細胞表面の繊維状構造が必須であることが明らかになっている。そこで、挿入効率増大のために細胞外マトリックス成分であるフィブロネクチンを用いたナノ薄膜を細胞表面に形成し、ナノニードル挿入効率の向上を検討した。その結果、ナノニードル挿入が困難なマウス繊維芽細胞 Balb3T3 と培養3日目の神経細胞において、ナノ薄膜形成後に、それぞれ24%、23%のナノニードルの挿入効率の増大が確認された。

蛍光タンパク質 GFP を用いて、ナノニードルアレイ表面へのタンパク質修飾方法を検討した結果、従来法と比較してナノニードルごとのばらつきを示す蛍光強度の変動係数が50%から11%に低減し、均一性の高いタンパク質修飾に成功した。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】ナノニードルアレイ、細胞分離、抗体

【研究題目】細胞内構造構築 RNA の作用機序と存在意義の解明

【研究代表者】廣瀬 哲郎 (バイオメディカル情報研究センター)

【研究担当者】廣瀬 哲郎、佐々木 保典、長沼 孝雄、

萬年 太郎、谷川 明恵、川口 哲哉、

水戸 忍 (常勤職員2名、他5名)

【研究内容】

本研究では、哺乳類ゲノムから産生される機能未知の非コード RNA (ncRNA) の中から、特に細胞内構造構築に携わる RNA の作用機構と生体機能を明らかにすることを目標としている。本研究では、実施者グループが同定した NEAT1 ncRNA による核内構造体パラスペックルの構造構築の分子機構の解明、パラスペックルの生体内機能と作用機構の解明を行う。また新しい細胞内構造構築 RNA を探索し、細胞内構造構築 RNA の存在意義を明らかにする。今年度は、NEAT1によるパラスペックル構造構築の複数の必須ステップと、そこに関わるタンパク質を明らかにした。特に構造構築に必須な NEAT1アイソフォームの選択的 RNA プロセッシング機構を解明した。一方、パラスペックルの標的遺伝子をマイクロアレイ解析により同定し、その遺伝子発現制御に複数のパラスペックルタンパク質が必須であること、NEAT1がそのタンパク質と結合することによって、そのタンパク質の制御機能が抑制されることを見いだした。これによってパラスペックルは、NEAT1 ncRNA-タンパク質間相互作用を介して、標的遺伝子の発現制御を行うことを明らかにした。また薬剤処理によって NEAT1 の発現誘導を通じたパラスペックル肥大化現象を見だし、その肥大化の結果、NEAT1へのパラスペックルタンパク質の係留が増加し、その結果として上記制御機構に乗っ取った標的遺伝子の発現抑制が誘発されることを証明した。この他に、理研との共同で NEAT1の KO マウスの解析を進めた。この他に新しい細胞内構造構築 RNA の探索系を整備し、いくつかの候補を取得した。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 核酸、RNA、遺伝子発現制御、細胞内構造、疾患

【研究題目】 骨導超音波知覚の解明に基づく最重度難聴者用の新型補聴器の開発

【研究代表者】 中川 誠司 (健康工学研究部門)

【研究担当者】 中川 誠司、保手浜 拓也、籠宮 隆之、大塚 明香、川村 智、藤幸 千賀、鈴木 茉莉緒 (常勤職員1名、他6名)

【研究内容】

従来の補聴器を使用しても聴覚を回復することができない重度難聴者は、日本国内に約85000人存在する。一方、骨導 (骨伝導) にて呈示された周波数20kHz 以上の高周波音 (骨導超音波) であれば、聴覚健常者はもとより、重度感音性難聴者であっても知覚することができる。本研究では、骨導超音波知覚を利用した重度難聴者用の新型補聴器 (骨導超音波補聴器) に実用的な性能を持たせることを目的として、信号処理方式や振動子呈示方式の最適化や、安全基準・適用基準策定のための神経生理メカニズムの解明などに取り組んだ。

骨導超音波補聴器ではおよそ30kHz の骨導音を振幅

変調することで、音声情報の伝達が図られる。新しい振幅変調方式 (transposed 方式) の導入によって、音質の向上や消費エネルギーの低減が可能であることを見いだした。また、骨導音の周波数の変化に伴うピッチおよびラウドネスの変化を調べ、低周波では骨導音と気導音のメカニズムはおよそ同様だが、周波数10kHz 付近から両者に乖離が生じることを確認した。さらに、被験者頭部の左右二カ所々に呈示された骨導超音波の干渉を計測することで、頭部内の伝搬速度を推定し、骨導超音波の伝搬速度は300m/s 強で、知覚に支配的に影響を及ぼすのは縦波ではなく、横波、もしくは板波であることを見いだした。これらの知見は、骨導超音波補聴器の明瞭性や音質の向上や知覚メカニズムの解明、最適な振動子配置の決定に有用である。

【分野名】 ライフサイエンス

【キーワード】 骨導、超音波、補聴器、明瞭性、知覚メカニズム、頭部内伝搬

【研究題目】 遺伝子転写制御機構の改変による環境変動適応型スーパー植物の開発

【研究代表者】 藤原 すみれ (生物プロセス研究部門)

【研究担当者】 藤原 すみれ (常勤職員1名、他7名)

【研究内容】

我々は、植物の遺伝子の働きを調節する転写因子の働きを人為的に制御してスーパー植物を開発することにより、人類が抱える様々な問題を解決することを目指している。具体的には、二つのアプローチで研究を進めている。一つ目の「転写抑制機構に関わる新規因子の単離およびメカニズムの解析」では、植物の転写抑制の基本メカニズムを解明し、得られた知見を応用して斬新な遺伝子発現制御法を開発することを目指す。二つ目の「転写抑制因子を転写活性化因子に転換する植物の作出・解析」では、転写抑制因子を人為的に活性化因子に転換することで、過酷な環境下でも生育できるなどの有用形質を付与したスーパー植物を作出し、応用化を目指す。両者とも、植物の力を利用してグリーン・イノベーションの推進を目指すものである。

一つ目のプロジェクトでは、転写抑制時に特異的に転写因子と共に複合体を形成する候補因子を発見した。また、転写抑制ドメイン付加時に転写因子が通常と異なる挙動を示す可能性を示す結果を得た。

二つ目のプロジェクトでは、転写抑制因子として機能すると想定される約300個の転写因子に転写活性化ドメインを付加し過剰発現させる系統の形質転換体を作成し、有用形質を示す系統を探索する計画である。平成23年度には、約160系統分のコンストラクト作成を終了し、約120系統分の形質転換種子を得た。栽培試験を順次進めていく中で、通常では見られない強烈な形質を示す植物が多数単離されている。また、過酷な条件下で生存できる植物の探索も開始した。

【分 野 名】 ライフサイエンス
 【キーワード】 植物、シロイヌナズナ、転写因子、環境変動、グリーン・イノベーション

【研究 題目】 アジア有害元素汚染地域における食のリスク評価と専用大気 PIXE 分析システムの構築

【研究代表者】 村尾 智 (地圏資源環境研究部門)

【研究担当者】 村尾 智 (常勤職員1名)

【研究 内容】

大気専用 PIXE の開発を行い、特に、ビーム照射によって帯熱・揮発する油脂類について、分析可能なシステムを立ち上げた。標準試料およびバター等の試料を繰り返し分析し、信頼性を確認した。また、モンゴル国北部のスマールスケールマイニング地帯を対象として、現地調査、環境試料分析と、分析値に基づくリスク評価を行った。

【分 野 名】 地質

【キーワード】 リスク評価、油脂、重金属、土壌汚染、PIXE

【研究 題目】 がん早期発見のための PET 診断技術の開発 インビボ評価 (病理学的解析)

【研究代表者】 池原 譲 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】 池原 譲、山口 高志、池原 早苗、橋本 美香 (常勤職員1名、他3名)

【研究 内容】

本研究は、NEDO プロジェクトとして実施中の「がんの性状をとらえる分子プローブ等の研究開発」では、PET と他の画像診断機器 (SPECT、MRI) とを組み合わせたマルチモダリティイメージング新規プローブの開発に、参加して行う課題である。ここでは、①乳がん、②前立腺がん、③膵がんを主たる標的とし、既存プローブとの組み合わせ法の確立や、各種 MRI 画像との組み合わせについての検討を実施しているところである。池原研究室では、京都大学と連携して、各種のがんに対して作成されるプローブの画像組み合わせ法について、インビボでの効果判定を進めている。さらには、インビボ動物モデルでのターゲットプローブの実用性の検証を行なう際に必要となる新たなモデル評価系の構築を進め、本年度までにすい臓がんモデルを確立した。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 がん、イメージング、早期発見

【研究 題目】 肝疾患病態指標血清マーカーの開発と迅速、簡便かつ安価な測定法の実用化

【研究代表者】 成松 久 (糖鎖医工学研究センター)

【研究担当者】 成松 久、梶 裕之、久野 敦、梅谷内 晶、佐藤 隆、雄長 誠、曾我部 万紀、清原 克恵、海野 幸子、

村上 仁子、鉄羅 奈央子
 (常勤職員5名、他6名)

【研究 内容】

目標：

C 型慢性肝炎患者の多くは、肝線維化が進展し、肝硬変を経て、やがて肝がんを発症する。この慢性肝炎の治療には抗ウイルス療法が適用されるが、その効果判定や肝硬変、肝がんハイリスク群のエンリッチには肝線維化の程度を知ることが重要である。しかしその判定は高侵襲性の生検によるため、臨床上の隘路となっている。また、現行の肝がんマーカーでは、早期発見は難しい。我々はこれまでに肝臓由来血清糖タンパク質の糖鎖構造が、肝疾患の進展に伴って変化することに着目し、肝線維化および肝がんマーカーの候補糖タンパク質を多数見いだした。そこで本研究では、肝線維化マーカーについては血清を用いた測定法を確立し、多施設・多検体での有効性検証を行って実用化を図る一方、並行して新たな肝がんマーカーの探索とその正当性検証を目的とする。

研究計画：

肝線維化進展の指標となるマーカーの実用化には、臨床的有効性の検証が必須であるので、多数の臨床機関が参画する共同研究体制を確立した。この体制は国立国際医療研究センター肝炎・免疫研究センターを中核機関とし、参画機関からは、適切な手順と情報管理のもと、試料 (血清) や臨床情報を収集し、規格化された方法で多検体測定を実施することとした。線維化マーカーの正当性検証は、まず肝生検・病理診断済み HCV 感染患者血清125検体を対象に線維化の進展評価や肝硬変検出に有効なレクチンを絞り込み、さらに別の血清275検体を用いて正当性検証試験を行った。その結果、線維化の中期 (線維化ステージ F2- 3- 4) から線維化後期 (F3- 4) の診断に関して、既存の線維化マーカーであるヒアルロン酸、IV 型コラーゲン、及び FIB-4よりも優れていることが判明した。線維化マーカーの成績は良好で、さらに検体数を拡張することで実用化が加速されると考えられる。また、新規がんマーカー候補の1つについて、抗体-レクチンのサンドイッチ ELISA 系を構築し、100検体の肝疾患患者血清を用いて検証した結果、肝がん患者群は肝炎患者群よりも有意に値が上昇している事が確認された。

一方、新規の肝疾患 (肝がん) マーカーの開発は、肝がん細胞培養液や患者血清より、糖鎖プロファイル分析およびグライコプロテオミクス技術によってスクリーニング、選別した糖タンパク質群から、有望な候補糖タンパク質を絞り込んでいる。

【分 野 名】 ライフサイエンス

【キーワード】 糖鎖、糖タンパク質、疾患糖鎖バイオマーカー、グライコプロテオミクス、肝臓疾患、肝線維化、迅速診断

〔研究題目〕岩石海岸地形の総合カタログに基づく地震隆起・地震発生予測に関する研究

〔研究代表者〕宮内 崇裕 (千葉大学)

〔研究担当者〕宮内 崇裕 (千葉大学)、前杵 英明 (広島大学)、長岡 信治 (長崎大学)、堤 浩之 (京都大学)、金田 平太郎 (千葉大学)、宍倉 正展 (活断層・地震研究センター) (常勤職員1名、他5名)

〔研究内容〕

日本列島沿岸地域における岩石性の離水海岸地形について、その分布を全国で網羅的に記載したカタログを整備することを目的に、4年計画で1/20万地勢図を1単位として分担して空中写真判読を行った。本年度に関して、分担者の1人の宍倉は、「富山」、「輪島」、「七尾」の3単位を担当し、空中写真判読を行った結果、おもに能登半島沿岸で完新世に形成されたと考えられる海岸段丘を検出し、その区分図を作成した

〔分野名〕地質

〔キーワード〕岩石海岸地形、離水海岸地形、地震隆起、空中写真判読

〔研究題目〕巨大地震断層の力学的・水理学的特性の解明

〔研究代表者〕金川 久一 (千葉大学)

〔研究担当者〕金川 久一 (千葉大学)、堤 昭人 (京都大学)、高橋 美紀 (活断層・地震研究センター)、廣瀬 丈洋 (JAMSTEC) (常勤職員1名、他3名)

〔研究内容〕

南海トラフ付加体浅部から採取された泥岩試料の微細構造観察と破壊・摩擦・透水実験を行い、以下の成果を得た。各研究機関の持つ試験機の特性を活かし、付加帯泥岩の広範囲の速度に対する強度の変化を捉えることを試みている。これら結果の中で産総研が主に実施した内容における成果は以下のとおりである。

IODP EXP. 315掘削地点 C0002の海底下約1000m から採取されたタービダイト起源の泥質堆積物と半遠洋性起源の泥質堆積物の2試料粉末について、室温・原位置圧力・間隙水圧・滑り速度0.1~10 $\mu\text{m}/\text{sec}$ の低速三軸摩擦実験を実施した。半遠洋性泥岩はタービダイト性泥岩に比べて摩擦強度は低く、滑り軟化を示した。両試料とも変形速度を急変させたときに現れる遷移挙動は流動の性質を示し、また摩擦強度の速度依存性は正であったが、どちらかと言うと半遠洋性泥岩の方がより顕著な流動挙動と正の速度依存性を示した。

〔分野名〕地質

〔キーワード〕南海トラフ、付加帯、泥岩、破壊強度、浸透率、剪断試験

〔研究題目〕材料オントロジーの拡張と国際化による材料データ交換手法の確立

〔研究代表者〕山下 雄一郎 (計測標準研究部門)

〔研究担当者〕山下 雄一郎 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

目標：

材料科学に関する各種の概念、物性、材料名、プロセスなどの関係を記述した一種の辞書といえる標準的なオントロジーを確立し、国際的な枠組みで進んでいるオントロジー整備の動きに参画してゆくとともに、単なる概念辞書を越えた材料科学の知識表現へと拡張することを目標とする。

研究計画：

産総研分散型熱物性データベースをモデルデータとして活用し、基礎的な材料オントロジーを確立し、さらにその拡張についての検討を行う。特に式データの表現について検討を行い、国際的な材料データ交換手法確立における課題などを洗い出す。

年度進捗状況：

産総研分散型熱物性データベースに収録された数式データ (ファクトデータ) 約300件を抽出し、変数定義と合わせてモデルデータを共同研究者に提供した。MathML形式およびOpenMathでの数式表現を検討した結果、将来規格であるOpenMathを用いて材料オントロジーにおける数式表現を行うことを決定した。また、分散型熱物性データベースに収録された大部分の式データはOpenMath形式で記述できることを確認した。

新たなモデルデータの作成についても取り組み、比熱容量、エンタルピーに関する熱力学データ推奨値について、Haas-Fisher式によるフィッティングを実施し、推奨値を物理的に矛盾がなく、かつ精度よく再現する方法を考案した。

本年度の取り組みの結果、材料・物性分野に於ける数式データ表現では、式定義域や多区間に分割された式の表現方法を考慮する等の新たな課題があることを見出した。

〔分野名〕計測・計量標準

〔キーワード〕熱物性データベース、材料設計、シミュレーション

〔研究題目〕循環資源を対象にした国際貿易モニタリングシステムの構築

〔研究代表者〕布施 正暁 (安全科学研究部門)

〔研究担当者〕布施 正暁 (常勤職員1名)

〔研究内容〕

国際的な廃棄物の適正管理および資源の有効利用の観点から、中古製品・二次資源といった循環資源の国際貿易モニタリングシステムの確立が求められている。モニタリングシステムとして、各国の税関システムを通じて整備される貿易統計を積極的に活用することが現実的な

選択肢である。しかし、貿易統計の品目分類は一部の品目を除いて新製品と中古製品の区別が行われていないため、貿易統計から中古製品の輸出入量に関するデータを直接入手できない（品目分類問題）。また、中古製品・二次資源貿易の場合、輸入規制を免れるための品目変更や密輸といった違法行為が横行し、輸出国と輸入国の貿易統計で報告される輸出货量と輸入量が一致しない問題が見られる（不整合問題）。

本研究は、中古製品・二次資源の国間貿易量推計手法を確立することで、貿易統計を活用した循環資源の国際貿易モニタリングシステムを構築した。開発した国間貿易量推計手法は品目分類問題に対処する中古製品分割モデルと不整合問題に対処する輸出入データ統合モデルから構成される。中古製品分割モデルは新製品と中古製品が分割されているタイヤのデータを事前情報に用いるベイズ分アプローチを採用した。輸出入データ統合モデルでは輸出货量、輸入量のもつ系統誤差を補正・統合化する統計手法を開発した。以上の国間貿易量推計手法を用いて、中古車、中古家電（パソコン、テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン等）、鉛屑を対象にした国間貿易量データベースを整備した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】循環資源、国際貿易、系統誤差、ベイズ分析

【研究題目】製鋼スラグと腐植物質による生態系修復技術の受容性と環境リスクの総合評価

【研究代表者】駒井 武（地圏資源環境研究部門）

【研究担当者】駒井 武、川辺 能成、竹内 美緒、原 淳子、福岡 正巳、山本 光夫、肴倉 宏史（常勤職員4名、他3名）

【研究内容】

本年度は環境微生物の観点からの製鋼スラグおよび腐植物質との相互作用に関する検討を行い、以下のことが明らかになった。①模擬海水による溶出試験を行った結果、淡水と海水の系とを比較すると全溶出量は海水の方が多くなった。これは、海水によりスラグ中の金属が腐食し、溶出しやすくなったことも一つの要因があるが、海水中における微生物群に鉄還元活性の高い微生物が存在する可能性が考えられた。②模擬水槽に設置した製鋼スラグと堆肥混合体における微生物分析（DGGE 解析）の結果、模擬水槽中に腐植物質であるパーク堆肥あるいは製鋼スラグとの混合体を設置した場合には、腐植物質を利用する微生物が存在しており、これらの微生物群がエレクトロンシャトルリングによって製鋼スラグ中に存在する不溶性 Fe(III)の還元を仲介す可能性が示唆された。

以上の結果より、製鋼スラグや堆肥による海域の修復には微生物群が大きく関与しており、これらを適切に供与することにより生態系修復に大きく寄与するものと考えられた。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】土壌汚染、微生物、腐植物質、スラグ、環境修復

【研究題目】石垣島・宮古島における津波堆積物の調査－巨大地震を繰り返す琉球海溝沈み込み

【研究代表者】安藤 雅孝

（台湾中央研究院地球科学研究所）

【研究担当者】安藤 雅孝、中村 衛（琉球大学）、宍倉 正展（活断層・地震研究センター）（常勤職員1名、他2名）

【研究内容】

琉球海溝沿いに発生した過去の巨大地震に伴う津波について、その履歴解明のために、ジオスライサー掘削およびピット掘削による津波堆積物調査を行った。調査場所は石垣島における3地点（新川、名蔵、桃里）である。各地点で得られた試料のうち、10点の14C年代測定を実施し、また一部で有孔虫分析も行った。その結果、1771年八重山津波によって堆積した可能性のある層準を確認した。

【分野名】地質

【キーワード】琉球海溝、石垣島、宮古島、巨大地震、1771年八重山津波、津波堆積物

【研究題目】労働災害の発生抑制を目指した、経済学（ゲーム理論）に基づくヒューマンエラー発生確率の定量化手法の開発とそのリスクアセスメントへの導入

【研究代表者】牧野 良次（生物プロセス研究部門）

【研究担当者】牧野 良次、和田 有司、和田 祐典、松倉 邦夫（常勤職員2名、他2名）

【研究内容】

本研究の目的は、労働災害に関する危険性・有害性等の調査（リスクアセスメント）における災害発生確率の評価精度向上と労働災害による死傷者数の減少に貢献するため、経済学における最重要概念である「インセンティブ（誘因）」の考え方を理論的基礎として、ヒューマンエラー発生確率の定量化手法を開発することである。平成23年度では、「研究項目①新しい観点からの労働災害事例分析」として、事故事例データベースからヒューマンエラーに関連する498件の事故事例を抽出し人的要因・組織要因に着目した上で（a）事故原因の概念モデルによる分類、（b）エラー内容による分類を行った。「研究項目②ヒューマンエラー発生メカニズムの経済学的分析」では、ヒューマンエラー発生メカニズム分析の一例として、「Are Flexible Workers Truly More Accident-prone?（非正規雇用者は本当に労災に遭いやすいのか?）」と題した研究を行った。アンケートデータを用いた統計分析では、非正規雇用者が正規雇用者よ

り労災に被災しやすいとの結果は得られなかった。雇用形態よりも事業所内でのルール違反の横行といった要因が労災発生頻度に影響しているようである。「研究項目⑥国内外の政策動向の情報整理」では諸外国の労働安全衛生関連法規等を分析した。企業による利益の追求とコンフリクトを生じやすい労働安全衛生においては、労働者の安全確保のため、法律による規制は重要なインセンティブとなりうる。本研究では、各国（アメリカ、イギリス、中国、タイ、台湾、ブラジル、ベトナム、インド）の法律による規制が安全向上・リスク低減にどう取り組んできたかを検討した。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】労働災害、リスクアセスメント、経済学、インセンティブ

【研究題目】フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発

【研究代表者】亀井 利浩

（集積マイクロシステム研究センター）

【研究担当者】亀井 利浩、眞子 祥子（ネットワークフォトニクス研究センター）

（常勤職員1名、他1名）

【研究内容】

現在、大規模集積回路においては、データ遅延や電力消費といった電気配線に起因する問題が顕著となりつつあり、シリコン光配線が注目されている。このような状況の中、産総研は、東京大学等と協力して、フォトニクスとエレクトロニクスが融合した、新しい集積化システムの研究を進めている。将来的な高機能・高密度光回路の実現には、3次元化が不可欠であるため、産総研では、特に、アモルファスシリコンフォトニクス技術に注力している。アモルファスシリコンは低温プロセス（300℃以下）により、シリコン電子回路上に形成可能であるため、バックエンドプロセス（シリコン電子回路等の作成後に光回路を作製する）との整合性が高いからである。最終的に3次元光配線を実現するには、高性能な変調器が必須であるため、「アモルファスシリコン変調器」の開発を進めている。

平成23年度は、プロセスの実現性を勘案しつつ、光学シミュレーションによりアモルファスシリコン変調器の構造を確立した。

【分野名】ナノテクノロジー・材料・製造

【キーワード】3次元光回路、シリコンフォトニクス、アモルファスシリコン、大規模集積回路

【研究題目】妊娠・授乳期における医療用医薬品の使用上の注意の在り方に関する研究

【研究代表者】吉川 裕之（筑波大学大学院）

【研究担当者】江馬 眞（安全科学研究部門）（他2名）

【研究内容】

本研究の目的は、妊婦及び授乳婦に対する医薬品の催奇形性等の発生毒性のリスクを臨床現場で正しく理解するために、本邦独自のリスク分類を確立することである。そのためには動物実験による胎児及び新生児に対する有害影響を正確に把握する必要がある。動物を用いた発生毒性試験結果の解釈には試験に用いた動物の背景対照データが必要不可欠である。

本年度は、ウサギの発生毒性試験の背景対照データを整理した。1994-2010年に実施されたウサギ出生前発生毒性試験に関する背景対照データを国内の20機関（製薬会社：11社、受託研究機関：9社）から収集した。1994-2000年、2001-2010年の間に10試験以上実施した機関のデータを用いて本報告書を作成した。日本白色（JW）及びニュージーランド白色（NZW）ウサギが使用されていた。帝王切開データ、胎児の自然発生奇形に関するデータを収集した。母体生殖指標、胎児の形態学的所見は先の報告とほぼ同様であった。胎児の外表、内臓、骨格奇形の頻度には機関間の差がみられたが、これらは機関毎の所見の分類基準の差によるものと考えられた。ウサギの背景対照データを整理したことにより、ウサギを用いた発生毒性試験結果をより正確に解釈することが可能となる。

【分野名】ライフサイエンス

【キーワード】動物実験、発生毒性、催奇形性、胎児毒性、ウサギ

【研究題目】廃油脂類を原料とした動脈静脈連携型の次世代バイオディーゼル燃料製造技術の開発と評価

【研究代表者】鳥羽 誠

（新燃料自動車技術研究センター）

【研究担当者】鳥羽 誠、望月 剛久（常勤職員2名）

【研究内容】

本研究では、廃油脂類からの次世代バイオディーゼル燃料化を目的として廃油脂類の水素化脱酸素処理を行い、触媒の金属種のスクリーニングによる脱酸素挙動の解明、原料油性状による影響を調べ、得られた燃料品質の評価により最適な反応条件を見出すための検討を行った。本年度の進捗状況は以下の通り。

廃食用油を0～15重量%軽油に混合し、水素圧5MPa、反応温度320～350℃の条件で固定床流通式反応装置により水素化脱酸素/脱硫反応を行った結果、全ての条件において廃食用油の脱酸素反応は完全に進行するのに対し、脱硫率は反応温度の上昇に伴い向上し、廃食用油混合率10重量%混合以下では軽油とほぼ同等であった。しかし、15重量%混合すると脱硫率の顕著な低下が見られた。生成油中に残存する硫黄化合物は、通常の軽油の脱硫と同様に難脱硫性化合物とされる4,6-ジメチルジベンゾチオフェンやトリメチルジベンゾチオフェン類であった。油

脂の脱酸素機構の検討から、脱炭酸ないし脱カルボニルによる生成物に対する水素化による生成物の割合は、反応温度や油脂の混合割合に依存し、反応温度が高い場合に脱炭酸ないし脱カルボニル反応で脱酸素する傾向が見られた。廃食用油混合軽油の水素化脱酸素／脱硫における水素消費量を比較した結果、顕著な温度依存性や混合割合に対して一義的な増加傾向は示さず、10重量%以上でかなり多くなることがわかった。水素消費量の低減を目的に、脱硫性能が高く水素消費量が低いとされるコバルト-モリブデン硫化物触媒の適用を試みたところ、脱硫活性はニッケル-タングステン硫化物触媒に比べて低かった。触媒の調製法を見直した結果、340℃以上ではほぼニッケル-タングステン硫化物触媒に匹敵する脱硫活性を有し、水素消費量の低いコバルト-モリブデン硫化物触媒を得ることができた。

廃食用油に代えて泥状トラップグリースを軽油に10重量%混合し、ニッケル-タングステン硫化物触媒を用いて水素化脱酸素／脱硫反応を行ったところ、廃食用油混合油に比べて脱硫活性が低下した。両者の反応性の差は、酸価が極めて高いトラップグリースの酸による脱硫活性点の被毒が原因であると推定された。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】第二世代バイオディーゼル、廃油脂、水素化脱酸素

【研究題目】秋吉帯石灰石鉱床におけるリン偏在の実態解明とその要因に関する研究

【研究代表者】中澤 努（地質標本館）

【研究担当者】中澤 努、岡井 貴司、上野 勝美
（常勤職員2名、他1名）

【研究内容】

一般に、付加体に包有される海洋島起源の石灰石鉱床は、炭酸カルシウムの純度が極めて高く、不純物が少ないことを特徴としている。しかし場所によりリンが偏在して多く含まれるケースが知られており、そのような石灰石は鉄鋼向けやカーバイド向けとしては不向きである。本研究では、秋吉帯の石炭-ペルム紀石灰岩を例に、石灰石鉱床中のリンの偏在の実態とその要因を明らかにすることを目的として、秋吉帯に属する海洋島起源の青海石灰岩、秋吉石灰岩、帝釈石灰岩、日南石灰岩から採取した計128試料について、誘導結合プラズマ発光分光分析法を用いてリンの含有量を測定した。またこれら石灰岩試料に含まれる化石及び岩相から堆積年代と堆積環境を推定し、年代・堆積環境の違いによるリン含有量の差異について検討した。その結果、秋吉帯海洋島石灰岩の一般的なリン含有量（ P_2O_5 の質量分率%）は0.01～0.02%程度と考えられるが、Bashkirian から Moscovian の礁中心部の石灰岩にはリン含有量が0.03%を超えるものがしばしば認められること、礁中心部の石灰岩でも Viséan や Serpukhovian, Gzhelian の各時代

のものはさほど高くはなく平均的な値であること、背礁の石灰岩は Bashkirian や Moscovian の年代のもでも概ね0.01%以下と低いことが明らかとなった。すなわち本研究で分析した年代・堆積環境に限定して言えば、低リン石灰石を対象とする鉱山開発の場合、鉱業的に最もリスクが低いのは背礁の石灰岩であり、ある程度のリスクが予想されるのは Bashkirian から Moscovian の礁中心部の石灰岩であると考えられる。

【分野名】地質

【キーワード】石灰石鉱床、リン含有量、秋吉帯、石炭紀、ペルム紀

【研究題目】溶融炭酸塩を用いた使用済み電子機器からのレア金属の回収

【研究代表者】加茂 徹（環境管理技術研究部門）

【研究担当者】小菅 勝典、竹森 信、小寺 洋一、
中尾 和久、張 尚中
（常勤職員4名、他2名）

【研究内容】

使用済み電子機器には金などの貴金属の他にレアメタルなどの有用資源が多く含まれており、これらの資源を回収することは廃棄に伴う環境負荷を低減するだけでなく、電子産業に必須の戦略資源を確保するために重要である。本研究グループでは、溶融混合炭酸塩を用いて使用済み電子機器の筐体、基板、配線等の有機成分をガス化することにより、従来の手作業や物理的な分離法に比べて効率良く金属などを回収し、しかもこれまでほとんど有効利用されていないプラスチックなどの有機材料をエネルギー源として利用できる技術を開発している。

平成23年度は、エポキシ基板、フェノール基板および実際の使用済み電子基板を混合炭酸塩共存下で水蒸気ガス化し、反応挙動を検討した。エポキシ基板の水蒸気ガス化では、固体の残渣、溶融炭酸塩および気体の水蒸気の物理的な接触が重要であり、微量の溶融炭酸塩を添加すると有機成分のガス化が優先して起こり、金属やガラス繊維を容易に回収できることが分かった。またフェノール基板の水蒸気ガス化では、試料粒径が十分小さい場合には溶融炭酸塩が粒子内部に浸透するためにガス化反応が粒子内で均一に起こるが、粒径が大きい場合には溶融炭酸塩が一定の厚さまでに浸入した外層でガス化が起こり、外層が消失した後はチャー表面でガス化が起こることが分かった。本実験条件下では、通常の条件下で極めて熱分解され難いポリイミドフィルムでも容易にガス化され、またタンタルコンデンサーは550℃程度の比較的低い温度でモル樹脂がガス化され容易にタンタル焼結体が回収できることが分かった。

【分野名】環境・エネルギー

【キーワード】レアメタル、水蒸気ガス化、廃電子機器、炭酸塩、水素

2. 事業組織・本部組織業務

産総研発足時に、旧工業技術院傘下の各研究所等に分散していた研究関連業務、管理業務等を可能な限り集中し、研究開発を支援する業務を担う「研究関連・管理部門等」を設置した。電子化・ネットワークを活用した事務処理により各業務の効率化・迅速化を図り、無駄のない業務運営を行っている。また、各業務の実績と運営状況を常に把握し、評価結果、社会状況を踏まえた経営判断により、コンプライアンス対応体制や産学官連携体制の強化、個人情報保護のための体制整備等最適な体制に向けて不断の見直しを行っている。

平成22年10月に組織及び業務体制の見直しを行い、研究開発の支援業務に携わる従前の「研究関連・管理部門等」から、より効率的かつ質の高い研究支援体制（「事業組織」及び「本部組織」）へ変更した。

(1) 事業組織

「研究関連・管理部門等」に集中処理していた業務の一部を、現場で判断し、迅速に執行すべく、一体的かつ自律した業務執行体制を確立した。具体的には、「事業組織」のトップ（「管理監」、「地域センター所長」）の下に、「研究業務推進部」又は「研究業務推進室」を配置するとともに、地域センターにおいては、所長の下に、「産学官連携センター」を配置した。

【事業組織】

- ・東京本部
- ・北海道センター
- ・東北センター
- ・つくばセンター（つくば中央第一事業所、つくば中央第二事業所、つくば中央第三事業所、つくば中央第四事業所、つくば中央第五事業所、つくば中央第六事業所、つくば中央第七事業所、つくば西事業所、つくば東事業所）
- ・臨海副都心センター
- ・中部センター
- ・関西センター
- ・中国センター
- ・四国センター
- ・九州センター

<凡 例>

地域拠点名（English Name）

所在地：住所

代表窓口：TEL：、FAX：

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図

（3/31現在の役職者名）

1) 東京本部 (AIST Tokyo Headquarters)

所在地：〒100-8921 東京都千代田区霞が関1-3-1

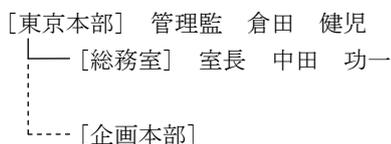
代表窓口：TEL：03-5501-0900

人員：57名 (33名)

概要：

産業技術総合研究所は、それぞれの地理的な特長を生かした活動を行い効率的な運営を行っている。東京本部を行政との接点、情報収集、広報活動の拠点として産総研の機動的な活動に有効に活用するとともに、研究現場と隣接して配置され、産学官連携、国際、研究業務推進等の効率的な組織運営を行っているつくばセンターをはじめとする他の事業組織等とテレビ会議システムの活用等により、有機的・効率的連携を図っている。

機構図 (2012/3/31現在)



総務室 (General Affairs Office)

(東京本部)

概要：

東京本部における職員等の勤務・サービス管理、文書管理、安全衛生管理、施設管理等定常的な庶務業務を行うとともに、役員の秘書業務及び官庁との事務連絡等の業務を行っている。

2) 北海道センター (AIST Hokkaido)

所在地：〒062-8517 札幌市豊平区月寒東2条17丁目2-1

代表窓口：TEL：011-857-8400、FAX：011-857-8900

サイト：札幌大通りサイト

(住所：〒060-0042 札幌市中央区大通西5丁目8

TEL：011-219-3359、FAX：011-219-3351)

人員：68名 (51名)

概要：

産業技術総合研究所北海道センターは、地域における中核研究機関として、「バイオテクノロジーを使ったもの作り」を研究目標とする生物プロセス研究部門を中心とした研究拠点の構築とともに、北海道経済産業局が推進する「北海道スーパークラスター振興戦略」と連携して、北海道バイオ産業の活性化や、新産業創出に資するための地域連携拠点の構築を目指している。

また、メタンハイドレート研究センターは、将来の

エネルギー資源として注目を浴びているメタンハイドレート資源の利活用を目指すナショナルプロジェクトの中心的な役割を担っている。

特に生物プロセス研究部門では、遺伝子組換え植物や微生物によるバイオプロセスの開発、高機能タンパク質等の生産を目的とした研究を推進しており、「完全密閉型植物工場システム」では、企業・大学等外部機関と連携して、植物によるイヌインターフェロン等の動物用医薬原料製造プロセスの確立への展開および、微生物を利用した環境浄化・保全技術の実用化に関する研究開発を進めた。

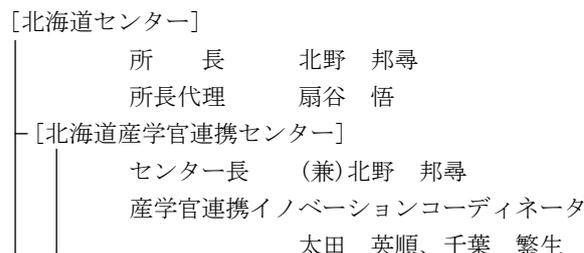
産学官連携・地域連携拠点の強化として、北海道大学、室蘭工業大学、北見工業大学、帯広畜産大学、公設・独法研究機関、経済産業局、自治体、経済団体等22機関と協力して企業等の技術相談に対するワンストップサービスを行うなど、企業の技術開発、新事業創出のための各種相談、セミナー・交流会等の人的交流を促進する場であるR&Bパーク札幌大通サテライトを中心に、産業界と産総研・研究ユニットとの連携の強化を図った。平成23年度のサテライトの利用者数は約3,648人、技術相談の件数は約192件であった。

当センターでは、産総研の技術シーズに基づく起業、産総研の技術ポテンシャルを活用したバイオベンチャーの支援を目的に「バイオベンチャー育成センター」を独自に設置しており、入居ベンチャー企業に対する研究支援の他、全国規模のマッチング事業への共同出展、販路開拓やマッチングなど、ビジネス支援を実施している。

さらに、専門学校生を技術研修員として受け入れ、バイオ技術者としての技術・資質の向上を図る「バイオテクニシャン育成事業」を実施しており、平成23年度は5名の研修生の受入を行った。

広報業務として、約350名の見学者の受入、各種展示会やイベントへの出展を行った。一般公開を8月に開催し、前年を超える1,250名が来場した。本格研究ワークショップは、「北海道の総合バイオマス利用」をテーマに開催した。生物プロセス研究部門、バイオマス研究センターの成果を発表すると共に、北海道におけるバイオマス利活用について、新しいモデルの提案を行った。

機構図 (2012/3/31現在)



総括主幹 中川 充、永石 博志、

[北海道研究業務推進室]

室長 根本 輝利

総括主幹 横田 久美子

[生物プロセス研究部門]

[メタンハイドレート研究センター]

3) 東北センター (AIST Tohoku)

所在地：〒983-8551 仙台市宮城野区苦竹4-2-1

代表窓口：TEL:022-237-5211、FAX：022-236-6839

(サイト)

仙台青葉サイト (東北サテライト)

〒980-0811 仙台市青葉区一番町4-7-17

TEL：022-726-6030、FAX：022-224-3425

人員：45名 (33名)

概要：

産業技術総合研究所東北センターは、東北経済産業局が推進する産業クラスター計画「TOHOKU ものづくりコリドー」と連携しながら地域産業の振興に向けて、東北地域における研究拠点および連携拠点として、先端的な低環境負荷型化学プロセス分野の COE 化を目指すとともに、東北6県の公設研との連携を基軸にした広域連携のハブ機能としての役割を果たしている。

当センターには、環境負荷の小さい機能性材料の開発と低環境負荷かつ省エネルギー型の化学プロセス技術の研究開発を集中的に実施し、これらの新素材・化学プロセスのシステム化を目指す「コンパクト化学システム研究センター」が置かれている。また、当センターの研究成果をもとに化学産業分野におけるエネルギー多消費型化学プロセスから省エネルギー・省資源・低環境負荷型化学プロセスへの革新的転換を目指した技術開発と、実用化及び新しい産業創出を目的として企業会員70社が参加する「グリーンプロセスイノベーションコンソーシアム (GIC)」を組織し、産学官連携活動による産業ニーズと研究シーズのマッチングの促進を図っている。GIC では、研修セミナーを開催するなど研究情報の交流促進に努めており、その結果、会員企業との共同研究は29件に達し、研究ユニットのシーズを核とした連携強化が図られている。さらに、特に当センターが開発した粘土膜系新素材「クレスト®」の実用化に向けた取り組みを促進するコンソーシアム「Clayteam」では、企業会員50社の参画により具体的な製品づくりを積極的に進めている。また、東北地域のものづくり産業基盤を支える各種計測技術に関して、東北分析・計測科学技術コンソーシアム (TCAST) を組織し、計測関連技術力の向上に向けた活動を行っている。

また外部研究機関との共同研究、受託・委託研究、

技術研修、研究助成金等に係わる契約業務、JSPS 等によるフェローシップや研究交流 (派遣・招へい) 等の手続きの円滑化、さらには質の高い特許取得のための弁理士相談を積極的に推進している。

高温高压実験室、防塵室、除振室を備えた東北産学官連携研究棟 (とうほく OSL) では、平成23年度末で、32実験・研究室が使用され、東北地域における新たな産業技術創生のための研究開発が行われている。

主な成果普及活動としては、8月に東北センター一般公開を開催し486名の来場者が訪れ、平成24年1月には産学官連携フェア2012Winter みやぎを経済団体等と共催し、研究成果の紹介や技術相談を通して成果普及に努めた。

市内連携オフィスとして設置している東北サテライトでは、産技連東北地域部会事務局、東北航空宇宙産業研究会事務局、東北再生可能エネルギー研究会事務局として、公設試験研究機関・大学・企業との連携業務の中核として活動するとともに、産総研全体の新しい研究成果を東北地域産業界に発信する「新技術セミナー」をほぼ毎月開催した。また、市民向け科学普及事業として「まちなかサイエンス」をほぼ毎月開催し、さらに技術相談を東北各地で実施する「東北巡回サテライト」や積極的な企業訪問を行う「東北コラボ100」を各県の公設試験研究機関の協力のもとに行うなど、連携活動を強化した。

業務報告データ：

○刊行物

名 称 (Vol. No.)	刊行区分	発行部数
産総研東北 Newsletter No. 34~36	不定期	900部/回

○主な行事 (主催・共催・協賛)

開催年月日	名 称
23. 5. 18	Clayteam 平成23年度総会及び第5回 Clayteam セミナー
23. 5. 23	GIC 平成23年度総会及び特別講演会
23. 6. 8	第5回産総研・新技術セミナー
23. 7. 6	平成23年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 総会・幹事会
23. 7. 8	第6回産総研・新技術セミナー
23. 7. 10	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ 2011
23. 7. 11	産総研 MZ プラットフォーム講習会
23. 7. 13	平成23年度 GIC 第24回研修セミナー
23. 7. 20	第1回産総研・仙台まちなかサイエンス
23. 8. 10	産業技術連携推進会議 第1回放射線担当者会議 企画調整担当者会議
23. 8. 17	第2回産総研・仙台まちなかサイエンス

23. 8. 20	独立行政法人産業技術総合研究所東北センター 一般公開
23. 9. 1~2	第6回 Clayteam セミナー/GIC 第25回研修セミナー/TCAST(東北センター3コンソーシアム共催)
23. 9. 9	第7回産総研・新技術セミナー
23. 9. 9	産業技術連携推進会議 第2回放射線担当者会議 企画調整担当者会議
23. 9. 21~22	第10回産学官連携推進会議
23. 9. 27	第3回産総研・仙台まちなかサイエンス
23. 10. 6	第8回産総研・新技術セミナー
23. 10. 7~8	産総研・東北巡回サテライト盛岡
23. 10. 13~14	産総研オープンラボ2011
23. 10. 19	第4回産総研・仙台まちなかサイエンス
23. 10. 26	平成23年度 GIC 第26回研修セミナー
23. 10. 26~28	東京国際航空宇宙産業展2011
23. 10. 27	産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季食品・バイオ分科会
23. 10. 28	産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季情報通信・エレクトロニクス分科会
23. 11. 1~2	産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季資源・環境・エネルギー分科会
23. 11. 4~6	産総研・東北巡回サテライト大崎
23. 11. 4~6	おおさき産業フェア2011
23. 11. 7~8	第7回 Clayteam セミナー/The 2nd International Symposium on Advanced Composite Materials
23. 11. 8	産業技術連携推進会議 技術向上支援事業普及講習会
23. 11. 8~10	仙台マイクロナノ国際フォーラム2011/GIC 特別セミナー
23. 11. 9	第9回産総研・新技術セミナー
23. 11. 10~11	産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季機械・金属分科会
23. 11. 17	産業技術連携推進会議 東北航空宇宙産業研究会総会及び第1回東北航空宇宙産業広域連携フォーラム2011
23. 11. 18	第5回産総研・仙台まちなかサイエンス
23. 12. 1	第10回産総研・新技術セミナー
23. 12. 6	元気 TOHOKU ものづくりシンポジウム
23. 12. 8	産業技術連携推進会議 東北地域部会 秋季物質・材料・デザイン分科会
23. 12. 13~14	ビジネス・エンカレッジ・フェア2011
23. 12. 16	平成23年度 GIC 第27回研修セミナー
23. 12. 18	第6回産総研・仙台まちなかサイエンス
23. 12. 9~14	デザインウィーク in せんだい2011
23. 12. 21	産業技術連携推進会議 第3回放射線担当者会議 企画調整担当者会議

24. 1. 16	第7回産総研・仙台まちなかサイエンス
24. 1. 19	第11回産総研・新技術セミナー
24. 1. 19	産総研・東北巡回サテライト青森
24. 1. 20	第12回産総研・新技術セミナー
24. 1. 20	産総研・東北巡回サテライト秋田
24. 1. 24~25	TCAST 分析データ統計処理実習セミナー
24. 1. 25	産学官連携フェア2012winter みやぎ
24. 1. 27	産業技術連携推進会議 東北地域部会 物質・材料・デザイン分科会 プラスチック成形加工技術研究会
24. 2. 16	第8回 clayteam セミナー
24. 2. 21	産業技術連携推進会議 放射線と放射線計測に関する基礎講習会
24. 2. 27	第8回産総研・仙台まちなかサイエンス
24. 2. 29	TCAST 放射線計測基礎講習会
24. 3. 7	産総研本格研究ワークショップ in 東北
24. 3. 7	平成23年度 GIC 報告総会
24. 3. 7	第13回産総研・新技術セミナー
24. 3. 7	平成23年度 TCAST 総会
24. 3. 7	第9回産総研・仙台まちなかサイエンス
24. 3. 14	第14回産総研・新技術セミナー
24. 3. 19	産業技術連携推進会議 東北航空宇宙産業研究会第2回フォーラム2011
24. 3. 19	平成23年度 東北大学-産総研 連絡協議会
24. 3. 23	産業技術連携推進会議 東北地域部会 資源・環境・エネルギー分科会 東北再生可能エネルギー研究会 設立総会・講演会
24. 3. 28	第10回産総研・仙台まちなかサイエンス

 機構図 (2012/3/31現在)

所 長：原田 晃
 所長代理：松永 英之

— [東北産学官連携センター]
 センター長：(兼)原田 晃
 イノベーションコーディネータ：
 (兼)松永 英之 南條 弘

— [東北研究業務推進室]
 室 長：富樫 猛
 ----- [コンパクト化学システム研究センター]

4) つくばセンター (AIST Tsukuba)

所在地：〒305-8561 茨城県つくば市東1-1-1

人員：2,291名 (1,788名)

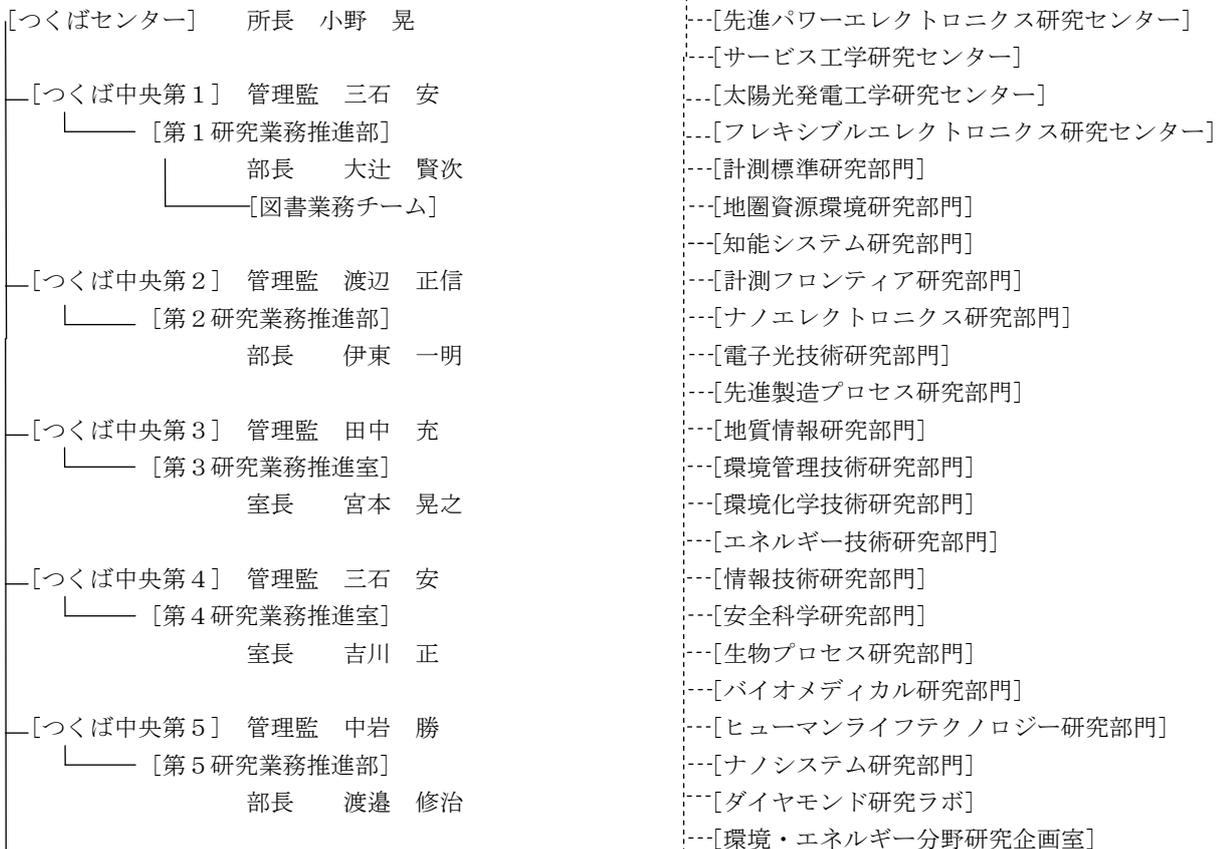
概要：

産総研つくばセンターは、産総研全体の研究機能の中核として、およそ70パーセントの施設や研究者が集積した大規模研究拠点である。その特徴を生かし、幅広い研究分野をカバーするとともに、分野を融合した、これまでにない新規研究分野の創出を目指している。また、それらの研究ユニットとともに本部組織・事業組織の大部分が集中配置され、東京本部及びつくば本部との密な連携によって、産総研の中核を担う役割を持っている。

つくばセンターは、全国に展開する地域センターと連携して、また、その立地する茨城県やつくば市そして首都圏の大学・研究機関・民間企業とも密接な連携を進め、研究人材の供給や研究成果の移転を促進する役割を果たしている。地域から国際社会までを視野に入れて、社会や産業界が直面している困難な問題について、科学技術の立場から解決策を提供している。

つくばセンターは、つくば地域に展開する最大規模の研究所の一つとして、地域の環境と安全への取り組みも行っている。

機構図 (2012/3/31現在)



- [ライフサイエンス分野研究企画室]
- [情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室]
- [ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室]
- [地質分野研究企画室]
- [計測・計量標準分野研究企画室]
- [地質調査情報センター]
- [地質標本館]
- [計量標準管理センター]
- [企画本部]
- [コンプライアンス推進本部]
- [イノベーション推進本部]
 - [イノベーション推進企画部]
 - [知的財産部]
 - [産学官連携推進部]
 - [国際部]
 - [ベンチャー開発部]
 - [国際標準推進部]
 - [つくばイノベーションアリーナ推進部]
 - [イノベーションスクール]
- [研究環境安全本部]
 - [研究環境安全企画部]
 - [環境安全管理部]
 - [研究環境整備部]
 - [情報環境基盤部]
- [総務本部]
 - [人事部]
 - [財務部]
 - [ダイバーシティ推進室]
 - [業務推進企画室]
- [評価部]
- [広報部]

研究業務推進部室

(General Affairs Division/Office)

(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第4、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば西、つくば東)

概要：

つくばセンターの各事業所研究業務推進部室は、研究支援業務、事業所職員等の勤務・サービス管理、庁舎の維持管理、安全で快適な研究環境を確保するための安全・衛生管理業務、研究施設等の整備・維持管理業務、物品の調達・管理等の会計業務を主な業務としている。これらの業務は、職員等の規律の遵守とサービス支援の日常生活に密着しており、迅速な業務対応を行い効率的な組織運営を図っている。

図書業務チーム (Library Office)

(つくば中央第1、つくば中央第2、つくば中央第3、つくば中央第5、つくば中央第6、つくば中央第7、つくば

東、つくば西)

概要：

研究活動を行うために不可欠な情報源である学術雑誌の収集・管理、文献情報の提供、各図書室の運営、各図書室からの図書情報の一元管理を行う。オンラインジャーナルによるサービスの提供、文献データベースの利用促進ならびに所蔵データの整理・統一を推進する。

5) 臨海副都心センター
(AIST Tokyo Waterfront)

所在地：〒135-0064 東京都江東区青海二丁目3番地26号
人員：82名 (63名)

概要：

産業技術総合研究所臨海副都心センターは、文部科学省及び経済産業省の連携協力によって整備された国際研究交流大学村に、産学官連携の役割を担う研究拠点として、平成13年4月1日に設置された。当センターは国内外産学官各分野の一線級研究者による多様な研究に対応できるフレキシビリティの高い空間を設けている。

平成17年4月からは、産学官連携の研究拠点を拡張し、新たにバイオテクノロジーと情報工学の融合研究のための施設として、バイオ・IT 融合研究施設の運用を開始し、技術者等の人材育成から最先端の研究開発まで積極的な事業活動を展開している。

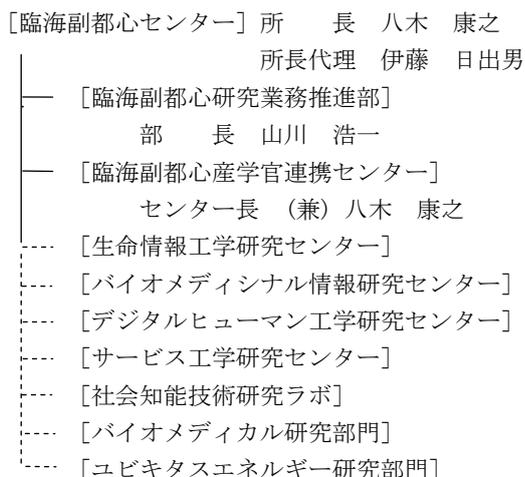
そして8つの研究ユニット（生命情報工学研究センター、バイオメディシナル情報研究センター、デジタルヒューマン工学研究センター、サービス工学研究センター、社会知能技術研究ラボ、バイオメディカル研究部門、情報技術研究部門【平成23年6月30日まで】、ユビキタスエネルギー研究部門）が、新産業の創出や市場拡大につながる独創的かつ先端的技術シーズの研究開発とともに国内外の研究者との交流や研究成果の情報交換を行っている。

当センターへは、平成23年度に内外の大学・企業・政府関係者等約600名が視察に訪れており、国際的な産学官による研究交流拠点としての役割を果たしている。

平成23年度における外部機関と行った連携研究は、共同研究138、受託研究30件、委託研究5件である。

また、展示コーナー（サイエンス・スクエア臨海）の休日特別公開を国際研究交流大学村を舞台に開催された、サイエンス・アゴラ2011開催に合わせて実施するなどの広報活動を行っている。

機構図 (2012/3/31現在)



6) 中部センター (AIST Chubu)

所在地：〒463-8560

名古屋守山区大字下志段味字穴ヶ洞2266-98

代表窓口：TEL:052-736-7000、FAX:052-736-7400

サイト：瀬戸サイト：〒489-0884瀬戸市西茨町110番地

TEL：0561-82-2141

名古屋駅前サイト：〒450-0002名古屋市中村区

名駅4丁目4-38

TEL：052-583-6454

人 員：147名 (120名)

概 要：

産業技術総合研究所中部センターは、ものづくり産業が高度に集積した中部地域における研究開発ゾーンの一つである「なごやサイエンスパーク」に立地し、その中核的研究機関となっている。当センターは、地域における伝統的なものづくりである窯業や機械・金属に関わる技術の開発を出発点として発展し、ファインセラミックスや金属などの工業材料の創製・部材化とそのプロセス技術を軸として研究開発を行い、新産業の創生と産業競争力強化に寄与してきている。当センターは、現在、先進製造プロセス研究部門、サステナブルマテリアル研究部門及び計測フロンティア研究部門を擁し、持続的発展可能な社会の構築に貢献できる産業技術を確立するため、材料・プロセス・計測評価技術に関わる高度な研究を展開している。また、中部における産業政策の展開に貢献するため、中小企業のものづくり基盤技術の高度化支援事業等に協力・支援するとともに、地域の企業・大学・公設研と連携し、各種研究開発事業への提案を行っている。

連携・協力提携協定を締結した名古屋大学および名古屋工業大学それぞれと連携協議会を開催すると共に、連携強化のため技術交流会や共同研究構築のためのFS調査研究を実施した。地域の公設試験研究機関と

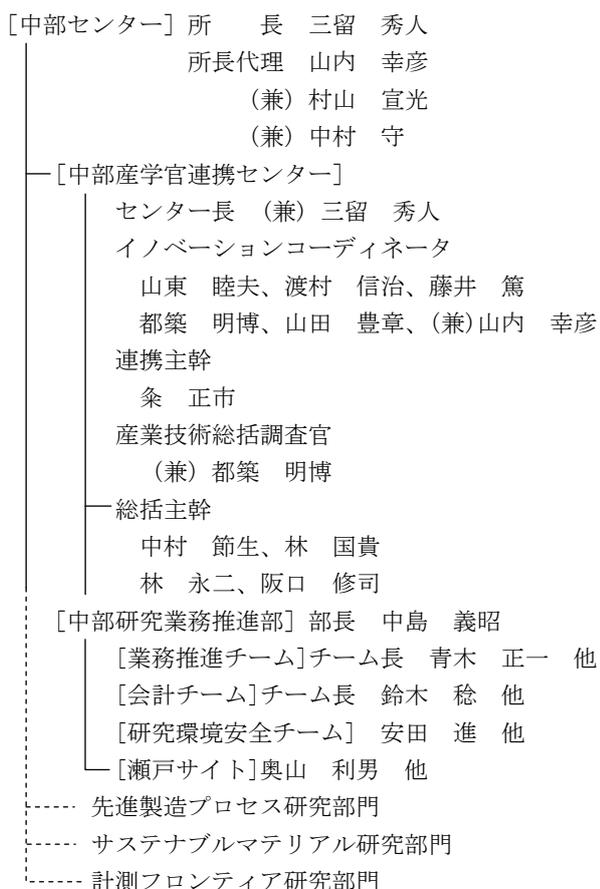
は産業技術連携推進会議の活動を通じ、産総研を中核とした連携を構築するための活動を展開した。中部地域における産学官連携に携わる機関が活動拠点を共同で運営することにより、当地域のイノベーションの創出基盤の強化に資することを目的として、平成20年度に関係の7機関（平成22年度より8機関）により設置した「名古屋駅前イノベーションハブ」を活用し、ワンストップサービスが可能な企業向けの技術相談事業を実施するとともに、各種イベントを開催した。平成23年度の代表的な活動状況を以下に示す。

中部センター所属の3研究ユニットと合同で中部センター研究発表会・オープンラボを開催し、32件の研究発表と11件の研究現場紹介を行った。研究発表会には昨年度より多い356名の、オープンラボには166名の参加者があり、中部センターの研究動向をアピールした。また「メッセナゴヤ2011」（来場者50,753名）において、産総研中部センターならびに中部地域の公設試験研究機関が各機関の紹介やシーズ・連携成果等の展示を合同で行う「中部地域公設研テクノフェア2011」を開催した。北陸地域でのシーズ発信活動として金沢市で技術普及講演会（参加者47名）を開催した。産総研の技術シーズを定期的に発信する技術シーズ発表会と中小企業の製造効率向上に貢献するものづくり支援ツール普及セミナーを昨年度に引続き行った。本年度は、中部経済産業局管内の5県において各県の要望に沿って実施し185名の参加を得た。また、MZPF普及セミナーを実施し50名の参加を得た。科学技術の啓蒙活動として8月に一般公開を開催した（参加者2,300名）。これらの行事以外に、本年度の延べ見学者は327名に達している。

知的財産権の取得を積極的に推進し、国内特許59件、外国特許14件を出願した。技術相談件数は524件あった。

産業界をはじめとする外部機関との連携も積極的に展開し、共同研究263件、委託研究3件、受託研究31件を行った。大学とは、連携大学院の拡充強化に努め、10大学（名古屋工業大学、岐阜大学、大同大学、名城大学、中部大学、愛知工業大学、長岡技術科学大学、上智大学、北海道大学、金沢工業大学）に13名の教授と2名の准教授が就任している。本年度から愛知県が開始した「知の拠点」重点研究プロジェクトに、中部センターからも22名の研究者が加わり、「低環境負荷型次世代ナノ・マイクロ加工技術の開発」と「超早期診断技術開発プロジェクト」に取り組んだ。また、平成23年度は、戦略的基盤技術高度化支援事業4テーマ、地域イノベーション創出研究開発事業2テーマ、地域イノベーション戦略支援プログラム（都市エリア型）2テーマに参加した。

機構図(2012/3/31現在)



7) 関西センター (AIST Kansai)

所在地：〒563-8577 大阪府池田市緑丘1-8-31
 代表窓口：TEL：072-751-9601、FAX：072-754-1939
 サイト：
 尼崎支所：〒661-0974 兵庫県尼崎市若王寺3-11-46
 TEL：06-6494-7854
 人 員：176名 (145名)
 概 要：

産業技術総合研究所関西センターは、旧大阪工業技術研究所、旧電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター、旧計量研究所大阪計測システムセンター、旧地質調査所大阪地域地質センターの4所を母体としている。

現在、当センターには、1研究ラボ（ダイヤモンド研究ラボ）、2研究部門（健康工学研究部門、ユビキタスエネルギー研究部門）、1総合センター（計量標準総合センター）及び関西産学官連携センター内の1連携研究体が置かれている。

関西センターは、持続的発展可能な社会の実現、産業競争力の強化、地域産業の発展への貢献を目指し、健康な暮らしを支える技術、豊かな暮らしを創る技術、安心・安全な暮らしを守る技術の生活に密着する研究

開発を推進している。

関西地域は、産業界とアカデミアが集積し産学官連携が組みやすい構造にある。この特徴を活かし、産総研の研究ポテンシャルを地域産業の振興に役立たせる連携活動も積極的に展開している。

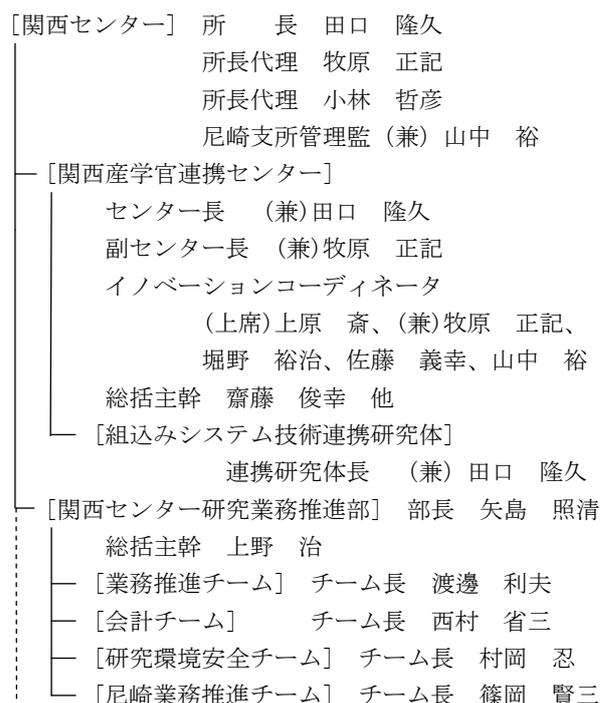
近畿経済産業局をはじめ、企業、大学、公的研究機関、自治体、企業団体や研究開発支援団体などとの交流・連携を深めている。

産総研の研究活動を紹介するため、「AIST 関西懇話会」（計3回：池田市、堺市、池田市）、「フラウンホーファーIPA-産総研関西センター連携記念シンポジウム」（大阪市）、「次世代ナノテクフォーラム：環境調和型ナノコンポジット講演会／プリンテッドエレクトロニクス講演会」（豊中市）、「ダイヤモンド・イノベーション・クラブ」（池田市）、「第7回 UBIQEN フォーラム：高度自然光利用技術」（池田市）、「本格研究ワークショップ（関西）」（大阪市）等を開催した。

連携業務の平成23年度実績（共同研究210件、技術研修109件、受託研究49件、国内特許出願（単願51件、共願82件）、外国特許出願（単願14件、共願76件））は活発な産学官連携の実態が表われている。

また、科学技術の啓蒙普及を主眼に開催した研究所一般公開（池田7月28日：約2337名、尼崎8月5日：約635名）、池田市教育特区事業による市内小学校への科学教室や、全国の科学館や地方自治体等の要請による科学教室を実施した（67回：6928名）。毎回多数の参加者を得ており関西センターに寄せられている期待は大きい。

機構図 (2012/3/31現在)



--- [ダイヤモンド研究ラボ]
 --- [計量標準総合センター]
 --- [健康工学研究部門]
 --- [ユビキタスエネルギー研究部門]

組込みシステム技術連携研究体

(Collaborative Research Team for Verification and Specification)

連携研究体長：(兼) 田口 隆久

(関西センター)

概要：

23年度計画

平成19年度補正予算により関西センターに組込みシステム検証に関する先端技術の研究施設をもうけることとなり、検証向きクラスターシステムを導入した。これをきっかけに同施設の運用とそれに伴う技術移転、および関連人材養成を目的に当連携研究体が発足した。平成23年度は、クラスターシステムを用いた検証技術の適用と普及を加速すると共に、関西経済連合会組込みシステム産業振興機構との共同研究によって活動領域を拡大する。SAT solver を用いたテスト設計支援技術の研究、制約ベースの仕様記述からの網羅的なテスト情報生成、大規模組込みシステム開発における国際安全規格の視点からの安全性分析を行う。組込みシステム産業振興機構との共催による組込みシステムアーキテクトの人材養成プログラム（組込み適塾）を開催し、また機構の交流サロン、セミナーと連携して先端技術を産業界に紹介し、技術交流を図る。

23年度成果

クラスターシステムの運用については産学より 8 者の施設利用があった。主な成果としては、ネットワーク接続された組込み機器からなるシステムをモデル検査にて検証し、ソースコードの潜在的な不具合要因を特定したこと（組込みシステム産業振興機構との共同事業「検証サービス」における案件）、モデル検査技術演習（国際標準推進部による技能試験のフィージビリティスタディ）において標準演習環境として参加者への資源提供を行ったことである。またクラスター資源の一部を使用して web ベースでモデル検査を行えるアプリケーションが稼働しており、クラスターシステムの能力に触れる機会が増えると思われる。クラスターシステムの操作とモデル検査の基礎を紹介する講習会を企画し、6度開催した。

7月から8月にかけて組込み適塾のシステムアーキテクトコースを開催した。23科目のコースに対して国内の大学・産業界から講師を招聘（産総研の研究員2名を含む）し、28名の高度人材を育成した。また、実践演習として実践的モデル検査のコースを3日間開催し、4名の受講者が参加した。その全員がコースを修了し

た。上記各コースの受講者、受講者の派遣元企業、関西経済連合会など内外で評価が高く、平成24年度以降も同様の形で人材育成活動を発展させていく計画である。

8) 中国センター (AIST Chugoku)

所在地：〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-11-32

TEL：082-420-8230、FAX：082-423-7820

人員：36名（26名）

概要：

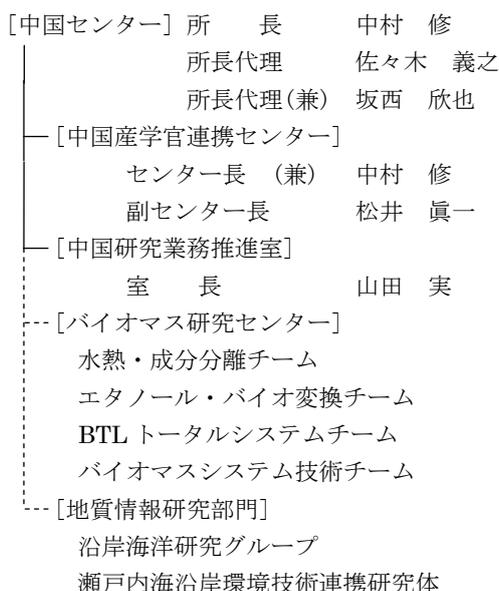
産業技術総合研究所中国センターは、中国地域における中核的な研究拠点として活動を展開しており、バイオマス研究センターでは木質系バイオマスからの液体燃料製造技術を中心としたエネルギー技術の研究開発を、地質情報研究部門沿岸海洋研究グループでは瀬戸内海などの沿岸・閉鎖性水域の環境修復のための研究を進めている。また産総研の中国地域におけるイノベーションハブ基地として、技術相談、中小企業支援に注力するとともに、大学、公設研との連携を推進している。

バイオマス研究センターでは、木質系バイオマスから糖化・発酵によってバイオエタノールを、ガス化・触媒合成によって BTL 軽油を製造するプロセスの開発に取り組んでおり、それぞれ投入するエネルギーに対して生成するエネルギーの比を1.5以上とする目途をつけた。また、研究成果を実用化するため、両プロセスについてベンチスケールの一貫プラントを設置し、木質チップからバイオエタノール及び BTL 軽油を製造するプロセスの効率化、低コスト化につなげるための評価研究も実施した。

沿岸海洋研究グループでは、瀬戸内海沿岸環境技術連携研究体を軸に現地観測、水理模型実験、数値シミュレーション等の手法並びに阿賀臨海実験施設（呉市阿賀）を活用し、流況改善やアマモ場再生による沿岸域環境修復と環境評価の技術開発を推進した。

中国産学官連携センターは、中国経済産業局や中国地域の公設研と連携して、地域産業の活性化に資するべく、地域企業の課題を抽出し、それを産総研のシーズと結びつけるための仕掛けとして、2012年1月に、産総研中国センター友の会（産友会）を立ち上げた。さらに、産業技術連携推進会議中国部会、中国地域産総研技術セミナー、中四国地域公設試験研究機関研究者合同研修会等を開催するとともに、中国5県公設研開放機器データを、中国センターホームページに公開した。

機構図 (2012/3/31現在)



9) 四国センター (AIST Shikoku)

所在地：〒761-0395 香川県高松市林町2217番地14号

代表窓口：TEL(087)869-3511、FAX(087)869-3553

人員：33名 (23名)

概要：

産業技術総合研究所四国センターは、'94.7月に香川県が技術・情報・文化の複合拠点として旧高松空港跡地に整備した「香川インテリジェントパーク」内に立地し、「研究拠点」として健康工学研究部門の研究成果や技術を活用した「健康関連産業の創生」に取り組むとともに、「連携拠点」として全産総研のポテンシャルを活用したものづくり基盤技術力の向上および先端技術の導入による「ものづくり産業の競争力強化」に取り組んでいる。

健康工学研究部門（平成22年4月1日設立 研究拠点：四国センター、関西センター）は「人間の健康状態を計測・評価し、その活動を支援するため、先端的なバイオ技術と材料システム開発技術を融合し、健康な生活の実現に寄与する技術を確立する」ことをミッションとし、四国センターでは特に、1)バイオマーカーの機能解析・同定とその検知デバイス技術開発、2)健康リスク計測・評価とリスクモニタリング技術の開発を戦略課題として、境界型糖尿病マーカー、酸化ストレスマーカー、炎症性糖脂質マーカーなどの探索と疾患予知診断のためのパイオデバイス開発、および感染症の超早期診断機器の開発などに取り組んでいる。

「連携拠点」の活動としては、企業を組織化した「四国工業研究会」やイノベーションコーディネータ等による個別企業との対話を重視した「健康ものづくり研究会」、産総研と経済局・自治体との情報共有を

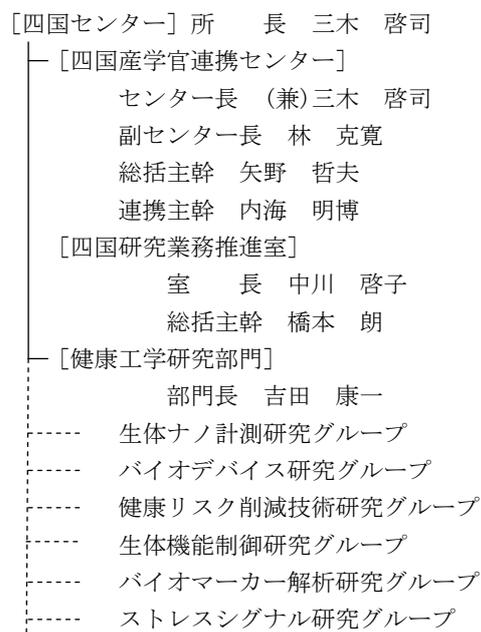
主とした連絡会議に加え産業支援機関などの支援ツールのすり合わせにより企業の多様なニーズに応える四国地域イノベーション創出協議会への参加、地場に密着した公設試験研究機関と連携する「産業技術連携推進会議四国地域部会」では「食品分析フォーラム」を設立し、食品の標準となるテストマテリアル製作、室間共同試験に着手した。また、株式会社伊予銀行と協定を新たに締結し、地域企業の技術革新を促し地域経済の発展に貢献するとともに、企業支援を通じ地域が抱える経済社会的課題の解決に貢献した。

四国内の6大学（連携協定締結大学：徳島大、鳴門教育大、香川大、愛媛大、高知大、高知工科大）と共同で、「食と健康」研究プラットフォーム活動を開始した。「食と健康」の視点から、各大学の有識者が10年先の四国のあるべき姿を展望し、これに到達するための課題、解決策を提案した提言集発刊、生活習慣病克服を目標に、研究開発および新ビジネス創出の視点で、「体の測定、心の測定、食の解析」の3テーマ別にワーキンググループで議論を開始した。

健康関連産業進出に意欲のある企業に役立てていただくために、四国の企業、四国6大学、自治体と協働し、薬事法入門連続講座『『食と健康』医農工連携人材育成事業 in SHIKOKU』を四国各県で5回にわたって開催し、参加者は延278名に及んだ。また昨年引き続き、四国まるごと「食と健康」イノベーション2011を実施し、「食と健康」をテーマに研究シーズやイベント情報を共同配信した。

その他 共同研究62件、受託研究8件、技術研修26件、一般公開（640名）、見学受入れ（15回151名）、セミナー開催回数8件。

機構図 (2012/3/31現在)



- 人工細胞研究グループ
- 先端融合テーマ研究グループ
- バイオインターフェース研究グループ
- 暮らし情報工学研究グループ
- 組織・再生工学研究グループ
- 細胞分子機能研究グループ

10) 九州センター (AIST Kyushu)

所在地：〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町807-1
 代表窓口：TEL：0942-81-3600、FAX：0942-81-3690
 福岡サイト：〒812-0013 福岡市博多区博多駅東二丁目
 13-24 (財)九州産業技術センター内 2F
 TEL：092-282-0283、FAX：092-282-0281
 直方サイト：〒822-0002 福岡県直方市頓野1541
 福岡西支所：〒819-0395 福岡市西区元岡744
 TEL：092-802-0260、FAX：092-802-0259

人員：52名 (37名)

概要：

産業技術総合研究所九州センターは、九州地域におけるオール産総研の窓口として、「研究拠点」と「連携拠点」の二つの機能を活かすための研究開発に取り組んでいる。

九州は半導体、自動車関連分野における製造業の集積地であることから、「研究拠点」として二つの研究センターを設置している。一つは、「マイスター制度」を導入し、半導体産業などの生産現場における品質・生産性の向上、環境保全など新たな計測技術をオンタイムで提供することを目指す「生産計測技術研究センター」であり、鳥栖市の九州センター内に設置している。もう一つは、水素エネルギー社会構築に向けた水素の安全利用技術を確立しつつ、大容量の水素のコンパクトな輸送・貯蔵を実現するための基礎的・科学的知見の深化を目的とする「水素材料先端科学研究センター」であり、九州大学との密接な連携の下、福岡市の同大学伊都キャンパス内（福岡西支所）に設置している。

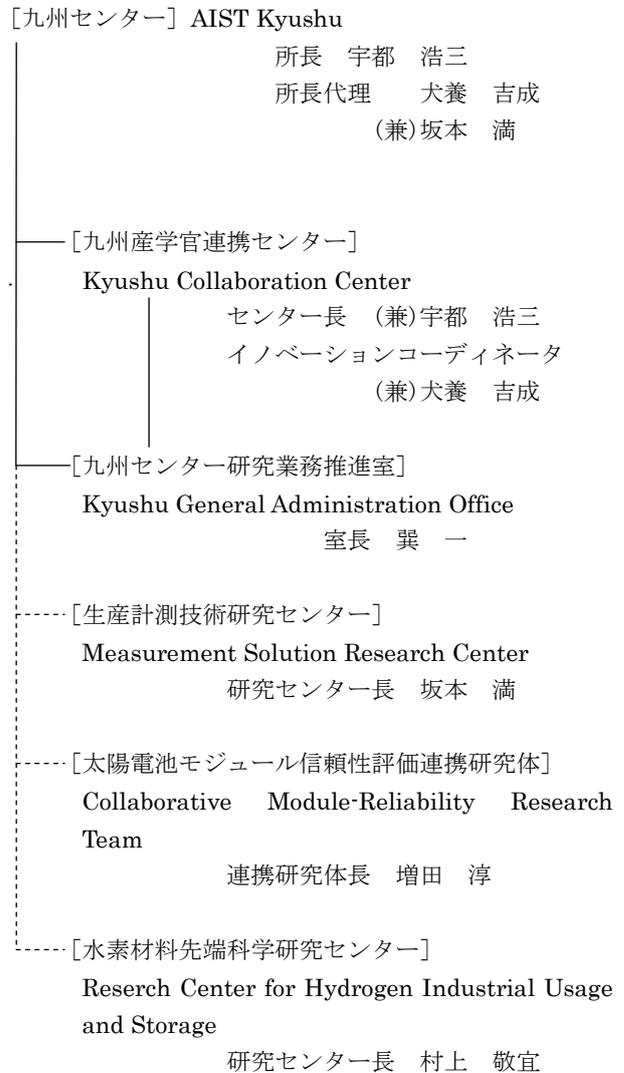
「連携拠点」として、「太陽電池モジュール信頼性評価連携研究体」を設置し、太陽電池モジュール信頼性評価のための産学官連携拠点形成を進めている。「連携拠点」としての活動では、新たに、産技連九州・沖縄地域部会等が一体となって、地域企業等へ技術情報提供、情報交換等を行う交流の場として「九州・沖縄産業技術オープンデー」を鳥栖市にて開催し、企業から多数の参加者を得た（来場者：800名）。また、12月に福岡サイトは移転したが、以前と同様、中小機構九州、九州産業技術センターおよび九州ニュービジネス協議会との5者共同主催による「産学官交流研究会 博多セミナー」を開催し、産学官の出会いと交

流・相談の場を提供している。

8月には、九州センターを一般公開し、科学の楽しさや不思議さを体験させる機会を提供した（来場者：907名）。10月の「北九州学術研究都市第11回産学連携フェア」では、九州センターの研究成果を展示すると共に、「ものづくり向上 IT 化セミナー」を開催し、MZ プラットフォームの導入事例紹介等を行った。（参加者：50名）。2月には、「産総研本格ワークショップ in 鹿児島」を鹿児島市で開催し、講演会、地元企業との意見交換会、技術相談の他、産総研の成果展示も行って、産総研の技術活用を地域企業に広報した（参加者：150名）。

その他、「計測・診断システム研究協議会」およびその傘下の研究会による講演会を15回開催した。

機構図 (2012/3/31現在)



◆図書蔵書数

蔵書												平成23年度末	
センター・事業所	区分	単行本					雑誌					製本冊数 (冊)	総蔵書数 (冊)
		23年度受入数(冊)				総蔵書数 (冊)	23年度受入数(冊)						
		購入	寄贈	除籍	計		購入	寄贈	除籍	計			
北海道センター	外国	0	2	△ 6	△ 4	1,334	40	11	0	51	51	15,735	
	国内	0	185	△ 37	148	4,279	40	98	0	138	138	7,862	
	計	0	187	△ 43	144	5,613	80	109	0	189	189	23,597	
東北センター	外国	1	0	0	1	515	30	0	0	30	30	6,395	
	国内	0	1	0	1	2,380	65	0	0	65	65	2,686	
	計	1	1	0	2	2,895	95	0	0	95	95	9,081	
つくばセンター													
第2事業所	外国	99	0	△ 75	24	67,776	642	110	△ 18,266	△ 17,514	642	31,612	
	国内	4	0	△ 45	△ 41	67,793	21	11	△ 5,678	△ 5,646	21	5,105	
	計	103	0	△ 120	△ 17	135,569	663	121	△ 23,944	△ 23,160	663	36,717	
第3事業所	外国	1	3	△ 10	△ 6	2,785	78	19	△ 5,171	△ 5,074	78	2,496	
	国内	0	40	△ 24	16	4,548	9	17	△ 3,717	△ 3,691	10	732	
	計	1	43	△ 34	10	7,333	87	36	△ 8,888	△ 8,765	88	3,228	
第5事業所	外国	57	13	0	70	24,415	532	117	△ 16,169	△ 15,520	518	43,432	
	国内	0	108	0	108	15,816	52	14	△ 7,864	△ 7,798	50	9,891	
	計	57	121	0	178	40,231	584	131	△ 24,033	△ 23,318	568	53,323	
第6事業所	外国	47	15	△ 72	△ 10	8,006	645	58	△ 8,060	△ 7,357	641	25,949	
	国内	32	96	△ 196	△ 68	10,193	99	5	△ 6,186	△ 6,082	99	6,815	
	計	79	111	△ 268	△ 78	18,199	744	63	△ 14,246	△ 13,439	740	32,764	
第7事業所	外国	41	0	0	41	17,799	595	175	△ 2	768	595	50,753	
	国内	0	1	△ 1	0	13,779	36	252	0	288	36	19,515	
	計	41	1	△ 1	41	31,578	631	427	△ 2	1,056	631	70,268	
東事業所	外国	229	5	0	234	16,393	424	748	△ 3,835	△ 2,663	420	37,000	
	国内	306	175	△ 1	480	13,550	204	368	△ 352	220	192	9,357	
	計	535	180	△ 1	714	29,943	628	1,116	△ 4,187	△ 2,443	612	46,357	
西事業所	外国	8	5	0	13	8,300	132	345	△ 788	△ 311	132	22,810	
	国内	11	165	0	176	9,754	103	192	△ 335	△ 40	103	10,554	
	計	19	170	0	189	18,054	235	537	△ 1,123	△ 351	235	33,364	
中部センター	外国	5	3	0	8	7,244	37	0	0	37	37	44,642	
	国内	0	31	0	31	9,780	68	10	0	78	78	12,047	
	計	5	34	0	39	17,024	105	10	0	115	115	56,689	
関西センター	外国	28	262	△ 10	280	10,818	242	13	0	255	252	35,532	
	国内	0	299	△ 11	288	8,667	12	0	△ 1	11	12	9,955	
	計	28	561	△ 21	568	19,485	254	13	△ 1	266	264	45,487	
中国センター	外国	0	18	0	18	1,472	83	0	0	83	59	5,643	
	国内	0	152	0	152	3,439	40	34	0	74	40	2,910	
	計	0	170	0	170	4,911	123	34	0	157	99	8,553	
四国センター	外国	0	116	0	116	1,560	30	2,456	0	2,486	30	6,957	
	国内	0	880	0	880	3,721	50	924	0	974	50	2,416	
	計	0	996	0	996	5,281	80	3,380	0	3,460	80	9,373	
九州センター	外国	30	9	0	39	2,213	87	0	0	87	87	14,938	
	国内	43	16	0	59	5,258	69	0	0	69	69	7,238	
	計	73	25	0	98	7,471	156	0	0	156	156	22,176	
産総研 合計	外国	546	451	△ 173	824	170,630	3,597	4,052	△ 52,291	△ 44,642	3,572	343,894	
	国内	396	2,149	△ 315	2,230	172,957	868	1,925	△ 24,133	△ 21,340	963	107,083	
	計	942	2,600	△ 488	3,054	343,587	4,465	5,977	△ 76,424	△ 65,982	4,535	450,977	

※関西センターには尼崎事業所の蔵書の一部も含む

(2) 本部組織

研究の円滑な実施と社会への還元を、より効率的・効果的に支援すべく、平成22年10月の組織改編に際し「研究関連・管理部門等」のうち15部署を3本部に統合・スリム化等を行った。具体的には、産学官連携に関連する業務を総合的かつ横断的に実施する「イノベーション推進本部」、施設の維持・管理に関連する業務を一体的に実施する「研究環境安全本部」、事業所等の研究支援業務を統括する「総務本部」を設置した。

【本部組織】

- ・企画本部
- ・コンプライアンス推進本部
- ・イノベーション推進本部
- ・研究環境安全本部
- ・総務本部
- ・評価部
- ・広報部

<凡 例>

本部・事業組織名（英語名）

所在地：つくば中央第×、△△センター

人 員：常勤職員数（研究職員数）

概 要：部門概要

機構図（2011/3/31現在の役職者名）

××室（英語名）

（つくば中央第○）

概要：業務内容

△△室（英語名）

（△△センター）

概要：業務内容

業務報告データ

1) 企画本部 (Planning Headquarters)

所在地：東京本部、つくば中央第2

人員：64名 (40名)

概要：

企画本部は、理事長を補佐し、研究所の総合的な経営方針の企画及び立案、研究所の業務の実施に係る総合調整並びに業務合理化の推進等に係る業務を行っている。

具体的には、理事長の執務補佐を行うとともに、研究所の経営企画業務として、経済産業省と密接なコミュニケーションをとりつつ、法人運営全体に係わる企画調整、経営方針の企画立案、中期計画及び年度計画の取りまとめ、研究資源の配分、研究センター・研究部門・研究ラボの新設及び改廃案の策定等を行っている。研究企画業務として、研究方針の企画立案、研究戦略の策定、分野融合による重点研究テーマの設定、研究スペースの調整、研究計画の取りまとめ等を行っている。

また、国会、経済産業省、総合科学技術会議や独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構等の外部機関への総括的な対応を担っている。

機構図 (2012/3/31現在)

【企画本部】

企画本部長	脇本 眞也
企画副本部長	倉田 健児
	鳥山 素弘
	鳥田 広道
総括企画主幹	中村 安宏
	堀口 光
	佐藤 一彦
	黒羽 義雄
	松川 文彦
	古屋 武
	中野 隆志
総括主幹	中村 浩一郎
【特別事業推進室】	室長 堀口 光
【産業技術調査室】	室長 鳥山 素弘

特別事業推進室 (Special Project Promotion Office)

概要：

特別事業推進室は、研究所の特別事業として推進する建設物及び連携研究等の総合調整に関する業務を行っている。

産業技術調査室

(Industrial Technology Research Office)

概要：

産業技術調査室は、研究所の経営方針の企画立案に資する調査、並びに、産業技術や国等の政策動向に関する情報の収集、分析を行っている。

2) コンプライアンス推進本部 (Compliance Headquarters)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2

人員：21名 (3名)

概要：

当本部は、「研究所のコンプライアンスの推進及び内部統制に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整並びに研究所の業務の監査に関する業務を行う」(産総研組織規程第18条)の規定に基づき、産総研における各部署や職員等のコンプライアンスに関する取組みを支援するとともに、リスク管理の最終責任部署として関連部署等と連携を図りながら、社会の信頼に応える組織の構築を推進している。

当本部の平成23年度の主な活動は以下のとおりである。

1. 各部門等及び組織全体としてのリスク管理活動の向上
2. 参加型によるコンプライアンスの周知徹底

1. については、震災(平成23年3月)後に各部門等が作成したリスク管理活動評価票の記載内容から、震災前に実施した対策を含む取組み内容及び各部門等で発生した想定外事案の掘り起こしを行った。更にこれらの事案等を、参考となる取組み事例及び教訓となる事例として整理し、部門等へフィードバックするなどによりリスク管理のPDCAサイクルを遂行した。

また、平成20年度以降のヒヤリハット・事故等の起因を分析・分類すると共に、職員に分り易い表現とするなどによるリスクテンプレートの改訂に着手し、リスク管理手法の改善に向けた作業を実施した。

更に、大規模地震などの災害時に備え、優先業務(法令で定められている業務、産業および経済活動の継続に大きな影響を与える業務など)の継続・早期復旧を図るための対策をとりまとめて、平成23年10月に業務継続計画(BCP)を策定した。

2. については、職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向けた当本部の活動が押しつけとならないよう、「参加型コンプライアンス」の推進を意識して活動を展開した。具体的には、新規採用職員や契約職員に対してコンプライアンスの基礎知識の理解を目的とした「コンプライアンス」研修を実施し、また、コンプライアンスに対する意識向上を図るため「コンプライアンスに関するセルフチェック」を実施するとともに、所内におけるコンプライアンス推進活動の一環として、身近な事例をもとにコンプライアンスに関する理解をより深めるため「コンプラ便り」を作成し、所内に発信した。

 機構図（2012/3/31現在）

[コンプライアンス推進本部]

本部長（兼）小野 晃
 副本部長（兼）河津 司
 総括企画主幹 白田 良幸
 緒方 雄二
 （兼）堀口 光

[法務企画室] 室長 鈴木 光男 他

[情報公開・個人情報保護推進室]

室長 玉上 康弘 他

[リスク管理室] 室長 菊地 正寛 他

[監査室] 室長 大曾根 均 他

 法務企画室（Legal Planning Office）

（つくば中央第2）

概要：

法務企画室の業務は、(1)不服審査及び訴訟に係る業務、(2)規程類の整備、(3)法律相談、(4)内部通報制度に関すること、(5)利益相反マネジメントである。

情報公開・個人情報保護推進室

（Information Disclosure and Personal
 Information Protection Promotion Office）

（東京本部、つくば中央第1、地域センター）

概要：

情報公開・個人情報保護推進室の業務は、(1)研究所の情報公開及び個人情報保護に関する基本方針の企画・立案・総合調整、(2)情報公開及び個人情報の開示実施等、(3)研究所の情報の公開・提供、(4)個人情報保護の推進である。

リスク管理室（Risk Management Office）

（つくば中央第2）

概要：

リスク管理室の業務は、研究所における研究活動や一般業務を阻害する要因を“リスク”と捉え、適切なリスク管理による業務内容の高度化と研究所運営の効率化に向けて、(1)研究所全体のリスク管理のとりまとめ及び組織横断的なリスクの管理・対策に係る企画立案・総合調整、(2)研究所におけるリスクの定量的な評価の実施、重大リスク（優先的に取り組むべきリスク）の掌握、(3)過去の教訓事例やリスク評価の結果に立脚した重大リスクの低減策の策定、(4)事故・事件等の危機に対応し、被害を最小限に留める対策、(5)適切なコミュニケーション（情報提供・公表等）による信頼の維持・確保に向けた各部門等との調整、(6)リスク管理委員会の事務局に係る業務の実施であ

る。

監査室（Audit Office）

（つくば中央第2）

概要：

監査室の業務は、(1)研究所の業務の執行状況を正確に把握して適切な助言及び勧告を行うことにより、内部統制システムの充実及び改善を図り、業務の適正かつ効率化及び業務の透明性の確保等に寄与することを目的とした内部監査業務、(2)会計検査院法第22条第5号に基づく会計検査院による会計実地検査及び独立行政法人通則法（以下「通則法」という。）第39条の規定に基づく会計監査人の監査、その他の外部機関の検査及び監査への対応に関する業務、(3)研究所の財務内容等の監査を含む業務の能率的かつ効果的な運営を確保することを目的とした通則法第19条第4項に基づく監事の監査業務の支援に関する業務の実施である。

3) イノベーション推進本部
 （Research and Innovation Promotion
 Headquarters）

①【イノベーション推進企画部】

（Planning Division）

 所在地：つくば中央第2

人員：20名（9名）

概要：

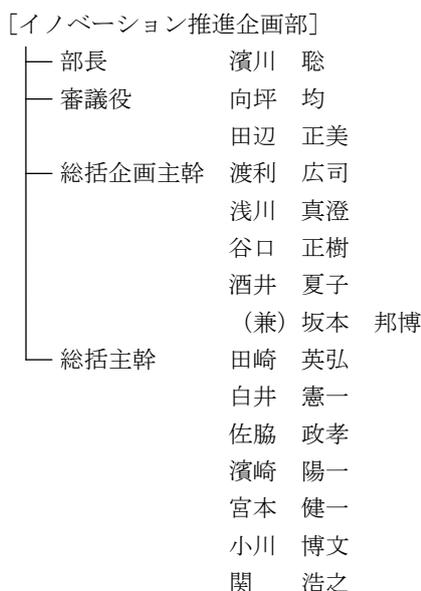
イノベーション推進本部7部1スクールを総括し、イノベーションの創出及び推進のための戦略策定、企画の立案、及びプロジェクト等の推進を行っている。また、産総研をハブとした技術研究組合におけるオープンイノベーションの推進、地域センターにおける連携活動の推進、研究情報に係るデータベースの整備・調査等を行なっている。

イノベーション推進企画部の主な活動は、次の通りである。

- ・「産総研研究戦略」において、第2部（イノベーション推進戦略）を改訂した。
- ・17の技術研究組合に参画し、19の大型外部資金プロジェクトを推進した。
- ・本格研究ワークショップを全地域拠点で開催。理事長をはじめとする経営層・研究者と、地域の産業・行政との間で本格研究の理念・方法論について共有を進めた。
- ・個々の研究開発（研究テーマ）に関連する研究戦略／中期計画、資金、人材、研究業績などを登録・収集する研究テーマデータベースから、資源・業績を分野や研究戦略ごとに集計するシステムを構築した。

- ・研究施設等の外部使用にかかる経費について、複数の規程等に跨る煩雑な料金の算定方法を集約化した。また、地域センターのオープンイノベーション関連事業の経費を減免し、拠点の活性化を図る方針を決定した。
- ・産総研の研究施設等を民間企業等が利用し、研究成果等を社会に普及する為の次の2事業を開始した。
 - 「完全密閉型遺伝子組換え植物工場」を利用した遺伝子組換えイヌインターフェロン α 発現イチゴの生産・調整及びそれを原料とする動物用医薬品の製造。
 - 「SiC 高性能パワーデバイスの試作装置」を利用した SiC パワーデバイスチップの生産。
- ・日本経済新聞社との協働事業「日本を元気にする産業技術会議」を実施し、議論の場として、インテリクチャルカフェ、シンポジウム等を14回開催した。

機構図 (2012/3/31現在)



②【知的財産部】
(Intellectual Property Division)

所在地：つくば中央第2

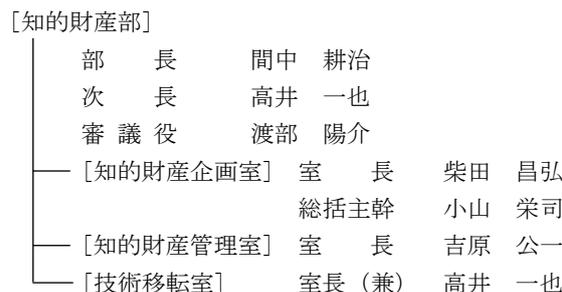
人員：22名（4名）

概要：

産総研の研究成果を社会に普及させることにより、経済及び産業の発展に貢献していくことは、産総研の大きな使命である。このため、知的財産部においては、研究成果が技術移転につながるよう知的財産権を戦略的に取得し、適切に維持・管理すると共に、産総研所有の知的財産を広く一般に紹介し、技術移転マネージャーが中心となり、イノベーションコーディネータ等とも協力し、技術移転を強力に推進している。

また、職員に対して研修や説明会を開催することにより、研究開発等において創製される発明等について、知的財産権を強く意識するよう促すとともに、内部弁理士（リエゾンマン）、技術移転マネージャー並びにイノベーションコーディネータと連携し、産総研内外の知的財産に関する各種ニーズに対応している。さらに、ベンチャー開発部と連携し、産総研発ベンチャーへの知的財産に関する支援も行っている。

機構図 (2012/3/31現在)



知的財産企画室
(Planning Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の知的財産に関する企画及び立案並びに総合調整を行うとともに、知的財産に係る各種業務を行うことで、産総研職員の知財マインドの向上及び産総研研究成果の技術移転を推進している。

具体的には、秘密保持契約等の交渉及び締結事務、発明者補償金に関する業務、知的財産に関する研修企画業務、共同研究契約や技術研究組合の知財関連規程等に関する支援業務等、知的財産に関する業務を幅広く行っている。

知的財産管理室
(Intellectual Property Administration Office)

(つくば中央第2)

概要：

産総研の研究成果を戦略的かつ効率的に知的財産権化するため、内外弁理士や連携企業等と協力し、研究ユニットで創製した発明等を速やかに内外特許庁に対し出願するとともに、適切な知的財産の保護と権利満了までの管理業務を行っている。

出願については、研究者及びイノベーションコーディネータ並びに内部弁理士と連携し、速やかな特許相談対応と明細書等作成し、出願等手続を行っている。また、企業・大学等の外部機関と連携して創製された共有発明等の出願にあたっては、当該発明にかかる知的財産権の持分について契約締結等調整業務を行っている。

特許権等の維持管理については、「産総研知的財産ポリシー」を踏まえ、権利維持の要否を判断するための特許出願レビューや特許審査委員会の事務局業務を行っている。

技術移転室 (Technology Licensing Office)

(つくば中央第2)

概要:

産総研の研究成果を社会に普及するため、保有する知的財産のライセンス等の技術移転を推進している。

具体的には、研究成果の産業化に向けた技術移転戦略の構築、産業界における技術ニーズおよび事業化戦略の動向等に関する情報の収集、マーケティング活動、ライセンス交渉および契約締結、ライセンス収入の徴収・管理、産総研技術移転ベンチャーへの知的財産に関する支援等に関する業務を行っている。

産総研平成23年度特許関連統計

国内特許	出願件数	789件
	登録件数	1058件
国外特許	出願件数	171件
	登録件数	221件
実施 (国内+国外)	実施契約件数	765件
	技術移転収入	288百万円

平成23年度ユニット別出願件数 (届出時のユニット名)

(2012/3/31 現在)

研究ユニット	23年度国内出願件数			23年度外国出願件数			23年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
情報セキュリティ研究センター	2	0	2	1	0	1	1	0	1
バイオマス研究センター	4	10	14	0	1	1	0	1	1
水素材料先端科学研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
糖鎖医工学研究センター	4	5	9	0	5	5	0	5	5
新燃料自動車技術研究センター	2	5	7	0	2	2	0	2	2
生命情報工学研究センター	1	5	6	0	1	1	0	1	1
生産計測技術研究センター	15	6	21	3	0	3	3	0	3
バイオメディシナル情報研究センター	1	2	3	0	2	2	0	2	2
ナノチューブ応用研究センター	17	10	27	10	3	13	10	3	13
サービス工学研究センター	1	2	3	0	0	0	0	0	0
ネットワークフォトニクス研究センター	6	5	11	3	0	3	3	0	3
活断層・地震研究センター	0	0	0	0	0	0	0	0	0
メタンハイドレート研究センター	1	1	2	0	1	1	0	1	1
コンパクト化学システム研究センター	11	22	33	2	2	4	2	1	3
ナノスピントロニクス研究センター	1	4	5	1	2	3	1	2	3
幹細胞工学研究センター	3	1	4	1	0	1	1	0	1
デジタルヒューマン工学研究センター	1	1	2	0	0	0	0	0	0
集積マイクロシステム研究センター	7	6	13	1	0	1	1	0	1
先進パワーエレクトロニクス研究センター	23	19	42	1	2	3	1	2	3
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	5	3	8	1	0	1	1	0	1
太陽光発電工学研究センター	8	12	20	2	4	6	1	2	3
計測標準研究部門	11	8	19	1	2	3	1	2	3
地圏資源環境研究部門	1	2	3	0	0	0	0	0	0
知能システム研究部門	3	5	8	1	1	2	1	1	2
計測フロンティア研究部門	6	2	8	0	0	0	0	0	0
ユビキタスエネルギー研究部門	27	61	88	1	24	25	1	18	19
先進製造プロセス研究部門	24	48	72	3	4	7	3	4	7
サステナブルマテリアル研究部門	18	14	32	0	0	0	0	0	0
地質情報研究部門	0	2	2	0	0	0	0	0	0
環境管理技術研究部門	11	9	20	1	0	1	1	0	1
環境化学技術研究部門	12	11	23	3	7	10	2	6	8

研究ユニット	23年度国内出願件数			23年度外国出願件数			23年度外国基礎出願件数		
	単	共	計	単	共	計	単	共	計
エネルギー技術研究部門	19	9	28	3	4	7	3	4	7
情報技術研究部門	4	2	6	3	0	3	3	0	3
安全科学研究部門	0	1	1	0	0	0	0	0	0
バイオメディカル研究部門	29	5	34	4	5	9	4	3	7
健康工学研究部門	19	11	30	2	2	4	2	2	4
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	10	6	16	1	1	2	1	1	2
ナノシステム研究部門	36	24	60	8	4	12	7	2	9
生物プロセス研究部門	4	8	12	2	2	4	2	2	4
電子光技術研究部門	11	15	26	5	5	10	5	4	9
ナノエレクトロニクス研究部門	39	21	60	11	7	18	8	4	12
社会知能技術研究ラボ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ダイヤモンド研究ラボ	3	3	6	2	0	2	2	0	2
ナノデバイスセンター	1	2	3	0	0	0	0	0	0
関西センター	0	0	0	1	0	1	1	0	1
合計	401	388	789	78	93	171	72	75	147

※外国基礎出願件数：外国出願を行う基礎となった国内出願の件数。

平成23年度研究分野別登録件数（届出時の研究分野）

(2012/3/31 現在)

研究分野	登録件数			国内			外国		
	単願	共願	合計	単願	共願	合計	単願	共願	合計
環境・エネルギー分野	196	104	300	32	32	64	14	14	28
ライフサイエンス分野	117	90	207	29	20	49	179	95	274
情報通信・エレクトロニクス分野	51	19	70	4	6	10	5	2	7
ナノテクノロジー・材料・製造分野	4	0	4	2	0	2	4	0	4
標準・計測分野	5	2	7	1	0	1	4	0	4
地質分野	4	0	4	2	0	2	4	0	4
その他	678	380	1058	115	106	221			
合計									

③【産学官連携推進部】

(Collaboration Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人員：39名（5名）

概要：

産業界、大学、公的研究機関、自治体等との連携の構築を通して、第三期中期計画における取組の大きな柱と位置付けている「21世紀型課題の解決」と「オープンイノベーションハブ機能の強化」に貢献することを目的とした活動を行っている。具体的には、産学官が一体となって研究開発や実用化等を推進するために、共同研究や受託研究の受入等を含めた各種産学官連携制度の企画・立案及びそれらの制度の効率的かつ着実な運用、地域技術施策の立案・調整、技術相談窓口、関東甲信越静地域における産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築、中堅・中小企業等への技術移転の推進等に関する業務を行っている。

機構図（2012/3/31現在）

[産学官連携推進部]

部長 松木 則夫
次長 清水 聖幸
次長 向坪 均

—[連携企画室]

(兼)室長 酒井 夏子
総括主幹 宮本 健一
総括主幹 関 浩之
総括主幹 白井 憲一

—[産学・地域連携室]

(兼)室長 清水 聖幸
総括主幹 後藤 浩平
総括主幹 田中 一裕

—[関東産学官連携推進室]

(兼)室長 松木 則夫
総括主幹 佐藤 学
総括主幹 松本 成司

—[プロジェクト支援室]

室長 小林 良三

—[共同研究支援室]

室長 河合 健二

—[共同研究支援室]

総括主幹 工藤 優

—[検査管理室]

室長 狩野 篤

連携企画室

(Collaboration Promotion Division Planning Office)
(つくば中央第2)

概要:

産学官連携活動全般について企画・立案を行うとともに、産学官連携推進部全体の業務を円滑に推進させるための総合調整を行っている。さらに、外部機関との連携協定の締結に関すること、連携大学院協定の締結と運用に関すること、産総研コンソーシアムの設立手続に関すること等の業務を行っている。

産学・地域連携室

(Collaboration Promotion Division Corporate,
Academic and Regional Collaboration Office)
(つくば中央第2)

概要:

地域技術施策の立案・調整業務、中小企業との共同研究の推進、技術相談窓口業務、産業技術連携推進会議事務局として産総研と公設試験研究機関とのネットワークの構築・強化に係る業務等を実施している。

産業技術連携推進会議事務局業務では、産総研と公設試験研究機関によるプロジェクト共同提案へ向けた取組として研究連携支援事業や研究会として持ち回り計測や依頼試験等の計測値に関する公設試験連携のための技術向上支援事業を行っている。

さらに、地域・中小企業ニーズを取り込み、産総研の技術を活用して製品化を目指して、公設試験研究機関・中小企業と共同で研究開発を実施する地域産業活性化支援事業を行っている。

また、中小企業と共同研究を推進するための事業として、研究開発規模が数千万円から億円レベルでプロジェクト化が必要な共同研究の提案を支援するための取組（中小企業共同研究スタートアップ事業）を実施している。

関東産学官連携推進室

(Collaboration Promotion Division Kanto
Collaboration Office)
(つくば中央第2)

概要:

関東甲信越静地域における、産業支援機関・団体等との連携ネットワークの構築・強化を行うとともに、域内の技術開発力を持つ中堅・中小企業等を発掘・育成し、技術開発支援を行うことにより、共同研究等の技術移転を促進している。また、産学官連携共同研究施設(つくば)の運営に関する業務を行っている。

プロジェクト支援室

(Collaboration Promotion Division National Project
Support Office)

(つくば中央第2)

概要:

産総研における研究成果の普及、技術移転等を図るための受託研究及び請負研究並びに産総研から他機関への委託研究に係る契約事務等の業務を行うとともに、受託研究及び研究助成金等外部からの研究資金受入のための支援業務を行っている。

共同研究支援室

(Collaboration Promotion Division Collaborative
Research Support Office)
(つくば中央第2)

概要:

産総研における外部機関との連携、技術移転等を図るための共同研究に係る業務を行っている。

また、産総研の「人」と「場」を活用した産学官連携活動を推進するため、技術研究組合からの研究員等の受入に関する覚書締結及び技術研究組合事業に参加する職員に関する協定書締結等の支援業務を行っている。

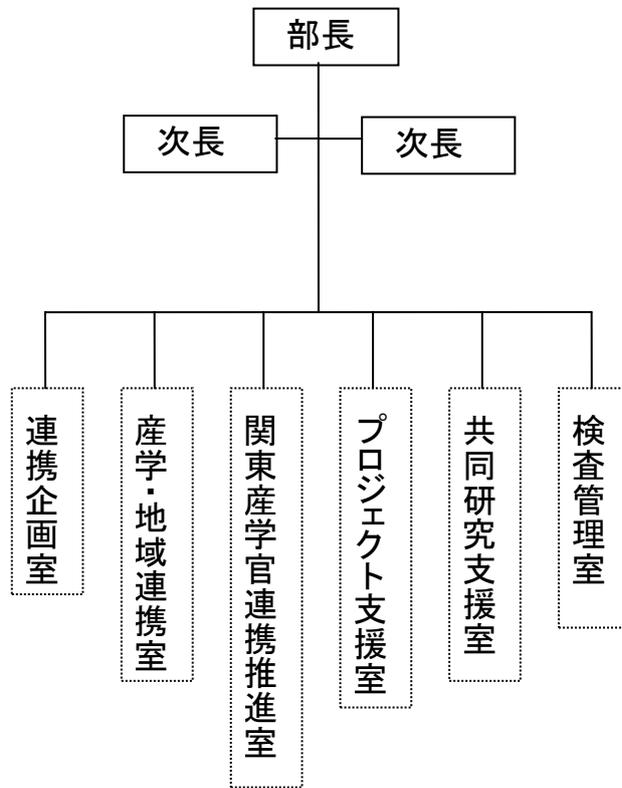
検査管理室

(Collaboration Promotion Division Inspection and
Administration Office)
(つくば中央第2)

概要:

受託研究等外部研究資金について、その適正な執行を確保するため、職員説明会の開催、自主点検等の実施を通じ、職員に対するコンプライアンスの向上に努めている。また、組織内外からの外部研究資金に係る相談窓口の設置及び不正使用等に係る通報窓口を設置している。

図1. 産学官連携推進部の組織



産業技術総合研究所

1) 共同研究

企業、大学や公設研究所などと産総研が、共通のテーマについて対等な立場で共同して研究を行う制度である。

共同研究ユニット別件数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	10	1	7	3	1	22
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	13	0	23	10	7	53
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	4	0	3	1	0	8
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	10	2	14	2	1	29
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	5	2	20	2	0	29
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	7	5	13	3	2	30
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	23	8	18	18	3	70
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	18	5	9	0	0	32
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	20	20	12	12	1	65
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3	0	9	4	0	16
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	5	0	4	0	1	10
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	5	1	0	0	3	9
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	15	0	8	5	0	28
サービシ工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	0	13	10	0	26
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	0	4	0	0	4
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	4	1	28	3	1	37
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	6	5	17	10	0	38
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	9	2	17	4	1	33
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	9	3	41	18	2	73
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	23	6	137	25	8	199
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	10	2	51	4	0	67
小計			202	63	448	134	31	878
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	29	22	48	51	25	175
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	12	4	29	12	2	59
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	26	12	16	21	2	77
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	37	21	25	19	1	103
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	20	4	50	22	0	96
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	40	7	68	49	8	172
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	34	9	47	60	10	160
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	8	6	4	2	3	23
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	25	9	32	33	7	106
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	8	2	31	7	3	51
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	49	5	53	18	1	126
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	9	6	21	6	1	43
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	13	6	21	12	2	54
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	36	5	36	21	2	100
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	38	9	30	27	3	107
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	38	18	29	33	5	123
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	61	9	31	23	14	138
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	38	7	51	20	2	118
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	28	17	23	35	4	107
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	31	3	21	23	1	79
小計			580	181	666	494	96	2,017
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31	3	0	5	2	2	12
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	4	1	7	3	1	16
小計			7	1	12	5	3	28
フェロー、関連・管理部門等	その他		11	2	33	7	4	57
計			800	247	1,159	640	134	2,980

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

2) 委託研究

産総研で研究するより、産総研以外の者（大学、企業等）に委託した方が、研究の効率性や経済性が期待出来る場合に、産総研以外の者に委託する制度である。

委託研究ユニット別件数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31				1		1
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	1					1
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～						
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～						
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～						
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～						
ネットワークフォトリクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	9	2	4	4		19
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	1	1			1	3
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	1				1	2
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1					1
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～			1			1
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～				1		1
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～						
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	1	3	2	2	1	9
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	7	2	2	2	2	15
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～						
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	2					2
エビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	1				3
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	14	5				19
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5					5
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	3					3
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	9	2	1	3		15
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	5	1				6
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	5					5
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2			1	1	4
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	4					4
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	2	2	2			6
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	9	2				11
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31	3					3
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
フェロー、関連・管理部門等	その他		2					2
計			89	21	12	14	6	142

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

3) 受託研究

企業、法人など他機関から産総研に研究を委託する制度である。その成果は委託元で活用できる。委託元の研究者を外来研究員として受け入れることも可能である。

受託研究ユニット別件数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	1	4		4	3	12
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31		5	3		3	11
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～		1			2	3
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	2				3
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	1	4	1		3	9
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～		8				8
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～		10	2	1		13
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～		6			1	7
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～		5			1	6
ネットワークフォトリクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～		1			2	3
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					1	1
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	3	2			2	7
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	2		1		5
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	1	4		1	1	7
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		3	1			4
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		3			1	4
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1	3	1			5
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～			2			2
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～		7	1	1	1	10
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	1	10	3			14
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		5		1		6
小計			11	85	14	9	21	140
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	3	8	3	1	11	26
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～		7	1	2	10	20
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～		10	2	4	3	19
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	1	4	2	3	4	14
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	3	22	3		3	31
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	3	17	2	1	1	24
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	13	1	1	3	20
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	6			6	14
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	4	8	3	2	6	23
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	11			2	16
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	4	18	4	3	11	40
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～		13	2		3	18
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	2	5	2		6	15
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～		6	2	2	4	14
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	18		2	5	26
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～		15	1	3	4	23
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	13		4	2	20
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	3	20	1	3	7	34
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		19	2			21
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		14	1	4	2	21
小計			32	247	32	35	93	439
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31		1			1	2
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		1			1	2
小計				2			2	4
フェロー、関連・管理部門等	その他			10		1	5	16
計			43	344	46	45	121	599

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

4) 請負研究

受託研究によることができない研究を他機関からの依頼に応じて産総研が行うものであり、その経費は依頼者に負担していただく。

請負研究ユニット別件数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31						
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31						
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～						
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～						
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～			1			1
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～						
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～						
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～						
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	1		1	1		3
ネットワークフォトニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～						
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～						
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～		4	2			6
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～						
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～		1	2			3
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～						
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		1			1	2
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～						
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～						
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						
小計			1	6	6	1	1	15
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～			1	1		2
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～				3		3
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～			1			1
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～			1			1
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～						
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～			1			1
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～						
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～						
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	1	1				2
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～						
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	1	2	5	2		10
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～			1			1
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～				2	2	4
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～			1			1
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～			1			1
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～						
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～		1		1		2
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		1				1
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～						
小計			2	5	12	9	2	30
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31						
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
小計								
フェロー、関連・管理部門等	その他				1			1
計			3	11	19	10	3	46

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

5) 技術研修

外部機関等の研究者、技術者を産総研が受け入れ、産総研の技術ポテンシャルを基に研修を行う制度である。

技術研修ユニット別人数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	0	0	1	0	0	1
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	11	0	8	5	0	24
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	104	0	0	2	0	106
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	4	0	0	1	0	5
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	6	0	0	0	0	6
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	17	0	10	1	0	28
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	23	0	2	0	0	25
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	10	3	1	0	0	14
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	17	0	1	0	0	18
ネットワークフォトリニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	7	0	0	0	0	7
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	16	0	0	0	0	16
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	3	0	0	0	3	6
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	18	0	0	0	0	18
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	15	0	0	3	0	18
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	14	0	0	0	0	14
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	25	0	0	0	0	25
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	31	0	0	0	1	32
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	6	0	0	0	0	6
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	16	0	1	1	0	18
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	28	0	0	5	0	33
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	16	0	4	2	0	22
小計			387	3	28	20	4	442
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	22	2	4	4	2	34
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	4	0	1	0	1	6
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	16	0	0	2	0	18
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	19	1	10	4	1	35
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	44	0	1	7	0	52
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	59	0	2	2	3	66
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	7	0	2	0	1	10
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	14	0	0	0	0	14
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	32	2	2	1	1	38
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	21	0	0	1	0	22
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	53	0	2	1	0	56
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	15	0	0	2	0	17
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	9	0	0	1	1	11
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	42	1	0	1	0	44
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	51	0	1	1	0	53
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	58	0	3	0	8	69
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	79	1	15	3	3	101
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	26	2	10	0	0	38
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	32	0	15	0	0	47
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	52	1	0	0	0	53
小計			655	10	68	30	21	784
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31	0	0	0	0	0	0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5	0	0	0	0	5
小計			5	0	0	0	0	5
フェロー、関連・管理部門等	その他		58	2	24	5	5	94
計			1,105	15	120	55	30	1,325

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

6) 外来研究員

外部機関等の研究者等が産総研において研究を行う際に研究員として受け入れる制度である。

外来研究員ユニット別人数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	0	0	0	2	3	5
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	3	6	0	1	1	11
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	52	2	3	0	1	58
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	3	0	0	0	0	3
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	11	9	1	0	6	27
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	12	0	1	0	2	15
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	6	0	6	1	2	15
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	4	0	1	0	0	5
バイオメディシナル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	5	0	2	3	1	11
ネットワークフォトリニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2	0	0	0	0	2
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	8	0	2	0	1	11
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	20	10	0	0	1	31
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	4	0	0	0	3	7
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	11	3	1	1	0	16
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	2	0	2	0	0	4
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	9	0	0	2	3	14
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	6	0	0	0	1	7
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	4	1	8	1	4	18
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	6	0	3	1	0	10
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	3	0	2	1	3	9
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	8	3	4	1	7	23
小計			179	34	36	14	39	302
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	4	2	1	0	18	25
地図資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	11	0	7	1	10	29
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	11	1	0	1	6	19
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	2	0	0	1	3	6
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	14	1	0	0	8	23
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	13	2	0	3	19	37
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4	1	0	1	7	13
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	51	7	5	1	21	85
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	9	3	2	1	9	24
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	2	0	2	4	10
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	32	7	5	2	25	71
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	11	2	1	0	4	18
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	10	2	0	0	4	16
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	44	6	0	1	21	72
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	6	4	5	6	29
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	5	2	0	6	11	24
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	39	4	3	4	12	62
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	28	7	0	1	11	47
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	7	2	4	2	8	23
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	18	6	3	3	13	43
小計			323	63	35	35	220	676
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31	0	0	1	1	1	3
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	0	2	0	0	0	2
小計			0	2	1	1	1	5
フェロー、関連・管理部門等	その他		30	11	50	16	11	118
計			532	110	122	66	271	1,101

※国内案件のみ

産業技術総合研究所

7) 連携大学院

大学と産総研が協定を結び、産総研研究者が大学から連携大学院教官の発令を受け、大学院生を技術研修生として受け入れ、研究指導等を行う。この制度による大学院生には被指導者であると同時に研究協力者としての側面があり、産総研にとっても研究促進を図ることができる。

(参考：大学院設置基準「第13条第2項 大学院は、教育上有益と認めるときは、学生が他の大学院又は研究所等において必要な研究指導を受ける事を認めることができる。(後略)」)

○連携大学院派遣教員ユニット別人数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止日時	派遣教員数			
			国公立大学	国公立大学	私立大学	私立大学
			教授	准教授	教授	准教授
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	0	0	1	0
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	1	0	0	0
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～	0	0	1	0
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	1	2	0	0
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	0	1	0	0
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	5	20	1	0
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	8	5	0	0
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	4	2	0	0
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	3	5	0	0
ネットワークフォトンクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	0	0	2	0
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～	0	0	0	0
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	0	1	0	0
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	1	1	0	0
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	4	0	0
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1	0	0	1
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	0	0	0	2
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	3	0	0	0
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	0	2	0
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	1	6	0
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	5	2	1	1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1	0	1	0
小計			39	44	15	4
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	3	1	4	0
地図資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	1	2	0	0
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	5	0	1	2
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	0	1	3	0
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	3	3	4	0
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	6	2	11	0
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	0	2	0
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	2	4	0	0
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2	2	2	1
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	5	2	5	0
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	7	3	7	1
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	4	5	2	2
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	1	1	1	0
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	3	1	3	1
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	8	9	3	1
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	9	5	1	0
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	7	5	3	3
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	5	1	5	0
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1	0	6	1
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	1	0	7	1
小計			75	47	70	13
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31	1	2	1	0
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1	0	0	0
小計			2	2	1	0
フェロー、関連・管理部門等	その他		17	1	5	1
計			133	94	91	18

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

事業組織・本部組織業務

○連携大学院派遣教員一覧

平成24年3月31日現在

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数	
					教授	准教授
1	北海道	国立	北海道大学	生命科学院	3	3
			北海道大学	総合化学院	2	0
			北海道大学	農学院	3	2
2	東北	国立	東北大学	環境科学研究科	1	1
			東北大学	理学研究科	2	4
3	東北	国立	山形大学	理工学研究科	0	0
4	東北	国立	福島大学	共生システム理工学研究科	0	0
5	関東	国立	茨城大学	理工学研究科	2	0
6	関東	国立	東京工業大学	総合理工学研究科	4	1
			東京工業大学	理工学研究科	3	0
7	関東	国立	東京農工大学	工学府	5	0
8	関東	国立	東京医科歯科大学	生命情報科学教育部	0	7
9	関東	公立	首都大学東京		7	4
10	関東	国立	宇都宮大学	工学研究科	2	0
11	関東	国立	群馬大学	工学研究科	2	1
			筑波大学	システム情報工学研究科	14	7
				人間総合科学研究科	3	3
				数理解析科学研究所	10	5
13	関東	国立	千葉大学	工学研究科	2	0
			千葉大学	工学研究科	2	0
14	関東	国立	横浜国立大学	環境情報研究院	0	1
15	関東	国立	長岡技術科学大学	工学研究科	4	2
16	関東	国立	静岡大学		0	0
17	関東	国立	電気通信大学	電気通信学研究所及び情報システム学研究所	0	0
18	関東	国立	埼玉大学	理工学研究科	10	1
19	関東	国立	東京大学	新領域創成科学研究科	1	18
20	関東	国立	信州大学	総合工学系研究科	6	0
21	関東	国立	お茶の水女子大学	人間文化創成科学研究科	1	1
22	中部	国立	名古屋工業大学	工学研究科	1	1
23	中部	国立	岐阜大学	工学研究科	3	0
			岐阜大学	連合創薬医療情報研究科	1	1
24	中部	国立	金沢大学	自然科学研究科	1	1
25	中部	国立	北陸先端科学技術大学院大学	マテリアルサイエンス研究科	4	2
			北陸先端科学技術大学院大学	知識科学研究科	1	4
26	関西	国立	福井大学	工学研究科	1	0
27	関西	国立	京都工芸繊維大学	工芸科学研究科	0	1
28	関西	国立	大阪大学	理学研究科	2	1
29	関西	公立	大阪府立大学	工学研究科	0	0
30	関西	国立	奈良先端科学技術大学院大学	情報科学研究科	3	1
31	関西	国立	神戸大学	工学研究科	4	4
			神戸大学	人間発達環境学研究所	1	1
			神戸大学	理学研究科	1	0
32	関西	公立	兵庫県立大学	工学研究科	0	0
33	関西	国立	和歌山大学	システム工学研究科	3	0
34	中国	国立	広島大学	工学研究科	2	1
			広島大学	生物圏科学研究科	1	1
35	中国	国立	山口大学	理工学研究科	0	1
36	四国	国立	徳島大学	ソシオテクノサイエンス研究部	1	1
37	四国	国立	香川大学	農学研究科	2	1
38	九州	国立	九州大学	総合理工学研究院	2	2
39	九州	国立	熊本大学	自然科学研究科	1	0
40	九州	国立	佐賀大学	工学系研究科	4	2
41	九州	国立	鹿児島大学	理工学研究科	2	1
42	九州	公立	北九州市立大学	国際環境工学研究科	0	1
				国公立大学小計	133	94
43	東北	私立	東北学院大学	工学研究科	5	0
44	関東	私立	東京理科大学	基礎工学研究科	2	3
			東京理科大学	理学研究科	4	0
			東京理科大学	理工学研究科	21	3
45	関東	私立	東京電機大学	先端科学技術研究科・工学研究科	3	0
46	関東	私立	芝浦工業大学	工学研究科	3	0
47	関東	私立	日本大学	工学研究科	2	0
			日本大学	理工学研究科	1	0

産業技術総合研究所

No.	地域	国公立 の別	大学名	学科名	派遣教員数	
					教授	准教授
48	関東	私立	上智大学	理工学研究科	1	0
49	関東	私立	東邦大学	理学研究科	6	3
50	関東	私立	立教大学	理学研究科	4	0
51	関東	私立	千葉工業大学	工学研究科	3	0
52	関東	私立	神奈川工科大学	応用化学専攻	5	0
			神奈川工科大学	機械工学専攻	1	0
			神奈川工科大学	電気電子工学専攻	3	1
53	関東	私立	湘南工科大学		0	0
54	関東	私立	青山学院大学	理工学研究科	2	1
55	関東	私立	早稲田大学	理工学術院	0	1
56	関東	私立	東京都市大学	工学研究科	1	1
57	関東	私立	明治大学	理工学研究科	1	0
58	関東	私立	東海大学		0	0
59	関東	私立	明星大学	理工学研究科	0	1
60	中部	私立	大同大学	工学研究科	1	0
61	中部	私立	名城大学	理工学研究科	1	0
62	中部	私立	中部大学	工学研究科	2	0
63	中部	私立	愛知工業大学	工学研究科	2	0
64	中部	私立	金沢工業大学	工学研究科	8	0
65	関西	私立	立命館大学	理工学研究科	1	0
66	関西	私立	同志社大学	工学研究科	1	0
67	関西	私立	大阪電気通信大学	工学研究科	0	0
68	関西	私立	関西学院大学	理工学研究科	3	2
69	関西	私立	関西大学	理工学研究科	4	2
				私立大学小計	91	18
				合計	224	112

(注) 教授、准教授以外の役職で登録されている場合は准教授とする

8) 技術相談

産業技術総合研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、民間企業、公設試験研究機関等からの技術相談を受ける。

1) 平成23年度「技術相談届け出システム」に入力された件数： 5537件 (内 GSJ 822件)

2) 拠点件数

拠点名	相談件数
北海道センター	149
東北センター	197
つくばセンター	3665
東京センター	9
臨海副都心センター	48
中部センター	524
関西センター	441
中国センター	104
四国センター	385
九州センター	202
上記の合計	5724
相談件数	5537

一相談で複数拠点にまたがる案件は、複数カウントされるため正味の相談件数より大きくなっている。

3) 相談者の分類

相談者の分類	全体件数	全体件数%	GSJ以外 件数	GSJ以外%	GSJ 件数	GSJ%
大企業	1644	29.7%	1602	34.0%	42	5.1%
中小企業	2274	41.1%	2149	45.6%	125	15.2%
教育機関	373	6.7%	266	5.6%	107	13.0%
公的機関	526	9.5%	405	8.6%	121	14.7%
出版放送マスコミ	144	2.6%	23	0.5%	121	14.7%
個人	398	7.2%	110	2.3%	288	35.0%
外国	16	0.3%	14	0.3%	2	0.2%
その他	162	2.9%	146	3.1%	16	1.9%
合計	5537	100.0%	4715	100.0%	822	100.0%

4) 分野別問い合わせ件数

ライフサイエンス	530
通信・情報	357
ナノテク・材料・製造	1672
環境・エネルギー	1014
地質・海洋	822
標準・計測	826
その他	316
合計	5537

産業技術総合研究所

9) 依頼出張・受託出張

外部機関からの要請により、研究打ち合わせ、調査、講演等のために、職員が出張する制度である。

依頼・受託出張ユニット別人数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	1					1
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	18	7			2	27
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～						
糖鎖医工学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	3	6			1	10
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	2	3				5
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	11	3			4	18
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～	7	1			1	9
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	3					3
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	5	9			4	18
ネットワークフォトンクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	3					3
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～					4	4
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	34	7			14	55
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	3	2				5
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～					2	2
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		1				1
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～		4	4		1	9
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～				1		1
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	9	3			2	14
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	2	7	2	1	4	16
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	3	2			1	6
小計			104	55	6	2	40	207
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	17	19	2	2	11	51
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	9	7		6	6	28
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	4	3			3	10
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	16	3		1	3	23
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	12	23	1	2	1	39
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	4	3			3	10
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	1	6			2	9
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	34	21		1	25	81
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	10	15			4	29
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	2				1	3
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	21	3			6	30
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	6	2			5	13
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	10	6				16
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	22	8			8	38
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	2	1	1	2	8
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	4	2			1	7
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	10	5			1	16
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	37	15			3	55
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～		3		1	1	5
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	13	1			2	16
小計			234	147	4	14	88	487
社会知能技術研究ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31						
ダイヤモンド研究ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～						
小計								
フェロー、関連・管理部門等	その他		22	24	1		40	87
計			360	226	11	16	168	781

※国内案件のみ

事業組織・本部組織業務

10) 委員の委嘱

産総研の職員が外部の委員等に就任し、必要とされる情報、アドバイス等の提供を行う。

委員の委嘱ユニット別人数一覧

平成24年3月31日現在

研究ユニット	分野	設立・廃止年月日	大学	法人	大企業	中小企業	その他	計
情報セキュリティ研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2005.04.01～2012.03.31	26	29			8	63
バイオマス研究センター	環境・エネルギー	2005.10.01～2012.03.31	3	6	2	3	3	17
水素材料先端科学研究センター	環境・エネルギー	2006.07.01～		4			3	7
糖鎖医学研究センター	ライフサイエンス	2006.12.01～	5	1				6
新燃料自動車技術研究センター	環境・エネルギー	2007.04.01～	2	20			5	27
生命情報工学研究センター	ライフサイエンス	2007.04.01～	2	10			7	19
生産計測技術研究センター	標準・計測	2007.08.01～		17			10	27
ナノチューブ応用研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2008.04.01～	3	10		1		14
バイオメディカル情報研究センター	ライフサイエンス	2008.04.01～	5	3			1	9
ネットワークフォトリニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.10.01～	2	5	1		4	12
メタンハイドレート研究センター	環境・エネルギー	2009.04.01～		3			3	6
活断層・地震研究センター	地質	2009.04.01～	5	28	1		41	75
幹細胞工学研究センター	ライフサイエンス	2010.04.01～	2	2			6	10
サービス工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2008.04.01～	3	8		1	5	17
ナノスピントロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	1					1
デジタルヒューマン工学研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2010.04.01～	3	9	1		8	21
集積マイクロシステム研究センター	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	1	30			5	36
先進パワーエレクトロニクス研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	1	8				9
コンパクト化学システム研究センター	環境・エネルギー	2010.04.01～	2	10			1	13
太陽光発電工学研究センター	環境・エネルギー	2011.04.01～	6	20	3	1	5	35
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	2	13				15
小計			74	236	8	6	115	439
計測標準研究部門	標準・計測	2001.04.01～	4	501	3	1	93	602
地圏資源環境研究部門	地質	2001.04.01～	5	67	7	1	73	153
知能システム研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2001.04.01～	7	63			20	90
計測フロンティア研究部門	標準・計測	2004.04.01～	6	41		1	17	65
ユビキタスエネルギー研究部門	環境・エネルギー	2004.04.01～	14	76			24	114
先進製造プロセス研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	2	95		4	33	134
サステナブルマテリアル研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2004.04.01～	5	51		1	22	79
地質情報研究部門	地質	2004.05.01～	7	61	1	2	104	175
環境管理技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	42			20	65
環境化学技術研究部門	環境・エネルギー	2004.05.01～	3	35	1	1	17	57
エネルギー技術研究部門	環境・エネルギー	2004.07.01～	5	129	8	1	41	184
情報技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2004.07.15～	9	82	2		15	108
安全科学研究部門	環境・エネルギー	2008.04.01～	3	71		1	41	116
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	16	108	1	1	43	169
バイオメディカル研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	10	26		1	9	46
生物プロセス研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	6	14			4	24
健康工学研究部門	ライフサイエンス	2010.04.01～	10	22		4	22	58
ナノシステム研究部門	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～	13	35			12	60
ナノエレクトロニクス研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	5	39		1	5	50
電子光技術研究部門	情報通信・エレクトロニクス	2011.04.01～	7	40		1	14	62
小計			140	1,598	23	21	629	2,411
社会知能技術研ラボ	情報通信・エレクトロニクス	2010.02.01～2012.03.31		6			1	7
ダイヤモンド研ラボ	ナノテクノロジー・材料・製造	2010.04.01～		6				6
小計				12			1	13
フェロー、関連・管理部門等	その他		22	252	8	5	230	517
計			236	2,098	39	32	975	3,380

※国内案件のみ

11) 産業技術連携推進会議

約94の公設試験研究機関（支所を含む）並びに産総研との協力体制を強化し、これらの機関が持つ技術開発力及び技術指導力をできる限り有効に発現させることにより、機関相互の試験研究を効果的に推進して、産業技術の向上を図り、我が国の産業の発展に貢献するために、産業技術連携推進会議を設置し運営している。

平成19年度4月には本会議の組織改正を図り、技術分野を6部会に再編するとともに、新たに地域部会（事務局：地域産学官連携センター）を設置し産業技術関連情報の相互提供、戦略の検討、活動状況及び活動成果の情報発信等を行っている。

また、経済産業局ブロックごとに設置されている地域産業技術連携推進会議とも協力して地域関連施策の連携強化を図っている。

産業技術連携推進会議開催実績

平成24年3月31日現在

部会等名称		開催回数
総 会		1
企画調整委員会		2
技 術 部 会	ライフサイエンス部会	4
	情報通信・エレクトロニクス部会	10
	ナノテクノロジー・材料部会	33
	製造プロセス部会	10
	環境・エネルギー部会	6
	知的基盤部会	13
地 域 部 会	北海道地域部会	23
	東北地域部会	14
	関東甲信越静地域部会	18
	東海北陸地域部会	8
	近畿地域部会	18
	中国地域部会	17
	四国地域部会	14
九州・沖縄地域部会	30	
地 域 産 技 連	北海道地域産業技術連携推進会議	1
	東北地域産業技術連携推進会議	0
	関東甲信越静地域産業技術連携推進会議	1
	東海北陸地域産業技術連携推進会議	1
	近畿地域産業技術連携推進会議	3
	中国地域産業技術連携推進会議	2
	四国地域産業技術連携推進会議	4
九州・沖縄地域産業技術連携推進会議	2	
合 計		235

④【国際部】

(International Affairs Division)

所在地：つくば中央第2

人員：17名（6名）

概要：

- 1) 海外研究機関との継続的・安定的な友好関係を礎として、先進的研究機関と相互補完的研究協力を、アジアを中心とした相互互惠的なパートナーシップを推進。
- 2) 環境・エネルギー分野において、米国エネルギー省傘下の10研究機関との27の研究テーマについて研究協力を本格的に開始。また、ベトナムとの8回目のワークショップを開催するなど、アジア諸国との研究協力を推進。また、政策要請に基づき、非食糧系バイオマス資源の燃料エネルギーとしての利活用を促進するためにバイオマス・アジアを推進。
- 3) 海外からの視察・見学を積極的に受けることにより、産総研の国際的知名度の向上を図った。また、海外ミッション等への参加や海外の展示会への出席を積極的に行い、科学技術外交の観点からも産総研の知名度を高めた。
- 4) 海外への技術の提供ならびに貨物の輸出に関し、法令順守の徹底を図るため様々な取り組みを継続し、法令順守にかかる国の政策に積極的に貢献。また、海外での危機管理については、海外の危機発生時に出張等している研究者に対し、様々な情報を提供し、リスク回避に貢献。

機構図（2012/3/31現在）

[国際部]

部 長	作田 宏一
次 長	宮崎 芳徳
審 議 役	二タ村 森
部 総 括	谷川原 久明
部 総 括	櫻庭 昭義
総括主幹	橋本 佳三
総括主幹	陳 亮

[国際協力室]

室 長	前田 恒昭
総括主幹	荻草 昭治
総括主幹	村井 保夫

[安全保障貿易管理室]

室 長	(兼) 櫻庭 昭義
-----	-----------

国際協力室 (International Cooperation Office)

(つくば中央第2)

概要：

包括研究協力覚書、個別研究覚書等、対外的な国際研究協力に関わる連携推進業務、国際的な人材交流を推進する為に産総研フェロウシップ事業、米国インターンシップ事業の運用及び研究者の招聘・派遣制度による交流支援、国際的な人材育成等を通じての研究活動支援を推進。また、産総研を訪問する海外の要人向け見学対応、理事長・理事の海外訪問、海外機関とのワークショップ開催、国際情報の入手と発信、米国国立研究機関との研究協力プロジェクト支援等を推進。

安全保障貿易管理室

(Security Export Control Office)

(つくば中央第2)

概要：

外国為替及び外国貿易法を確実に実施するため、産総研の安全保障輸出管理を的確に実施するとともに、共同研究や人的交流で関係の深い大学での輸出管理体制整備への協力を実施。

具体的には、

- 1) 管理部門や地域センターでの輸出管理に関する研修の実施。
- 2) 地域センターでの研修に併せて、地方の主要大学を訪問し、産総研の輸出管理を説明するとともに、各大学の取組状況を聴取。
- 3) 産総研の安全保障輸出管理規程・要領に基づき、輸出管理業務を的確に実施できるように、研究ユニット等への関連法規の周知、研修、具体的輸出案件の審査、相談、輸出指導、監査等を実施。
- 4) 産総研での外部人材受け入れに関し、外部人材の事前登録業務を実施。

1) 海外出張

研究の推進を目的とした職員の海外出張について、平成23年度の出張者総数（国・地域別）は、3469名、実出張者数（組織別）は、3176名。分類のカテゴリーは、以下のとおり。

産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）…運営費交付金等により行う出張

外部予算による出張…文部科学省科学研究費補助金等、外部予算により行う出張

依頼出張…外部機関からの依頼による出張。依頼元は、公益法人、民間企業、海外の大学・研究機関等。

表1 平成23年度外国出張者数（国・地域別）

人数（人） 国・地域名	計	1. 産総研予算 による出張（一 部外部予算の充 当を含む）	2. 外部予算 による出張	3. 依頼出張
アジア地域				
インド	47	19	22	6
インドネシア	38	9	20	9
カンボジア	1	0	0	1
スリランカ	4	0	0	4
シンガポール	46	18	22	6
タイ	107	38	61	8
ニューカレドニア	2	0	2	0
ネパール	1	1	0	0
パキスタン	1	1	0	0
バヌアツ	1	0	1	0
バングラデシュ	1	0	1	0
フィジー	2	0	2	0
フィリピン	8	4	3	1
ベトナム	55	28	23	4
マレーシア	28	13	15	0
ミクロネシア	1	0	1	0
ミャンマー	2	0	2	0
モルディブ	1	1	0	0
モンゴル	17	7	10	0
ラオス	4	2	1	1
韓国	226	119	81	26
中国	295	152	120	23
台湾	92	47	36	9
日本（海外在住）	24	14	10	0
オーストラリア	92	46	40	6
ニュージーランド	4	1	2	1
米州地域				
米国	977	315	608	54
カナダ	95	40	45	10
アルゼンチン	1	0	1	0
ウルグアイ	1	0	1	0
コスタリカ	1	0	1	0
チリ	3	2	1	0
バルバドス	1	0	0	1
ブラジル	26	3	22	1
ペルー	1	0	1	0
メキシコ	16	7	3	6
ヨーロッパ地域				
アイルランド	6	0	6	0
イタリア	61	23	35	3
ウクライナ	1	0	1	0
英国	162	56	99	7
エストニア	4	2	2	0

事業組織・本部組織業務

人数（人） 国・地域名	計	1. 産総研予算 による出張（一 部外部予算の充 当を含む）	2. 外部予算 による出張	3. 依頼出張
オーストリア	46	21	22	3
オランダ	60	21	35	4
ギリシャ	21	5	16	0
クロアチア	1	0	1	0
スイス	79	29	44	6
スウェーデン	26	13	10	3
スペイン	62	23	32	7
スロバキア	8	4	4	0
スロベニア	7	4	3	0
チェコ	30	12	15	3
デンマーク	19	8	8	3
ドイツ	233	90	125	18
ノルウェー	8	3	3	2
ハンガリー	10	4	6	0
フィンランド	25	8	16	1
フランス	202	96	88	18
ベルギー	45	20	21	4
ボスニア・ヘルツェゴ ビナ	1	1	0	0
ポーランド	37	15	20	2
ポルトガル	15	2	9	4
モルドバ	2	0	2	0
ロシア	21	11	8	2
その他の地域				
アラブ首長国連邦	4	2	2	0
イスラエル	1	0	1	0
ウガンダ	2	1	0	1
エチオピア	2	0	2	0
カタール	1	1	0	0
クウェート	1	0	0	1
ケニア	4	1	2	1
サウジアラビア	4	3	1	0
トルコ	12	6	6	0
ナミビア	1	0	1	0
マダガスカル	3	0	3	0
南アフリカ	19	10	8	1
合 計	3468	1382	1815	271

※1つの出張で数カ国にまたがる場合には、それぞれの国にカウントしております。

表2 平成23年度外国出張者数（組織別）

組織別	人数（人）	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
理事長、理事、フェロー、顧問		48	44	3	1
研究ユニット		2872	1056	1579	237
研究センター		964	313	468	183
研究部門		1888	731	1103	54
研究ラボ		20	12	8	0
本部組織		123	95	21	7
地域センター		38	17	15	6
その他		95	58	29	8
合 計		3176	1270	1647	259

表3 平成23年度出張出張者数（目的別）

目的	人数（人）	計	1. 産総研予算による出張（一部外部予算の充当を含む）	2. 外部予算による出張	3. 依頼出張
国際会議・学会等		2229	933	1144	152
動向調査		193	60	124	9
実地調査		152	26	108	18
在外研究		88	45	37	6
共同研究		289	89	184	16
技術協力		55	28	16	11
交渉折衝		42	32	3	7
在外研修		5	5	0	0
その他		123	52	31	40
合 計		3176	1270	1647	259

【各区分の定義】

- 国際会議・学会等：国際会議や学会への参加
- 動向調査：海外の大学・研究所・企業等を訪問し、動向を調査
- 実地調査：地質調査等の野外における調査
- 在外研究：海外の大学・研究所等における研究
- 共同研究：海外の大学・研究所等との共同研究の実施
- 技術協力：JICA 専門家等として、海外機関における技術協力
- 交渉折衝：海外の大学・研究所等における交渉、折衝
- 在外研修：海外の大学・研究所等における研修
- その他：上記に属しないもの

2) 外国人研究者受入

研究の推進を目的として、海外の研究機関、大学等から外国人研究者の受入れを実施している。平成23年度は、162名を受け入れた。

表4 平成23年度外国人研究者受入実績

受入制度	受入人数
外国人外来研究員 (内 JSPSフェロー28人)	162
合計	162

※ 新規受入分、滞在6日以上

【各区分の定義】

- ・ 外来研究員：産総研以外の者であって、自己の知見、経験等を活かし研究の推進に協力するために行う研究、調査、指導、助言等を行う者で原則として5年以上研究に従事した者をいう。
- ・ JSPSフェロー：JSPSフェローシップにより来日している外国人外来研究員

表5 平成23年度外国人研究者受入実績（国・地域別）

国・地域別	人数	外来研究員
アジア地域		
インド		13
インドネシア		5
韓国		7
シンガポール		1
スリランカ		1
タイ		21
台湾		9
中国		28
フィリピン		1
ブルネイ・ダルサラーム		1
ベトナム		3
マレーシア		3
モンゴル		2
オーストラリア		3
米州地域		
米国		5
カナダ		4
アルゼンチン		1
ブラジル		5
メキシコ		1
ヨーロッパ地域		
アゼルバイジャン		1
イタリア		4
ウクライナ		1
英国		2
スイス		1
スペイン		2
スロバキア		1
スロベニア		1
チェコ		1
ドイツ		1
フィンランド		2
フランス		17
ハンガリー		1
ベルギー		2

国・地域別	人数	外来研究員
ポーランド		1
ロシア		1
その他の地域		
イスラエル		1
エジプト		5
トルコ		2
モロッコ		1
合計		162

表6 平成23年度外国人研究者受入実績（組織別）

組織別	人数	外来研究員
活断層・地震研究センター		2
メタンハイドレート研究センター		0
太陽光発電工学研究センター		2
情報セキュリティ研究センター		2
バイオマス研究センター		13
水素材料先端科学研究センター		2
糖鎖医工学研究センター		1
新燃料自動車技術研究センター		10
生命情報工学研究センター		10
生産計測技術研究センター		0
バイオメディシナル情報研究センター		0
ナノデバイスセンター		4
ナノチューブ応用研究センター		1
ネットワークフォトンクス研究センター		0
サービス工学研究センター		0
先進パワーエレクトロニクス研究センター		1
コンパクト化学システム研究センター		3
集積マイクロシステム研究センター		3
ナノスピントロニクス研究センター		1
デジタルヒューマン工学研究センター		1
幹細胞工学研究センター		0
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		1
計測標準研究部門		6
地圏資源環境研究部門		1
知能システム研究部門		11
ナノエレクトロニクス研究部門		1
電子光技術研究部門		4
計測フロンティア研究部門		3
ユビキタスエネルギー研究部門		10
先進製造プロセス研究部門		2
サステナブルマテリアル研究部門		1
地質情報研究部門		9
環境管理技術研究部門		3
環境化学技術研究部門		2
エネルギー技術研究部門		9
情報技術研究部門		1
安全科学研究部門		4
ナノシステム研究部門		15
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		2
バイオメディカル研究部門		7
生物プロセス研究部門		9
健康工学研究部門		3

事業組織・本部組織業務

組織別	人数	外来研究員
社会知能技術研究ラボ		0
ダイヤモンド研究ラボ		1
計量標準管理センター		0
地質調査情報センター		0
関西産学官連携センターバイオベースポリマー連携研究体		0
合 計		162

3) 技術研修

「独立行政法人産業技術総合研究所技術研修規程」（13規程第23号）に則り、外国の大学及び研究機関等から派遣された者に対して研究所が蓄積してきた技術ポテンシャルを基に、産業科学技術の発展及び継承を図るために技術研修を実施している。

また、(独)国際協力機構（JICA）や（社）科学技術国際交流センター（JISTEC）、日欧産業協力センターからの依頼により、JICA 集団研修、個別研修、ウインターインスティテュートプログラム研修やヴルカヌス・イン・ジャパンプログラム研修を実施している。

平成23年度は、6日以上滞在の技術研修員受入数は51名、5日以下1名の総数52名を受け入れた。

（平成22年度から継続滞在〔6日以上滞在9名〕を含むと、61名となる。）

表7 平成23年度 国際技術研修受入実績（制度別）

制 度	6日以上	5日以下	計
技術研修（JICA／サマー／ウインター 研修以外）	36	1	37
ウインターインスティテュート研修	13		13
JICA 個別研修	2		2
小 計	51	1	52

平成22年度からの継続

JICA 集団研修 「バイオマス有効利用技術」	2		2
技術研修	7		7
小 計	9		9
合 計	60	1	61

表8 平成23年度 国際技術研修受入実績（組織別）（6日以上滞在）

組織別	人数（人）	計	JICA 研修	ウインター インスティテュート	技術研修
バイオマス研究センター		2			2
新燃料自動車技術研究センター		1			1
太陽光発電工学研究センター		2			2
環境管理技術研究部門		2		2	
環境化学技術研究部門		2	2		
エネルギー技術研究部門		3		2	1
糖鎖医工学研究センター		1			1
生物プロセス研究部門		3			3
バイオメディカル研究部門		1		1	
健康工学研究部門		2		2	
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		2		1	1
ナノスピントロニクス研究センター		1			1
ナノエレクトロニクス研究部門		1			1
電子光技術研究部門		8			8
知能システム研究部門		1		1	
ナノチューブ応用研究センター		1		1	
ナノシステム研究部門		1			1
先進製造プロセス研究部門		5		1	4
計測標準研究部門		5			5
生産計測技術研究センター		1			1
活断層・地震研究センター		1			1
地質情報研究部門		5		2	3
計		51	2	13	36

表9 平成23年度 国際技術研修 国・地域別受入れ一覧表 (6日以上滞在)

国・地域別	人数(人)	受入人数	JICA 研修	インター ンシップ	技術研修
アジア・大洋州地域					
インド		1			1
韓国		26		13	13
タイ		5			5
中国		3			3
フィリピン		1			1
台湾		2			2
マレーシア		4	2		2
オーストラリア		1			1
日本		1			1
米州地域					
メキシコ		1			1
チリ		1			1
ヨーロッパ地域					
スペイン		1			1
デンマーク		1			1
ドイツ		2			2
ハンガリー		1			1
合計		51	2	13	36

表10-1 平成23年度 国際技術研修受入実績（組織別；平成22年度からの継続；6日以上滞在）

組織別	人数（人）	計	JICA 研修	技術研修
バイオマス研究センター		3	2	1
太陽光発電工学研究センター		1		1
知能システム研究部門		3		3
情報技術研究部門		1		1
計測標準研究部門		1		1
計		9	2	7

表10-2 平成23年度 国際技術研修国・地域別受入れ一覧表（平成22年度からの継続；6日以上滞在）

国・地域別	人数(人)	受入人数	JICA 研修	技術研修
アジア地域				
韓国		2		2
中国		1		1
台湾		1		1
バングラデシュ		1	1	
米州地域				
ブラジル		1	1	
ヨーロッパ地域				
フランス		3		3
合計		9	2	7

4) 外国機関等との覚書・契約等

外国機関等との組織的な研究協力を推進するに当たり、研究協力覚書を締結。研究協力覚書は、産総研全体として諸外国の主要研究機関との連携強化を目指して戦略的に締結する包括研究協力覚書、個別研究分野での研究協力促進を目的とする個別研究協力覚書の2種類がある。平成23年度に有効な包括研究協力覚書、個別研究協力覚書の実績は表11、12のとおりである。

平成23年度は、包括研究協力覚書では、台湾工業技術研究院（ITRI）、オーストラリア連邦科学産業研究機構（CSIRO）、ノルウェー科学技術大学（NTNU）、エネルギー技術研究所（IFE）、産業科学技術研究所（SINTEF）、フランス国立科学研究センター（CNRS）、米国ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部（CNSE）との間で7件の更新を行い、組織的な研究協力や人材交流の促進、国際共同研究の提案等のための基盤整備を行った。また研究協力覚書に基づいて、研究機関との間でワークショップ等を実施し、連携成果の確認や新たな研究連携課題の探索等、情報交換の場を設けた。これにより各外国機関等との科学技術分野での連携を実施し、研究協力活動、研究者交流の促進を図っている。

表11 外国機関等との包括研究協力覚書

国・地域名	機関名
アジア・大洋州地域	
インド	科学技術省バイオテクノロジー局（DBT: Department of Biotechnology）
	科学技術省科学産業研究機構（CSIR: Council of Scientific and Industrial Research）
中国	中国科学院（CAS: Chinese Academy of Sciences）
台湾	工業技術研究院（ITRI: Industrial Technology Research Institute）
韓国	韓国産業技術研究会 （ISTK: Korea Research Council for Industrial Science and Technology）
インドネシア	インドネシア技術評価応用庁 （BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology）
マレーシア	マレーシア標準・工業研究所（SIRIM Berhad）
ベトナム	ベトナム科学技術院（VAST: Vietnam Academy of Science and Technology）
タイ	国家科学技術開発庁 （NSTDA: National Science and Technology Development Agency）
	タイ科学技術研究院 （TISTR: Thailand Institute of Scientific and Technological Research）
シンガポール	科学技術研究局（A*STAR: Agency for Science, Technology and Research）
オーストラリア	連邦科学産業研究機構 （CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation）
モンゴル・日本	モンゴル鉱物資源・エネルギー省（MMRE: Ministry of Mineral Resources and Energy）、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation）
米州地域	
米国	国立標準技術研究所 （NIST: National Institute of Standards and Technology）
	ローレンス・バークレー国立研究所 （LBNL: Lawrence Berkeley National Laboratory）
	国立再生可能エネルギー研究所 （NREL: National Renewable Energy Laboratory）
	ロスアラモス国立研究所（LANL: Los Alamos National Laboratory）
	ローレンス・リバモア国立研究所 （LLNL: Lawrence Livermore National Laboratory）
	サンディア国立研究所（SNL: Sandia National Laboratories）
	ニューヨーク州立大学ナノスケール理工学部 （CNSE: College of Nanoscale Science and Engineering of the University at Albany - State University of New York）

国・地域名	機関名
ヨーロッパ地域	
ノルウェー	ノルウェー科学技術大学 (NTNU: Norwegian University of Science and Technology)
	エネルギー技術研究所 (IFE: Institute for Energy Technology)
	産業科学技術研究所 (SINTEF: The Foundation for Scientific and Industrial Research)
フィンランド	フィンランド技術研究センター (VTT: Technical Research Centre of Finland)
フランス	国立科学研究センター (CNRS: Centre national de la recherche scientifique)
	原子力代替エネルギー庁 (CEA: Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives)
ドイツ	ヘルムホルツ協会 (Helmholtz Association of German Research Centres)
	カールスルーエ技術研究所 (Karlsruhe Institute of Technology)
	ユーリッヒ研究センター (Forschungszentrum Jülich GmbH)
ベルギー	IMEC インターナショナル (IMEC: Interuniversity Microelectronics Center International)
その他の地域	
南アフリカ共和国・日本	地質調査所 (CGS: Council for Geosciences)、石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (JOGMEC: Japan Oil, Gas and Metals National Corporation)

注) 平成23年度に有効な包括研究協力覚書。

表12 外国機関等との個別研究協力覚書

国・地域名	機関名	研究ユニット名
アジア・大洋州地域		
インドネシア	技術評価応用庁 (BPPT: Agency for the Assessment and Application of Technology)	バイオマス研究センター
オーストラリア	オーストラリア国立標準研究所 (NMIA: National Measurement Institute, Australia)	計量標準総合センター
タイ	国立計量研究所 (NIMT: National Institute of Metrology, Thailand)	計量標準総合センター
	鉱物資源局 (DMR: Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment)	地質調査総合センター
ニュージーランド	ニュージーランド地質・核科学研究所 (GNS: GNS Science) *	地質調査総合センター
モンゴル	モンゴル鉱物資源石油管理庁 (MRPAM: Geological Department of Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia)	地質調査総合センター
韓国	韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計測標準総合センター
	韓国技術標準院 (KATS: Korean Agency for Technology and Standards)	計測標準総合センター
	韓国地質資源研究院 (KIGAM: Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources)	地質調査総合センター
	韓国電子通信研究院 (ETRI: Electronics and Telecommunications Research Institute)	知能システム研究部門
	韓国窯業技術院 (KICET: Korea Institute of Ceramic Engineering and Technology) *	先進製造プロセス研究部門
台湾	国立成功大学 (Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University)	活断層・地震研究センター
中国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)	計量標準総合センター
	上海交通大学 (SJTU: Shanghai Jiao Tong University) *	集積マイクロシステム研究センター
中国・韓国	中国計量科学研究院 (NIM: National Institute of Metrology)、 韓国標準科学研究院 (KRISS: Korea Research Institute of Standards and Science)	計量標準総合センター

事業組織・本部組織業務

国・地域名	機関名	研究ユニット名
日本・マレーシア	九州工業大学、マレーシアプトラ大学 (Kyushu Institute of Technology, University Putra Malaysia)	バイオマス研究センター
米州地域		
カナダ	国立ナノテクノロジー研究所 (NINT: National Institute for Nanotechnology, National Research Council of Canada)	ナノシステム研究部門
米国	米国地質調査所 (USGS: United States Geological Survey) *	地質調査総合センター
	国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology)	計量標準総合センター
メキシコ	メキシコ計量センター (CENAM: Centro Nacional de Metrología)	計量標準総合センター
	メキシコ国立自治大学 (UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México)	健康工学研究部門
ブラジル	国立工業度量衡・品質規格院 (INMETRO: National Institute of Metrology, Quality and Technology)	計量標準総合センター
ヨーロッパ地域		
オーストリア	オーストリア地質調査所 (GBA: Geological Survey of Austria)	地質情報研究部門
	ヨハネスケプラー大学 (Johannes Kepler University Linz)	生命情報工学研究センター
ドイツ	ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター
オランダ	オランダ計量研究所 (NMI: Van Swinden Laboratorium B.V.)	計量標準総合センター
ロシア	ロシア計量試験科学研究所 (VNIIMS: All-Russian Scientific-Research Institute of Metrological Service of Gosstandart of Russia)	計量標準総合センター
英国	シェフィールド大学 (University of Sheffield) *	エネルギー技術研究部門
その他の地域		
トルコ	トルコ共和国鉱物資源調査開発総局 (MTA: Mineral Research & Exploration General Directorate)	地質調査総合センター
APMP 加盟国	アジア太平洋計量計画 (APMP: Asia Pacific Metrology Program)	計量標準総合センター
アボガドロ定数協定加盟国	国際度量衡局 (BIPM: Bureau International des Poids et Mesures)、イタリア計量研究所 (INRIM: L'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica)、オーストラリア国立標準研究所 (NMI: National Measurement Institute, Australia)、ドイツ連邦物理工学研究所 (PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt)	計量標準総合センター

注) 平成23年度に有効な個別研究協力覚書。 *印は23年度新規締結分。

5) その他の連携活動

表13 国際シンポジウム等開催（国際部扱い）

国際シンポジウム等名称	開催場所	開催期間	備考
第1回日韓 R&D 国際会議	釜山（韓国）	2011年 5月31日	主催
CSIRO-AIST 共同ミニワークショップ	つくば（日本）	2011年 7月26日	主催
第8回 バイオマス・アジアワークショップ	ハノイ（ベトナム）	2011年11月29日 ～12月1日	主催
ノルウェー NTNU・SINTEF ワークショップ	つくば（日本）	2012年 2月8日	主催
日米研究協力ワークショップ	リバモア（米国）	2012年 2月13日～15日	共催
日本・インド科学技術協力シンポジウム	つくば（日本）	2012年 2月21日	主催
CSIRO-AIST ワークショップ	ブリスベン（オーストラリア）	2012年 3月5日～6日	主催

※ 研究ユニット等が主催し国際部が関与しない国際会議等のうち、重要なものは下記URLにて紹介されております。

http://www.aist.go.jp/db/list/l_event_old_event_main.html

表14 平成23年度主な外国要人來訪

国地域名・機関名・役職	來訪者
駐日ブラジル大使	マルコス・ガウヴェン
台湾 ITRI 材料化学研究所所長	タンツン スー
インドネシア技術評価応用庁長官	マルザン イスカンダール
ノルウェー科学技術大学学長	トルビョルン ディゲルネス
タイ科学技術大臣	プロッドプラソップ スラスワディ
メキシコ アグアスカリエンテス州立大学学長	マリオ アンドラーデ
ベトナム科学技術大臣	ヌグエン クワン
ドイツ フラウンホーファー協会会長	ハン-ヨルグ プリンガー
フランス国会議員（フランス国民議会議員日仏友好議員連盟会長）	ディディエ・カンタン
ネパール 国会議員	ラクスミ パリヤール
フランス 国立科学研究センター総裁	アラン・フックス
駐日インド大使	アロック・ブラサード
中国科学院上海マイクロシステム情報通信技術研究所 所長	王曦
上海交通大学 学長	張傑
英国ピアス公共政策研究所所長	ニック ピアス
ベトナム科学技術アカデミー院長	チョウバン ミン

※ 公式訪問 全88件

⑤【ベンチャー開発部】

(AIST Division for Start-ups)

所在地：つくば中央第二

人員：10名（3名）

概要：

「スタートアップ開発戦略タスクフォース」（以下、タスクフォース）によるベンチャー企業を創出する取組みとベンチャー技術移転促進措置実施規程を根拠としたベンチャー創出後の支援を柱に、より成功確率の高いベンチャーの創出・支援に注力した。

2011年度には、ベンチャー企業創出の取組みとして、1）4件のタスクフォースを継続実施し、ビジネスプランの策定や各種展示会への出展支援など、ベンチャー創業に向けた技術開発等の集中的な取組みを行った。タスクフォースから創出したベンチャー企業は2社であった。2011年度末までに創出された産総研技術移転ベンチャーは累計112社（内タスクフォース発ベンチャーは累計42社）となった。2）タスクフォースの候補案件については、先行技術調査、市場性調査等を実施して事業性の把握に努めた。3）創業に関心を有する研究者の人材育成の一環として、ビジネスプラン作成のための研修や各種セミナーを企画・開催した。

ベンチャー創業後の支援については、1）法務・経営・財務等各種専門家と10件の請負契約のもと、起業者及び既存ベンチャーに専門家相談の場を提供した。また、4社について、会社定款認証や会社設立登記手続きなどの支援業務を行った。2）この4社については審査のうえ、産総研技術移転ベンチャーの称号を付与するとともに、知的財産権および施設等の使用に関する技術移転促進措置を実施した。3）創出したベンチャー間の交流促進、およびベンチャー支援機関等関係者とのネットワーク構築・連携のため、「AIST スタートアップスクラブ」を開催した。年度末には「ベンチャー開発成果報告会」（従来実施していた「タスクフォース成果報告会」を改称）を開催し、2011年度にタスクフォースから創出したベンチャー企業2社を含めた9社のベンチャー企業と3件のタスクフォースから投資家やパートナー候補企業等に成果を報告した。

機構図（2012/3/31現在）

[ベンチャー開発部]

— 部長 米田 晴幸
 — 次長 岩崎 孝志
 — スタートアップ・アドバイザー
 高橋 通
 古川 博之

平林 隆
 竹生 一行
 田中 純
 岡本 裕重
 工藤 泰彦
 [開発企画室] 室長 北川 良一
 [ベンチャー支援室] 室長 松本 卓

スタートアップ・アドバイザー（Start-up Advisor）
 （つくば中央第2）

概要：

産総研内のベンチャー化に適した技術シーズの発掘とともに、タスクフォースを統括し、ベンチャー創業に向けて必要な追加的研究開発やビジネスプランの作成等を行う。必要に応じて、産総研の職を離れ、創業後の企業経営に参画する。

開発企画室（Planning office）

（つくば中央第2）

概要：

ベンチャー開発部の活動計画を企画立案するとともに、活動における諸問題について産総研内外との調整を行う。また、部予算の管理を行うとともに、タスクフォースの運営管理に関する事務を行う。また、ハイテクベンチャーの創出を担うイノベーションプラットフォーム化に向けて組織改革や制度改革を推進するとともに、産総研内部の人材育成や意識改革を図るために、ベンチャー創出に関する職員向け研修やセミナーの企画・運営、さらに、成果の発信のための広報活動を行う。

ベンチャー支援室（Office of business development）

（つくば中央第2）

概要：

研究者からのベンチャー起業相談に対して、関連部署と連携して創業のためのオーダーメイド・サービスを提供する。インキュベーション・マネージャーの資格を有する職員が、研究者からの創業に関する各種の相談に応じるほか、会社の設立にあたって、設立事務代行などの支援を行う。さらに、産総研ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づく称号付与及び技術移転促進措置に関する事務を行う。

2011年度実績

○スタートアップ開発戦略タスクフォース
 ・ベンチャー創出・支援研究事業 3件
 新規案件 0件
 継続案件 3件
 ・カーブアウト事業 1件

新規案件 0件
継続案件 1件

○ベンチャー支援室が受けた創業関連相談件数
87件

○会社設立等支援業務の実施数
4件

○産総研技術移転ベンチャー

・産総研技術移転ベンチャー企業数
新規 4社（累計112社）

・支援期間中ベンチャー企業数
26社（2012年3月31日現在）

・産総研技術移転ベンチャーのうち、スタートアップ
開発戦略タスクフォース発ベンチャー企業数
新規 2社（累計42社）

表1 2011年度に称号付与した産総研技術移転ベンチャー一覧

	企業名	称号付与年月日	創出元研究ユニット	備考
1	Carrier Integration (株)	2011/07/15	ナノエレクトロニクス研究部門	
2	フレックタイム (株)	2011/12/01	計測標準研究部門	TF 案件
3	ASULE (株)	2012/02/24	社会知能技術研究ラボ	
4	(株) HSP テクノロジーズ	2012/03/30	ナノシステム研究部門	TF 案件

○研修

- ・「研究成果の実用化のための事業戦略研修」
実施回数：1回（21名が受講）
- ・「ベンチャー創業に関心を有する研究者向けアラカルトセミナー」
実施回数：2回（2回合計で85名が参加）

開催場所：東京国際フォーラム

○ベンチャー開発部の主催イベント

- ・2011年度第1回 AIST スタートアップスクラブ
2011年9月9日開催
会場：つくば本部・情報技術共同研究棟1階
参加者数：76名
- ・第8回ベンチャー開発成果報告会
2012年3月23日開催
会場：秋葉原ダイビル5階
5A及び5B会議室
参加者数：134名

5. CEATEC JAPAN 2011

開催期間：2011年10月4日～8日

開催場所：幕張メッセ

6. 産総研オープンラボ

開催期間：2011年10月13日～14日

開催場所：産総研

7. 産業交流展2011

開催期間：2011年10月26日～28日

開催場所：東京ビッグサイト

8. 2011国際ロボット展

開催期間：2011年11月9日～12日

開催場所：東京ビッグサイト

○展示会・見本市への出展

1. JPCA Show2011

開催期間：2010年6月1日～3日

開催場所：東京ビッグサイト

2. コスメティクスジャパン

開催期間：2011年6月29日～7月1日

開催場所：東京ビッグサイト

3. MICONEX2011

開催期間：2011年8月30日～9月2日

開催場所：中国国際ナショナルエキシビション
センター

9. 計測展2011TOKYO

開催期間：2011年11月16日～18日

開催場所：東京ビッグサイト

10. 第2回クルマの軽量化技術展

開催期間：2012年1月18日～20日

開催場所：東京ビッグサイト

11. 第5回つくば産産学連携促進市 in アキバ

開催期間：2012年2月7日

開催場所：秋葉原ダイビル コンベンションホール

4. 第10回産学官連携推進会議

開催期間：2011年9月21日～22日

12. nano tech 2012

開催期間：2012年2月15日～17日

開催場所：東京ビッグサイト

⑥【国際標準推進部】

(International Standards Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人員：8名（4名）

概要：

産総研の研究ポテンシャルを活用した標準化研究開発を実施することにより、標準化に貢献し、もって我が国の産業競争力強化や安心・安全な社会の実現に貢献する各種活動を行っている。

産総研が研究開発と標準化を一体的に推進するための大枠の活動方針を議論する「標準化戦略会議」、標準化戦略会議での議論を踏まえて、標準化・認証に係る内外の機関・分野の戦略課題の調査・分析に基づく産総研の国際標準推進の活動方針の検討とその活動実施を推進する「標準化・認証検討委員会」を設置し、検討を進めている。

標準化を目的とした研究開発は、社会ニーズや行政からの要請を受けて運営費交付金によって行う「標準基盤研究」、経済産業省からの委託を受けて行う「工業標準化推進事業」などの事業として行っている。これら研究開発の成果は、国内標準（JIS）、国際標準（ISO、IEC）などの公共財として世の中に出され、社会に貢献する。

機構図（2012/3/31現在）

【国際標準推進部】

	部長	松田 宏雄
	審議役	瀬田 勝男
	部総括	鬼東 忠人
—	〔標準企画室〕	室長 竹歳 尚之
—	〔標準化推進室〕	室長 田中 伸一
—	〔試験システム開発支援室〕	室長 黒岩 貴芳

標準企画室（Standards Planning Office）

（つくば中央第2）

概要：

標準に関する企画及び立案、総合調整に関する業務、標準化戦略会議および標準化認証検討委員会の事務局、研究ユニットの標準化計画策定並びに進捗・成果のフォローアップ、コンソーシアム活動の推進に係る企画調整、産業界標準化戦略調査並びに世界・アジア標準化戦略策定支援を行っている。

標準化推進室（Standardization Promotion Office）

（つくば中央第2）

概要：

ナノテク標準化活動等の国際標準化活動に関する支援・事務局業務、研究情報公開データベースの整備管

理、JIS 等規格文書の管理と発信、標準化普及の為の広報活動を行っている。

試験システム開発支援室

（Testing System Cooperation Office）

（つくば中央第2）

概要：

実証された試験サービス支援に関する業務、品質保証支援、適合性評価結果の相互承認支援、認証・認定適用指針作成支援とその管理、認証ビジネスの展開に関する技術調査、認証・認定機関との事務連携調整、依頼試験等の受付等に係る業務を行っている。

標準化研究制度の概要

産業競争力強化の必要性が高まる中、研究開発成果の普及促進の観点から、研究開発と標準化との連携が重要な課題となっている。

このような背景の下、産総研は、所を挙げて標準化に取り組むこととし、産総研の研究開発成果を標準化を通じて普及するために必要な研究、及び、経済産業省等行政からの要請に対応した標準化のために必要な研究を実施している。

標準化研究は、日本工業規格（JIS）、国際規格（ISO・IEC）、国際的フォーラム等への提案を直接の目標として掲げるものであり、現在、主に下記の2つの制度を実施・活用している。

i) 標準基盤研究

産総研の研究開発成果の普及に資するため、社会ニーズ及び行政からの要請を反映しつつ、JIS、ISO、IEC、国際的なフォーラム等の規格の素案を作成することを目的とした研究を行う制度。

研究実施者は、当該研究テーマについて、工業標準化の前提となる基礎的データ等の関連情報の収集・蓄積・体系化や、試験評価方法の確立の基礎となる評価データの取得・分析等を行いつつ、JIS や ISO、IEC、国際的なフォーラム等への提案の素案を作成する。なお、各研究テーマの研究期間は原則として1～3年。

ii) 工業標準化推進事業

【戦略的国際標準化推進事業（ISO/IEC）】

（国際標準共同研究開発及び国際標準共同研究開発フィージビリティスタディ）

「知的財産推進計画2010」において示された特定戦略分野など、国際標準化を推進することにより、我が国産業の国際競争力を強化に資する分野について、経済産業省の部局と連携しながら、必要なフィージビリティスタディから標準化のための研究開発、実証データや関連技術情報の収集、

国内関係者の調整などを実施した上で、国際規格原案の作成・提案を行うことを目的とする。

(国際標準開発)

我が国がより多くの国際標準を獲得するため、日本工業標準調査会で策定された「国際標準化アクションプラン」で重点的に推進すべきとされた分野において、国内関係者の調整などを実施した上で、国際規格原案の作成・提案を行うことを目的とする。

【JIS 開発事業】

強制法規の技術基準等に的確に対応するとともに、消費者保護、高齢者・障害者配慮、環境・エネルギー問題などの社会ニーズが高く安全・安心な社会形成のための社会環境整備に資する分野について、JIS 原案を開発し、着実に JIS の制定・改正まで結びつけることを目的とする。

標準提案実績一覧

国際標準 (ISO、IEC 等)

平成24年3月31日

No.	規格番号等	名称	提案	提案者	所属ユニット	研究名	標準発行機関等
1	ISO XXXXX	Geometrical Product Specifications (GPS) - Acceptance and reverification tests for coordinate measuring machines (CMM) Part 11 Computed Tomography 座標測定機の受入検査及び定期検査 Part11: コンピュータトモグラフィ	H23.4.	大澤 尊公 高辻 利之他	計測標準研究部門	H21～23 標準基盤研究 (産業応用における CT (コンピュータトモグラフィ) 装置評価法の標準化に関する研究)	ISO/TC213/WG10
2	ISO NP 17198	Dimethyl ether (DME) for fuels - Determination of total sulfur - Part 1 Ultraviolet fluorescence method 燃料用ジメチルエーテル全硫黄分測定その1: 紫外蛍光法	H23.4.	後藤 新一 小熊 光晴	新燃料自動車技術研究センター	H20～22 基準認証 (ジメチルエーテル(DME)燃料に関する標準化)	ISO/TC28/SC4
3	ISO NP 17199	Dimethyl ether (DME) for fuels - Determination of total sulfur - Part 2 Oxydative coulometry method 燃料用ジメチルエーテル全硫黄分測定その2: 微量電量滴定法	H23.4.	後藤 新一 小熊 光晴	新燃料自動車技術研究センター	H20～22 基準認証 (ジメチルエーテル(DME)燃料に関する標準化)	ISO/TC28/SC4
4	ISO NP 17786	Dimethyl ether (DME) for fuels - Determination of evaporation residues - Mass analysis method 燃料用ジメチルエーテル蒸発残渣物測定一質量計測法	H23.4.	後藤 新一 小熊 光晴	新燃料自動車技術研究センター	H20～22 基準認証 (ジメチルエーテル(DME)燃料に関する標準化)	ISO/TC28/SC4
5	ISO/IEC NP 17549	Information technology -- User interfaces -- Guidelines on navigation methods for ladder menus with 4-direction devices	H23.4.	永見 武司	情報技術研究部門	H21 国際標準共同研究開発事業 (情報分野の競争力強化に関する標準化) ⑤携帯用情報機器の4方向キーインタラクションに関する標準化)	ISO/IEC/JTC1/SC35
6	ISO NP/TS17200	Nanotechnology - Specification Nanoparticles in powder form - Characteristics and measurements. ナノテクノロジー 粉体ナノ粒子の特性: 特性と測定方法	H23.5.	田中 充	分野研究副統括	H21～23 国際標準共同研究開発事業 (ナノ材料規格等に関する標準化)	ISO/TC229/WG4
7	ISO NP XXXXX	Method of analyzing oxygen in evaluating magnesium and magnesium alloys マグネシウム地金・合金評価のための酸素分析方法	H23.6.	柘植 明	計測フロンティア研究部門	H20～22 基準認証 (マグネシウム地金・合金中酸素の分析方法の標準化)	ISO/TC79/SC5
8	IEC/ NP 62047-20	Semiconductor devices - Micro-electromechanical devices - Part 20: Gyroscopes 半導体デバイス マイクロエレクトロメカニカルデバイス パート20: ジャイロスコープ	H23.7.	檜野 良徳 大田 明博	計測標準研究部門	H20～22 基準認証 (小型ジャイロ MEMS デバイスの性能評価方法に関する標準化)	IEC/TC47/SC47F (MEMS)
9	ISO/IEC WD 17825	Security techniques - Non-invasive attack mitigation test metrics for cryptographic modules	H23.7.	佐藤 証	情報セキュリティセンター	H23～24 標準基盤 (暗号モジュールの安全性評価国際標準化および制度運用に向けた評価プラットフォーム開発)	ISO/IEC/JTC1/SC27/WG3
10	ISO NP 17630	Ergonomics -- Accessible design -- Colour combination for younger and older people 年齢を考慮した色の組合せ方法	H23.7.	佐川 賢	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21～23 国際標準共同研究開発事業 (アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化)	ISO/TC159/SC5

産業技術総合研究所

11	ISO NP 9241-392	Ergonomics of human-system interaction. Part 392: Ergonomic requirements for the reduction of visual fatigue from stereoscopic images. 人間とシステムのインタラクション Part 392: 立体映像による視覚疲労低減のための人間工学的要求事項	H23.8.	氏家 弘裕	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H20～22 標準基盤（映像の生体安全性に基づく安全基準の国際標準化）	ISO/TC159/S C4
12	IEC/ISO 80601-2-XX	Medical electrical equipment - Part 2-xx: Particular requirements for the basic safety and essential performance of functional oximeter equipment. 医用電子機器・光機能オキシメータ 安全と基本性能に関する個別要求事項	H23.9.	谷川 ゆかり	人間福祉医学工学研究部門	H20～21 標準基盤（近赤外光診断装置の性能試験方法及び装置校正用ファントムの標準化） H23～25 国際標準開発事業（医用光生体計測に関する国際標準化）	ISO/TC121/S C3 IEC/SC62D/J WG5
13	ISO 21501-4	ISO 21501 Determination of particle size distribution - Single particle light interaction methods Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces 光散乱式粒子計数器の校正方法及び検証方法	H23.9.	榎原 研正	計測標準研究部門	H23～25 標準基盤（気中ナノ粒子測定器の精度保証に関する標準化）	ISO/TC24/SC 4/WG9
14	ISO XXXXX	Ergonomics - Accessible Design - Guidelines for designing tactile symbols and letters 触知図形の基本設計方法	H23.11.	佐川 賢	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21～23 国際標準共同研究開発事業（アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化）	ISO/TC159/S C4/WG10
15	ISO XXXXX	Ergonomics - Accessible Design - Minimum legible font size for people at any age 最小可読文字サイズ推定方法	H23.11.	佐川 賢	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21～23 国際標準共同研究開発事業（アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化）	ISO/TC159/S C4/WG10
16	ISO XXXXX	Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Methods for chemical analysis of fine silicon nitride powders ファインセラミックス用窒化けい素微粉末の化学分析方法	H23.11.	上養 森川 久 兼松 渡 (日置 昭治 *project leader)	計測フロンティア研究部門 計測標準研究部門	JIS R1603のISO化	TC206
17	ISO NP XXXXX	Optics and photonics - Holography - Part 1: Methods of measuring diffraction efficiency and associated optical characteristics of holograms ホログラムの回折効率及び関連する光学特性の測定方法	H23.11.	福田 隆史	電子光技術研究部門	H18～19 標準基盤（ホログラム記録材料の光学的特性測定方法） H21 国際共同（ホログラムの光学的特性測定方法に関する標準化 FS）	ISO/TC172/S C9/WG7
18	ISO NP XXXXX	Optics and photonics - Holography - Part 2: Methods for measurement of hologram recording characteristics ホログラムの記録特性測定方法	H23.11.	福田 隆史	電子光技術研究部門	H18～19 標準基盤（ホログラム記録材料の光学的特性測定方法） H21 国際共同（ホログラムの光学的特性測定方法に関する標準化 FS）	ISO/TC172/S C9/WG7
19	ISO XXXXX	Textiles-Identification of animal fibres by DNA analysis method カシミヤ繊維のDNAによる試験方法	H23.12.	町田 雅之 小池 英明 関口 勇地	生物プロセス研究部門 バイオメディカル研究部門	H22～24 国際標準共同研究開発事業（カシミヤ繊維の試験方法に関する標準化）	ISO/TC38/WG 22
20	ISO XXXXX	Water quality - Determination of the pH of sea water using the indicator dye m-cresol purple.	H24.2.	原田 晃 鶴島 修夫	環境管理技術研究部門	H19～21 標準基盤（海水中炭酸系パラメータ測定法の国際標準化）	ISO/TC147/S C2

事業組織・本部組織業務

21	UN/SCETDG/ 39/ INF.2	Changes to screening test for substances that may have explosive properties. 爆発物のスクリーニング試験法	H23.6.	松永 猛裕 秋吉 美也子	安全科学技術 研究部門	H19～21 METI 基準認証（発熱分解エネルギー測定に関する標準化）	OECD-IGUS(International Group of Experts on the Explosion Risks of Unstable Substances 不安定物質に関する国際専門家会議)
22	CIE	Definition of Visual Field for Gonspicity. 目立ちの視野	H23.7.	伊藤 納奈	ヒューマンライフテクノロジー 研究部門	H14～16 標準基盤（有効視野と視認性評価法）	CIE TC1-84
23	VAMAS	Evaluation of a deadtime correction method for D-SIMS analysis	H24.2.	野中 秀彦	計測フロンティア 研究部門	H22～24 標準基盤(イオン検出器の広域ダイナミックレンジにおける検出信号の較正手順の標準化)	VAMAS TWA 2, Surface Chemical Analysis

国内標準（JIS、TS）

平成24年3月31日現在

No.	TR/JIS 規格番号	名 称	経済産業省 提出	提案者名	所属ユニット	研究名
1	JIS R 1689	ファインセラミックス薄膜の熱拡散率の測定方法ーパルス光加熱サーモリフレクタンス法 (旧名称：光パルス加熱サーモリフレクタンス法による薄膜熱拡散率の測定方法)	H23.2.*	馬場 哲也 八木 貴志 竹歳 尚之	計測標準研究部門	H18 NEDO 標準化調査事業 「超高速レーザーフラッシュ法による薄膜熱拡散率計測技術と透明導電膜標準物質の標準化調査研究」
2	JIS R 1690	ファインセラミックス薄膜と金属薄膜との界面熱抵抗の測定方法 (旧名称：多層薄膜の界面熱抵抗計測技術標準化)	H23.2.*	馬場 哲也 八木 貴志 竹歳 尚之	計測標準研究部門	H20 NEDO 標準化調査事業 「多層薄膜の界面熱抵抗計測技術標準化に関する調査」
3	JIS B 1758	歯車測定機の受入検査	H23.4.	大澤 尊公	計測標準研究部門	H20～21 標準基盤研究（歯車のナノレベル形状評価のための計測機器の校正原器及びその原器に基づく校正方法の研究と標準化）
4	TS Z0030-3	ナノテクノロジーー語彙ー第3部：炭素のナノ物体	H23.5.	阿部 修治	評価部	
5	JIS T XXXX	ステントグラフトの力学試験方法	H23.5.	岡崎 義光	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21 NEDO（生体親和性インプラントの力学的性能評価法に関する標準化調査事業）
6	JIS T XXXX	インプラント用チタン-ニッケル (Ti-Ni) 合金	H23.5.	岡崎 義光	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21 NEDO（生体親和性インプラントの力学的性能評価法に関する標準化調査事業）
7	JIS A 0204	地質図ー記号，色，模様，用語及び凡例表示	H23.6.	鹿野 和彦	地質情報研究部門	
8	JIS A 0205	ベクトル数値地質図ー品質要求事項及び主題属性コード	H23.6.	鹿野 和彦	地質情報研究部門	
9	JIS K 4834	発熱分解エネルギー測定標準化	H23.11.	秋吉 美也子 松永 猛裕	安全科学研究部門	H19～21 国際標準共同研究開発事業（発熱分解エネルギー測定標準化）
10	TS	高分子材料中の陽電子消滅寿命測定方法 (旧名称：ガラス及び高分子材料中の陽電子消滅寿命測定方法)	H23.12.	伊藤 賢志	計測標準研究部門	NEDO ナノテクノロジープログラム/ナノマテリアル・プロセス技術「ナノ計測基盤技術研究開発」事業のサブテーマ「空孔の計測基盤」

11	JIS Q 8901	地上設置の太陽電池 (PV) モジュール—信頼性保証体制 (設計, 製造及び性能保証) の要求事項	H24.1.	猪狩 真一	国際標準推進部/ 太陽光発電研究センター	アジア太平洋基準認証推進事業
12	JIS B 1757-3	歯車測定機の評価方法 第3部 平面基準器を用いた歯すじ測定(旧名称: デジタル処理による歯車測定機の評価方法 第3部ウェッジアーティファクトによる歯すじ測定精度の評価)	H24.3.	大澤 尊公	計測標準研究部門	H20~21 標準基盤研究(歯車のナノレベル形状評価のための計測機器の校正原器及びその原器に基づく校正方法の研究と標準化)
13	JIS B 1757-4	歯車測定機の評価方法 第4部 球基準器を用いたピッチ測定(旧名称: 歯車測定機の評価方法 第4部: 平面基準器を用いた歯すじ測定)	H24.3.	大澤 尊公	計測標準研究部門	H20~21 標準基盤研究 (歯車のナノレベル形状評価のための計測機器の校正原器及びその原器に基づく校正方法の研究と標準化)
14	改正 JIS B 7610	重錘形圧力天びん	H24.3.	小島 時彦	計測標準研究部門	
15	改正 JIS S 0014	高齢者・障害者配慮設計指針—消費生活製品の報知音—妨害音及び聴覚の加齢変化を考慮した音圧レベル	H24.3.	倉片 憲治	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21~23 国際標準共同研究開発事業 (アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化)
16	改正 JIS S 0031	高齢者・障害者配慮設計指針—視覚表示物—年代別相対輝度の求め方及び光の評価方法	H24.3.	倉片 憲治	ヒューマンライフテクノロジー研究部門	H21~23 国際標準共同研究開発事業 (アクセシブルデザインの体系的技術に関する標準化)

* 平成22年度実績確定後に判明したため、平成23年度実績に加算。

⑦【つくばイノベーションアリーナ推進部】

(Tsukuba Innovation Arena Promotion Division)

所在地：つくば中央第2

人員：16名 (7名)

概要：

つくばイノベーションアリーナ推進部は、つくばイノベーションアリーナナノテクノロジー拠点 (TIA-nano) の形成を通じて、産総研のミッションである「21世紀型課題の解決」、「オープンイノベーションのハブ機能の強化」をその業務としている。

TIA-nano は、世界水準の先端ナノテク研究設備・人材が集積するつくばにおいて、内閣府、文部科学省及び経済産業省からの支援を得て、産総研、物質・材料研究機構及び筑波大学が中核となり、産業界が加わって、世界的なナノテクノロジー研究・教育拠点構築を目指すものであり、2009年6月に発足した。

つくばイノベーションアリーナ推進部は、TIA-nano 全体では、中核機関で構成される事務局の中心的な役割を果たしている。また産総研内では、最先端研究開発支援プログラムの研究支援等、TIA-nano 拠点を活用するプロジェクトの支援、IBEC センターの運営などを行っている。

1. TIA-nano の運営体制の強化

TIA-nano 活動の効果的な推進に向け、運営最高会議議長直下の会議体を3つ (理事会議、研究ダイレクター会議、正副事務局長会議) 発足させた。ま

た、つくば内の連携を強化するために、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) と連携を協議し、2012年度から中核機関を KEK に拡大することを決定した。

2. 国際戦略特区への指定

茨城県、つくば市、筑波大学が指定を受けた、つくば国際戦略総合特区の主要事業の一つに TIA-nano 世界的ナノテク拠点の形成が盛り込まれた。魅力あるグリーンイノベーション拠点形成に向けて、施設設備の効率的利用を推進する規制緩和措置要望等について検討した。

3. コア研究領域とコアインフラの運営

N-MEMS WG においては研究開発から少量試作までを目的とした産学官によるイノベーションの場 (MNOIC) を設立、ナノテク大学院連携では大学院連携の体系的なプログラム構築に向け TIA 大学院連携コンソーシアムを設立する等、TIA-nano の拠点整備として、効率的な運営に向けた枠組みを構築した。

4. 最先端研究開発支援プログラムの研究支援担当機関として、中心研究者を支える体制を整えるとともに、成果の公開活動として国際シンポジウムを開催した。

5. 能機能計測評価チームを加えて、IBEC センターを外部公開7チーム・内部共用2チームの体制に拡大し、内外の利用者にさらに多様なサービスを提供した。

6. 各種展示会への出展、公開シンポジウムの開催、学術誌における TIA-nano 関連記事の投稿、パンフレット・ホームページの更新等、幅広い広報活動を行った。

機構図(2012/3/31現在)

[つくばイノベーションアリーナ推進部]

部長	岩田 普
審議役	岡田 道哉
審議役	関 芳明
[TIA 企画室]	
室長	坂本 邦博
総括主幹	横田 慎二
[IBEC センター]	
センター長	川口 建二
副センター長	高野 史好

TIA 企画室 (TIA Promotion Office)

(つくば中央第2)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. つくばイノベーションアリーナの推進に関する基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. つくばイノベーションアリーナの推進に関する情報の収集、分析及び調査。

IBEC センター (IBEC Center)

(つくば中央第2他)

概要:

担当業務は次のとおりである。

1. IBEC センターの運営の基本方針の企画及び立案並びに総合調整。
2. 研究用品の依頼試作及び工作。
3. IBEC センターに登録された機器及び装置を利用した依頼分析。
4. IBEC 機器等を利用した技術研修。

4) 研究環境安全本部

(Research Environment and Safety Headquarters)

①【研究環境安全企画部】

(Research Environment and Safety Planning Division)

所在地: つくば中央第1

人員: 11名 (1名)

概要:

研究環境安全企画部は、安心・安全で良好な研究環

境を持続的に提供することを目的として、研究環境安全本部傘下各部との有機的連携の下に、研究環境安全に係る基本方針の企画及び立案並びに総合調整等を通じて、産総研としてふさわしい研究環境の創出及び環境負荷低減に向けたエネルギーの有効活用の促進に関する業務を行っている。

機構図 (2012/3/31現在)

[研究環境安全企画部]

部長 久保田 喜嗣
次長 尾形 敦 他

[ファシリティマネジメント室]

室長 菊地 義男 他

平成23年度の主な活動

1. 省エネルギー及び地球温暖化対策

- ・今夏の電気の使用制限に対応するため、以下の措置を講じることで昨夏に比べ約8,700kW の電力ピークカットに成功し、電気事業法第27条の電気使用制限を遵守した。
 - i) 研究廃水処理場やヘリウム液化施設などの輪番運転、休日・夜間シフト運転
 - ii) クリーンルーム、恒温恒湿室、大型電算機の一部稼働停止や輪番運転、動物飼育設備、実験用冷蔵庫・冷凍庫の集約化
 - iii) つくばセンターにおけるパッケージエアコンのデンド制御等による空調負荷の低減
 - iv) つくばセンター及び臨海センターの使用電力をリアルタイムに把握できる総電力監視システムの構築
 - ・事業所及び建物等の一定区画ごとにエネルギー消費量を把握し、実情分析を行う取り組みを推進した。
 - ・つくば市へ今夏の節電対策のポスターを出展し、産総研の講じた施策を紹介した。また、イントラに、つくばセンターにおいて実施した空調省エネ対策の事例を掲載するなど、省エネ対策の普及啓発を行った。
- ##### 2. 研究環境安全委員会等による工事の事前審査
- ・建築、機械、電気、安全、省エネ等に関する所内の専門家からなる施設・安全検討チーム及びその上位機関である研究環境安全委員会において、技術研究組合が産総研敷地内で実施する工事及び研究ユニットによる大規模な工事を事前に審査した。今年度は23件の事前審査を行い、研究施設のオーバースペックの抑制並びに省エネ性・安全性の確保等を図り、適切な施設整備の実現に貢献した。
- ##### 3. 中期施設整備計画の策定と実行
- ・既存施設の有効活用、コストの縮減、最適な整備時

期の設定等を基本方針とした中期施設整備計画を策定し、北海道（2棟）、つくば（4棟）、関西（4棟）、九州センター（1棟）の建物の閉鎖又は解体手続きを開始した。さらに、老朽化の進行により今後の利用が見込まれない建物についての利用者及び研究設備の他施設への集約化による閉鎖など、維持管理コスト削減のための措置を講じた。

4. 産総研レポートの作成

- ・環境配慮の取組及び実績について、環境報告に社会性報告を合わせ、SR 報告書「産総研レポート2011」として公表した。特に震災トピックスとして、東日本大震災による影響と復旧に向けた産総研の取り組みなどを紹介した。

5. 施設及び設備に係るデータの管理・分析

- ・各施設や設備の既存データについて、拠点・建物コード等を利用した統一指標の導入や現地確認などによるデータベースの精度向上を図った。

②【環境安全管理部】

(Safety and Environmental Management Division)

所在地：つくば中央第1

人員：21名（10名）

概要：

環境安全管理部は、研究所の環境及び安全衛生の管理並びに防災対策等に係る業務を行っている。環境及び安全管理は、産総研で働く職員のみならず周辺住民の環境及び安全にも関わる重要な事柄である。また、産総研自体にとっても生命線であり、あらゆる種類の事業の前提となる最優先事項であると位置付けている。

環境安全管理部は、産総研環境安全憲章に記載された基本的活動理念を実現、遂行するために、他の関連部門との密接な協力のもと、安全で快適な研究環境を創出し、これを確保することを最上の活動目的としている。この目的を実現するため、安全ガイドラインやマニュアル等の整備と普及、環境安全関連の施設及び設備整備と改善等のハード及びソフト両面での積極的活動を行うとともに、環境影響低減化に向けた活動及び事故発生数抑制のため全職員の環境安全に対する意識の向上を図る活動を重点的に行っている。

機構図（2012/3/31現在）

[環境安全管理部]

部長 飯田 光明
次長 中村 徳幸
審議役 米田 理史
部総括 関河 敏行
総括主幹 富澤 和男
総括主幹 飯田 和治

[安全衛生管理室]

室長 横須賀 三泰
総括主幹 森本 研吾
総括主幹 白波瀬 雅明 他

[施設環境管理室]

室長 望月 経博 他

[ライフサイエンス実験管理室]

室長 大和田 一雄
(兼) 飯田 和治 他

[放射線管理室]

室長 工藤 勝久
室長代理 吉成 幸一 他

平成23年度の主な活動

1. 安全衛生管理体制の水準向上及び維持

1) 安全衛生管理体制の強化等

- ・安全衛生委員会（各事業所月1回）及びユニット長巡視（年2回）の立会い、指導を行った。
- ・グループ/チーム安全衛生会議（最低月1回）の実施状況の把握及び徹底を行った。
- ・高圧ガス及び危険薬品等安全講習会を実施した。
- ・巡視月間テーマの設定を行い、巡視のマンネリ化対策を行った。
- ・安全ガイドラインの改定を行った。
- ・資格取得講習会や安全講習会の企画及び開催を行った。

2) 環境安全マネジメントシステム（ESMS）

- ・各事業所・地域センターの安全衛生管理担当者等を対象に、マネジメントシステムレベルアップ研修を実施した。また、各事業所の内部監査に立会い、運用に関するアドバイスをを行った。

3) 事故防止活動

- ・全国総括安全衛生管理者補佐会議（月1回）を開催し、事故ヒヤリハット報告及び環境安全に関する各種情報等の周知を行った。
- ・全国安全衛生管理担当者会議を開催し、安全衛生に関する意見交換を行った。
- ・全国の地域センター所長及び管理監とTV会議による安全管理報告会（毎朝）を実施した。また、報告事項を毎月取りまとめ、各事業所の事業所会議等を經由して研究ユニットへ周知した。

2. 環境影響低減化活動

- ・環境法改正情報の周知及び各地域センターにおける環境関連条例等の情報提供を行った。
- ・法令に基づく特定施設等の届出を行った。
- ・廃棄物処理を委託している中間処理場及び最終処分場の現地調査を実施した。また、前年度に引き続き

保管中の高濃度 PCB 含有廃棄物の適切な管理及び処分を行った。

- ・東日本大震災により被災した研究廃水排水管及び排ガス処理装置等の復旧を実施した。（つくばセンター、東北センター）
 - ・水質汚濁防止法の改正について、地域及びつくばセンターにおいて説明会を実施するとともに、漏洩・流出を想定した緊急事態対応訓練を実施した。
3. 個別事項の法令遵守並びに施設、設備及びシステムの整備、運用

環境や化学物質等の関連法規を遵守するため、危険物、高圧ガス、ライフサイエンス実験、放射線管理等の個別事項の管理監督、薬品・ポンベのデータベースによる管理を実施した。

1) 化学物質管理

- ・薬品ポンベ管理システムを用いて、消防法、建築基準法、高圧ガス保安法等の法令遵守状況を監視し、管理状況について各事業所の総括安全衛生管理者あてに報告を行った。
- ・総括安全衛生管理者及び各ユニットに配置されている薬品取扱責任者を通して、法改正情報の周知、危険薬品の減量化等の薬品管理の徹底を図った。
- ・「ナノ材料ばく露防止のためのガイドライン」及び「ナノ材料管理要領」に基づきナノ材料取扱業務の届出提出の確認を行った。

2) ライフサイエンス実験管理

- ・ライフサイエンス実験の倫理面及び安全面から実験計画を審議する7つの委員会の運営を行うとともに、ヒト由来試料実験、組換え DNA 実験、動物実験及び生物剤毒素使用実験現場の実地調査を実施した。
- ・情報系人間工学の実験計画を審議するための委員会の審議案件及び申請書の検討を行った。
- ・組換え DNA 実験、動物実験の従事者向け教育訓練及びヒト由来試料実験、人間工学実験、医工学応用実験の従事者向け教育訓練を実施した。
- ・組換え DNA 実験及び動物実験の従事者の利便性を図るため昨年度から運用を開始した「e-ラーニング」システムに新たなコンテンツを追加した。

3) 放射線管理

- ・地域センターにも拡大した放射線業務従事者等の一元管理を推進するために管理システムの改修を行った。
- ・各事業所における放射線管理体制を強化するため、放射性物質の使用及び管理に関する現地調査を行い、法令遵守状況に問題が無いことを確認した。
- ・複数の事業所で保管管理のみを行っている核燃料物質について、中部センターを除く集約化を完了した。
- ・労基署届出が地域ごとに統一されていないエックス線装置の扱いについてエックス線障害予防要領を改正し、新たに9台の装置を要領の管理下に置いた。

- ・福島第一原発事故の影響への対応として、つくば市への支援（避難者の線量測定、校庭の線量測定）、つくばセンター敷地内の放射線量測定結果の HP 公開及び一般市民からの質問への対応を行った。また、つくばセンター内の放射能汚染物の測定及び回収作業を行った。

- ・震災によるつくばセンター内放射線施設排水設備の損傷の有無について点検をとりまとめ、補修の必要が生じた箇所について対応した。

- ・つくばセンター内放射線施設の効率的運用のため、4-1棟、6-6A 棟、5-6A 棟の各放射線施設の廃止及び6-8棟放射線施設の一部使用停止を行った。

4) 施設の維持保全

- ・施設設備に係る維持管理業務を見直し、施設設備維持管理、警備、清掃等の業務統合、翌年度からの純水製造装置管理費等の使用者負担導入等を行った。
- ・施設設備の修繕・更新に関しては、安全を確保し必要な機能を発揮させるために、不具合箇所対応の優先順位判定を行うとともに予防保全的な観点に考慮した修繕計画を策定して執行した。
- ・研究廃水処理システムについて、維持コスト・環境汚染リスクが低く、地震に強いシステムに改めるべく、改修方法について検討した。

5) セキュリティ対策

- ・セキュリティ設備の維持保全のための点検及び修繕を行った。

4. 防災及び地震対策

- ・消防法の改正を受け、事業所ごとに作成していた消防計画を統一し、つくばセンター消防計画を作成した。また、つくばセンター消防計画に合わせた体制となるよう、つくばセンター防災業務マニュアルを改正した。
- ・産総研業務継続計画（BCP）の策定業務に参画した。
- ・東日本大震災を受け、備蓄品（防災用備品、消耗品、食料等）の見直しを行い、補充を行った。

③【研究環境整備部】

(Research Facilities Division)

所在地：つくば中央第1

人員：28名

概要：

研究環境整備部は、世界的にも高い競争力を維持し、多様な産業技術の研究開発を推進する公的研究所として、安全で良好な研究環境を継続的に提供するため、その中核となる施設・設備の効率的かつ機動的な整備に努めている。この様な観点から、長期施設整備計画（マスタープラン）等を踏まえた計画的な施設整備を実施するとともに、営繕業務の品質向上及び効率的・

効果的な業務に努めている。また、営繕業務に起因する事故・ヒヤリハットの低減に向けた措置を講じてきている。

 機構図（2012/3/31現在）

[研究環境整備部]

部長 上野 俊夫
 次長 池田 正樹
 部総括 塩釜 士郎
 総括主幹 榊原 修

[施設計画推進室]

室長 芝原 徹
 総括主幹 山崎 浩 他

[建設室]

室長 渡辺 光夫
 総括主幹 小野 一洋
 総括主幹 河田 秋澄
 総括主幹 信戸 均 他

平成23年度の主な活動

未曾有の東日本大震災の被害により停止した研究業務について、研究の「再構築」を実現するため、インフラの復旧等について、迅速かつ適切に実施するとともに、以下の業務を行った。

1. 施設及び設備の整備計画に関する業務

- ・施設及び設備に係る法令、規程その他遵守すべき事項の周知徹底を行った。
- ・耐震化計画に基づく改修工事及び計画の変更検討を行った。
- ・石綿含有吹き付け材除去計画に基づく除去工事、劣化状況調査、室内環境測定を実施した。
- ・産総研施設設計基準等の見直しを実施した。
- ・工事及び工事関連役務の提供等の契約業務を行った。

2. 施設及び設備の整備事業の実施

- ・施設整備費補助金事業、ユニットからの依頼工事事業、目的積立金事業における工事の設計・積算・監督・監理・検査を行い、また、各事業予算の執行管理を行った。
- ・建築許可など工事に係る各種申請業務を行った。
- ・各事業所、地域センターからの営繕業務にかかる相談業務を行った。

 施設の整備（平成23年度に産総研資産になった主なもの）

1) 老朽化対策

① 空調設備改修

(1) 目的

老朽化が著しい空調機本体、温度及び湿度制御を行う空調用自動制御設備、配管系の改修を行った。

(2) 整備費用 9.3億円（平成21年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば西-1棟他機械設備（空調）改修 その他工事	株式会社総合設備コンサルタント （設計）（変更設計） （監理）	大成建設株式会社	平成22年 7月23日～ 平成23年 7月29日

②建物構造部改修

(1) 目的

耐震性が低い建物の構造部を補強するとともに、関連した設備等の改修を行った。

(2) 整備費用 14.7億円（平成21・22・23年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計	施工	工期
つくば中央3-1棟耐震改修事業	株式会社大林組	株式会社大林組	平成23年 4月22日～ 平成24年 3月 8日
つくば中央4-1棟耐震改修事業	大成建設株式会社	大成建設株式会社	平成22年12月22日～ 平成24年 3月16日
つくば中央6-1棟耐震改修事業	清水建設株式会社	清水建設株式会社	平成22年12月22日～ 平成23年 9月 9日
つくば西-1棟耐震改修事業	株式会社大林組	株式会社大林組	平成22年 8月 6日～ 平成24年 2月29日

③石綿関連改修

(1) 目的

石綿含有吹き付け材の改修及び関連した設備等の改修を行った。

(2) 整備費用 5.1億円（平成23年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば中央5-2N 棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社友水設計 (監理)	株式会社森本組	平成23年 7月 7日～ 平成24年 3月15日
つくば中央2-3B 棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	有限会社 SUPER SKETCH (設計) (監理)	株式会社松本建設	平成23年10月 3日～ 平成24年 3月30日
つくば中央3-1棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	有限会社アップル建築設計事務所 (監理)	株式会社松本建設	平成23年 9月30日～ 平成24年 3月30日
つくば中央4-1棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	—	明星工業株式会社	平成23年 8月31日～ 平成24年 1月27日
つくば中央5-4B 棟石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	—	東武建設株式会社	平成23年 9月 2日～ 平成23年10月28日
つくば中央7-1N 棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	—	株式会社松本建設	平成23年 9月15日～ 平成24年 3月28日
つくば東-1棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	株式会社友水設計	株式会社松本建設	平成23年 9月15日～ 平成24年 3月28日
つくば西-2A 棟他石綿含有吹き付け材除去その他改修工事	コンストラクションインベ ストメントマネージャーズ 株式会社	株式会社近藤組	平成23年 9月30日～ 平成24年 3月31日

2) 震災復旧

①災害復旧のための施設・設備改修

(1) 目的

東日本大震災により被災した施設・設備の改修を行った。

(2) 整備費用 7.7億円（平成23年度施設整備費補助金）

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
東北センターOSL 棟外壁改修その他工事	—	阿部建設株式会社	平成23年 8月31日～ 平成23年12月15日
東北センターOSL 棟排ガス処理装置配管他改修その他工事	—	大洋テクニカ株式会社 仙台支店	平成23年10月 3日～ 平成23年12月22日
つくば中央3-1棟6階内装改修その他工事	—	中嶋産業株式会社	平成23年 7月14日～ 平成23年 9月16日
つくば中央5-2棟他エキスパンション改修その他工事	—	古谷建設株式会社	平成23年 7月27日～ 平成23年 9月30日
つくば中央本部・情報棟9階間仕切り設置他改修その他工事	—	日本メックス株式会社	平成23年 8月12日～ 平成23年10月31日
つくば中央第1事業所中央本館1階内装改修その他工事	—	理建工業株式会社	平成23年 9月12日～ 平成23年11月14日
つくば中央3-5棟防水改修工事	—	双葉建装株式会社	平成23年10月20日～ 平成24年 2月20日
つくば中央6-13棟他排ガス処理設備その他改修工事	—	テスコ株式会社	平成23年11月 1日～ 平成24年 2月29日
つくば中央4-1棟内装その他改修工事	—	株式会社市村工務店	平成23年11月 1日～ 平成24年 2月28日
つくば中央4-2棟他内装その他改修工事	—	株式会社市村工務店	平成23年11月 4日～ 平成24年 2月28日
つくば西-1棟内装その他改修工事	—	株式会社飯塚工務店	平成23年11月14日～ 平成24年 2月29日
つくば西-7B 棟 FFU 改修その他工事	—	日本設備工業株式会社	平成23年12月 7日～ 平成24年 3月28日

工事発注・設計・監理	産業技術総合研究所 研究環境安全本部 研究環境整備部		
工事件名	設計・監理	施工	工期
つくば中央5-1D 棟内装他改修その他工事	—	東武建設株式会社	平成23年12月22日～ 平成24年 3月15日
つくば中央5-2棟他6階内装改修その他工事	—	東武建設株式会社	平成23年12月26日～ 平成24年 3月29日
つくば西-7棟内装その他改修工事	—	高砂熱学工業株式会社	平成23年12月26日～ 平成24年 3月30日
つくば中央5-4C 棟内装他改修その他工事	—	株式会社小川建設	平成23年12月27日～ 平成24年 3月21日

④【情報環境基盤部】

(Intelligent Information Infrastructure Division)

所在地：つくば中央第1、先端情報計算センター棟

人員：21名（5名）

概要：

情報環境基盤部は、我が国有数の情報技術に関する研究を行っている産総研の特長を最大限に活かし、最先端の技術の知見を用いて、全所的な情報ネットワークの構築・管理、情報セキュリティポリシーの運用、及び基幹業務システムの構築・管理・支援を実施している。また、産総研の情報基盤の高度化を図り、より生産的な研究活動と円滑で効率的な業務推進を支援する役割を担っている。

機構図（2012/3/31現在）

[情報環境基盤部]

部長 坂上 勝彦

次長 久野 巧

（情報基盤再構築特任チーム長）小方 一郎

（総括チーム長）宮本 哲

（情報セキュリティチーム長）鈴木 智行

（情報ネットワークチーム長）國府田 勝美

（イントラ基盤チーム長）正木 篤

（業務システム管理チーム長）坂 勝美 他

平成23年度の主な活動

総括チーム、情報セキュリティチーム、情報ネットワークチーム、イントラ基盤チーム、業務システム管理チームの5チーム体制で、下記の業務を実施した。次期情報システムについては本格運用を開始し、安定稼働を実現した。

1. 情報セキュリティの向上

- ・毎年度行っている個人情報保護セルフチェックと情報セキュリティ自己点検を併せて行うことにより、手続き効率化と意識の啓発を図った。
- ・情報セキュリティ対策の一環として、標的型メール対策、PC 及びモバイル電話機の持ち出し時の遵守事項について、全職員にイントラ等を通じて周知する

ことで、セキュリティ意識の啓発並びに情報流出のリスクの低減に努めた。

- ・長期的な観点から情報セキュリティ対策の PDCA サイクルを確立するため、事業組織、本部組織の情報セキュリティ監査を実施した。
 - ・メールにおける情報セキュリティ水準の抜本的向上のため平成24年度より電子メールシステムのクラウド化を決定した。
2. 産総研情報通信ネットワークの構築、運用、保守、管理
- ・電話システムを更新し、ワイプ、ロック機能の利用を徹底したことで、モバイル電話器を紛失した際の情報漏えいのリスクを低減した。
 - ・ファイヤウォール、外部認証システムを更新しセキュリティ水準の向上と次年度以降の運用コストの削減を可能にした。
3. 基幹業務システムの運用、保守、管理
- ・業務システム改修の要望については、案件毎に投資効果を精査し、夏期の輪番休暇導入に対応した勤務時間管理システムの改修他を実施した。

⑤【情報化統括責任者】

(Chief Information Officer)

所在地：つくば中央第2他

概要：

情報化統括責任者（CIO）は、産総研の情報化戦略の企画及び立案並びに研究所の情報化に関する業務の統括をミッションとしている。そのため、(1) 電子行政推進国・独立行政法人等協議会を通じて、情報化に関して政府との調整を行うこと、(2) 産総研の情報化戦略委員会を主宰して、情報化戦略及び情報化に関する重要事項を審議し、情報化関連予算の調整、情報システムによる業務効率化・高度化を行うこと等を実施している。

機構図（2012/3/31現在）

情報化統括責任者 （兼）島田 広道

情報化統括責任者補佐 （兼）坂上 勝彦

(兼) 久野 巧
(兼) 久保田 喜嗣

③服務規律に関すること。
④役職員等の懲戒等に関すること。

平成23年度の主な活動

産総研の情報ネットワークの再構築に向け、情報セキュリティ対策の徹底、BCP 対策の実施及び経費の削減を図るため、平成23年度中のメールシステムクラウド化の方針を決定した。

人材開発企画室

(Human Resources Development Planning Office)
(つくば中央第2)

概要:

- ①キャリアパス開発及び研修企画に関すること。
- ②職員等の研修（計量研修センター及びイノベーションスクールの所掌に属するものを除く）の実施に関すること。
- ③その他人材開発に関すること。

5) 総務本部 (General Affairs Headquarters)

①【人事部】

(Human Resource Division)

所在地：つくば中央第1、つくば中央第2、
つくば中央第4

人員：55名 (5名)

概要:

人事部は、研究所の人事、労務、福利厚生に係る業務を実施している。

バリアフリー推進室 (Barrier-free Promotion Office)
(つくば中央第2、つくば中央第4)

概要:

- ①障害者の雇用促進に関すること

厚生室 (Welfare Office)

(つくば中央第2)

概要:

- ①役職員等の福利厚生に関すること。
- ②役職員等の災害補償に関すること。
- ③宿舎に関すること。
- ④職員等の退職の相談に関すること。
- ⑤経済産業省共済組合に関すること。
- ⑥職員等の社会保険事務に関すること。

機構図 (2012/3/31現在)

[人事部]

- 部 長 福岡 徹
- 審 議 役 山田 家和勝
- 淡野 正信
- 部 総 括 鈴木 浩一
- [人事室] 室長 五十嵐 光教 他
- [勤労室] 室長 吉岡 有二 他
- [人材開発企画室] 室長 田中 裕一郎 他
- [バリアフリー推進室] 室長 寺平 豊 他
- [厚生室] 室長 戸田 昭彦 他
- [健康管理室] 室長 関根 英二 他

健康管理室 (Healthcare Office)

(つくば中央第1)

概要:

- ①役職員等の健康管理及び保健指導に関すること。
- ②職員等のメンタルヘルスに関すること。
- ③産業医に係る業務に関すること。

人事室 (Personnel Office)

(つくば中央第2)

概要:

- ①役職員の任用に関すること。
- ②個人評価制度の構築、実施に関すること。
- ③給与の支給に関すること。
- ④人件費の把握、見直しに関すること。
- ⑤兼業の許可に関すること。
- ⑥栄典及び表彰に関すること。

業務報告データ

年度特記事項

1. 平成23年度採用実績

①事務職員	18名
②研究職員 (パーマネント)	13名
③ " (招聘型任期付)	0名
④ " (産業技術人材育成型任期付)	54名
⑤ " (研究テーマ型任期付)	8名
計	93名

勤労室 (Staff Office)

(つくば中央第2)

概要:

- ①職員等の労働条件の基準に関すること。
- ②労使関係に係る総合調整に関すること。

2. 平成23年度研修実績

	コース	実施回数	受講者数
①職員等基礎研修 (e-ラーニング)	1	1回	286名
②階層別研修	14	28回	905名

③プロフェッショナル研修	9	72回	890名
合計	24	101回	2,081名

②【財務部】

(Financial Affairs Division)

所在地：つくば中央第2

人員：43名

概要：

財務部は、独立行政法人の趣旨に則り、研究支援の高度化及び組織運営の高度化を、財務及び会計に係る諸施策を通じて実現することにより、産総研ミッションの遂行に寄与することとしている。

なお、財務及び会計に係るコンプライアンスとリスク管理を適切に行いつつ支援業務を遂行するため「財務室、経理室、出納室及び調達室」を配置している。

<平成23年度活動トピックス>

○出納室の設置

これまで経理室長は、500万円を超えない出納に関する事務（地域センターの分を除く。）について、「出納命令職」（財務部長代行）と「出納職」を兼務し、出納に関する事務の命令者と実施者が同一人物となっていたが、こうした状況は内部統制上のリスクを生じるため、平成23年10月1日に出納に関する事務を掌握する「出納室」を新設した。

○公共サービス改革（市場化テスト）への取り組み

現在実施している8業務（地質標本館維持管理業務、サイエンススクエア案内維持管理業務、つくばセンター植栽管理業務、研究協力センター建物総合運営、つくばセンター設備維持管理業務、つくばセンター自動車維持管理業務、つくばセンター警備業務及びつくばセンター庁舎清掃業務）に新たに総括管理業務を加え、平成24年度から3カ年（複数年）の包括契約とし、内閣府の入札監理委員会の審議を経て入札を実施し、総合評価落札方式により事業実施者（つくばセンター施設管理等業務共同事業体）を決定し、平成24年4月1日より、当該業務を開始する。

機構図（2012/3/31現在）

[財務部]	部長	細川 潤一	
	審議役	田中 哲弥	
	部総括	小林 勝則	
	総括主幹	五十嵐 直幸	
[財務室]	室長	松崎 一秀	他
[経理室]	室長	井佐 好雄	他
[出納室]	室長	新井 清和	他
[調達室]	室長（兼）	小林 勝則	他

財務室 (Finance Office)

(つくば中央第2)

概要：

財務及び会計に係る業務の企画及び立案並びに総合調整、予算のとりまとめ、予算の分野別情報の管理、余裕金の運用、資金の借入及び償還、年度計画に基づく実行予算の配賦の計画及び示達、予算の執行管理、財務及び会計に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行っている。

○収入件数 約7,700件、収入金額 約1,026億円。

経理室 (Accounting Office)

(つくば中央第2)

概要：

決算、消費税の確定申告、計算証明、財務会計システムの管理、有形固定資産の管理（他の所掌に属するものを除く。）に関する業務を行っている。

出納室 (Treasury Operations Office)

(つくば中央第2)

概要：

資金計画、金銭の支払、出納及び保管、税務、旅費の支給に関する業務を行っている。

○支払件数 約14万1千件、支払金額 約932億円。

○旅費件数 約8万2千件、支払金額 約24億円。

調達室 (Procurement Office)

(つくば中央第1)

概要：

物件の調達、物件の売払及び賃貸等の契約、役務の提供等の契約、調達物品等の市場調査、競争参加者の資格審査、調達業務の調整、政府調達に係る協定に基づく調達公告等の官報掲載、物件の調達等に係る監督及び検査、共通在庫消耗品の払出及び在庫管理に関する業務を行っている。

○全契約件数 約85,000件

○政府調達協定の対象案件数 96件、約67.9億円

○インターネット調達

単価契約を締結している電子購買業者の電子購買サイト上で、商品検索・注文を行い、翌日又は翌々日には指定場所まで納品され、支払は毎月一括というスキームのインターネット調達を運用している。オフィス用品（約34,000品目）、理化学用品（全般）、電子部品（約72,000品目）、試薬類（全メーカー）、書籍（全般）、雑貨（約141,000品目）の物品が調達可能。利用件数約3万件、利用金額約5.3億円。

○グリーン購入法の適用

「国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律」に基づき、産総研として、平成23年度における

「環境物品等の調達を円滑にするための方針」を定め、実施してきたところ。

〇つくばセンターにおける共通在庫消耗品センターの運営

つくば中央第3事業所で運営。品目数は約660。

③【ダイバーシティ推進室】

(AIST Diversity and Equal Opportunity Office)

所在地：つくば中央第2

人員：4名（3名）

概要：

ダイバーシティ推進室は、男女共同参画室の改編により平成23年10月に発足した。性別、国籍、年齢にかかわらず能力を発揮できる環境実現を目指し、所内システムの改善や職場環境の整備を進めるため、男女共同参画を含む多様性活用(以下ダイバーシティ)の推進に係る以下の業務を行う。

- ・基本方針の企画及び立案並びに総合調整
- ・啓発及び広報
- ・女性職員の採用拡大と外国人研究者の積極的な採用の支援
- ・キャリア形成の支援及び勤務環境整備支援
- ・ダイバーシティの総合推進

【平成23年度の主な活動】

平成22年度に策定された「第3期中期目標期間（平成22～26年度）における男女共同参画の推進策」において、職員の多様な属性（性別、年齢、国籍等）がもたらす価値・発想を活かすダイバーシティを目指して以下の6つのアクションプランが定められており、年度計画を実行した。

- ・ダイバーシティ意識の啓発・浸透
- ・女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用
- ・キャリア形成における共同参画のための方策
- ・仕事と生活の調和のための支援
- ・国、自治体及び他の研究教育機関等との連携
- ・ダイバーシティの総合推進

●ダイバーシティ意識の啓発・浸透

ダイバーシティに関するエンカレッジセミナーの開催、所内研修での講義を実施した。

●女性研究者及び外国人研究者の積極的な採用・活用
研究分野毎の女性研究者採用状況を各分野採用担当者に対し提示し、女性研究者の積極的な募集と採用目標の実現を促した。

●キャリア形成における共同参画のための方策

キャリアカウンセリング、ロールモデルとの懇談会、エンカレッジセミナーを実施した。

●仕事と生活の調和のための支援

「介護に関する勉強会」を開催した。また出産機会

逸失防止、育児・介護に関するイントラ整備を行うとともに、各種相談制度を分かりやすく紹介するポータルサイト(日英)をイントラ内に設置した。

●国、自治体及び他の研究教育機関等との連携

産総研が設立したコンソーシアムであるダイバーシティ・サポート・オフィス（DSO）の懇話会開催、ニュースレター発行を通して参加機関間の連携をはかった。今年度、新たに6機関の参加を得て計19機関となった。

●ダイバーシティの総合推進

ダイバーシティ推進のために、男女共同参画室からダイバーシティ推進室への体制強化を図った。アクションプランの年度進捗報告を取りまとめ所内外に公表した。

機構図（2012/3/31現在の役職者名）

室長 山田 理
総括主幹 菅澤 正己
総括主幹 長久保 晶彦

④【業務推進企画室】

(General Affairs Planning Office)

所在地：つくば中央第1

人員：5名

概要：

業務推進企画室は、研究支援事務業務の企画・立案・総合調整、つくば本部における役員の秘書業務、つくば本部において理事長が主宰する会議の庶務、文書・公印管理、職員等の勤務・サービス管理、外国人研究者の支援及び産総研インターナショナルセンターに関する業務、職員の外国派遣の渡航手続きに関する業務を主な業務としている。

機構図（2012/3/31現在）

[業務推進企画室] 室長 金田 孝雄

6) 評価部 (Evaluation Division)

所在地：つくば中央第2

人員：20名（17名）

概要：

評価部のミッションは、①研究ユニット及び研究関連等業務の活動の活性化・向上を促すこと、②評価結果を経営判断に活用し自己改革に適切に反映すること、③評価結果を公開して透明性の確保と国民の理解を促し説明責任を果たすことである。

評価結果は理事長に報告されると共に、社会や国民への説明責任と併せて、産総研の活動についてより広い理解が得られるよう、評価報告書として刊行される。

1. 研究ユニット評価

第2期中期目標期間から導入したイノベーションの創出に資することを重視した「アウトカムの視点からの評価」を引き続き継続し、外部委員による評価のさらなる充実、評価内容の見直し等の改善を行い、研究ユニット評価を実施した。

研究ユニット毎に研究ユニット評価委員会（外部委員と内部委員で構成）を設置して、研究ユニット評価及び研究ユニット評価フォローアップを行った。外部委員は延べ248名、内部委員は延べ86名であった。

1) 研究ユニット評価

「研究ユニット全体のシナリオ・ロードマップ」、「ユニット戦略課題毎のロードマップ・アウトプット」、「イノベーション推進への取り組み」、「研究ユニット運営の取り組み」について評価を行い、評点とコメントによる評価を実施した。本評価は隔年度実施であり、本年度は13研究ユニットを対象とした。

2) 研究ユニット評価フォローアップ

研究ユニット評価を実施しない年度には評価委員との「意見交換」あるいは「開始時意見交換会」を実施し、研究ユニット評価の信頼性の向上を図るとともに、評価委員の評価対象の把握と理解の機会の拡大を図った。本年度は30研究ユニットを対象とした。

2. 研究ユニット活動総括・提言

外部委員からの評価を強化した研究ユニット評価の結果等に基づき今後の研究、組織のあり方を提言する「研究ユニット活動総括・提言委員会」を開催した。本年度は6研究ユニットを対象とした。

3. 研究関連等業務活動評価

研究関連等業務活動の評価について、第3期中期目標期間では、1) 地域活性化に係わる業務、2) イノベーション推進、産業人材育成等に係わる業務を対象に評価を行う。

本年度は、イノベーション推進本部と広報部におけるイノベーション推進、産業人材育成等に係る業務を対象に実施した。

機構図 (2012/3/31現在)

評価部 部長 (兼) 上田 完次
 首席評価役 赤穂 博司、阿部 修治、
 永壽 伴章、久保 泰、
 富樫 茂子、檜野 良穂
 松永 烈
 次長 遠藤 秀典

審議役 大井 健太、手塚 明
 室長 池上 徹、秋道 斉

評価企画室 (Evaluation Planning Office)

(つくば中央第2)

概要:

評価に係る業務の企画及び立案並びに総合調整に関する業務を行う。研究推進に係る活動以外の評価に関する業務を行う。評価に係る業務であって、他の所掌に属しないものに関する業務を行う。

研究評価推進室 (Research Evaluation Office)

(つくば中央第2)

概要:

研究推進に係る活動の評価に関する業務を行う。

業務報告データ

平成22年度研究ユニット評価報告書 (平成23年4月)

平成22年度研究関連等業務活動評価報告書 (平成23年4月)

*産総研公式ホームページから閲覧可能

(<http://unit.aist.go.jp/eval/ci/report.html>)

7) 広報部 (Public Relations Department)

所在地: つくば中央第2、つくば中央第1

人員: 22名 (3名)

概要:

広報部は、産業技術や国民生活の向上に貢献することを目的として、報道発表、ホームページ、広報誌、パンフレット、所内公開、イベント出展等の広報活動を通じ、広く国民に対して研究所の研究成果を分かりやすい情報として提供している。

機構図 (2012/3/31現在)

[広報部] 部長 (兼) 瀬戸 政宏
 次長 並木 壯壽
 次長 多屋 秀人
 審議役 石井 武政
 総括主幹 下村 正樹
 総括主幹 梶原 茂
 総括主幹 馬場 正行
 [広報企画室] 室長 助川 友之 他
 [報道室] 室長 亀卦川 広之 他
 [広報制作室] 室長 藤田 茂 他
 [科学・技術コミュニケーション室] 室長 田沼 弘次 他

広報企画室 (Public Relations Planning Office)
(つくば中央第2)

概要：
広報企画室は、広報の基本方針の企画・立案、並びに広報部の業務を総括している。

報道室 (Media Relations Office)
(つくば中央第2)

概要：
報道室は、報道発表を中心にマスメディア対象の広報活動に関する業務を行っている。

広報制作室 (Website and Publication Office)
(つくば中央第2)

概要：
広報制作室は、コーポレートアイデンティティの活用とコーポレートコミュニケーションの企画及び推進、情報ネットワークを用いた研究成果の発信、データベースを用いた研究成果の提供、広報誌・刊行物その他印刷物の編集や発行及び頒布、映像及び広報のための画像の制作に関する業務を行っている。

科学・技術コミュニケーション室
(Science Communication Office)
(つくば中央第2、つくば中央第1)

概要：
科学・技術コミュニケーション室は、つくばセンターに設置された常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」の運営、所内公開等の企画・運営、外部イベントへの出展、見学対応などの業務を行っている。

1) 報道関係
平成23年度プレス発表件数 (ユニット別)

所 属 名	発表件数
企画本部	1
生命情報工学研究センター	1
生産計測技術研究センター	1
バイオメディシナル情報研究センター	3
ナノチューブ応用研究センター	2
ネットワークフォトニクス研究センター	2
コンパクト化学システム研究センター	2
ナノスピントロニクス研究センター	1
幹細胞工学研究センター	1
集積マイクロシステム研究センター	1
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	6
太陽光発電工学研究センター	2
計測標準研究部門	1
知能システム研究部門	2
計測フロンティア研究部門	2
ユビキタスエネルギー研究部門	2
先進製造プロセス研究部門	5
サステナブルマテリアル研究部門	3
地質情報研究部門	1
環境管理技術研究部門	3
エネルギー技術研究部門	3
情報技術研究部門	2
バイオメディカル研究部門	2
健康工学研究部門	1
ナノシステム研究部門	9
生物プロセス研究部門	2
電子光技術研究部門	3
ナノエレクトロニクス研究部門	8
社会知能技術研究ラボ	1
ナノデバイスセンター	1
イノベーション推進本部	2
産学官連携推進部	2
つくばイノベーションアリーナ推進部	1
中国センター	1
四国センター	1
九州センター	1
総計	82

※発表件数は74件。

産業技術総合研究所

平成23年度取材対応件数（所属別）

所属名	発表
理事	3
企画本部	1
評価部	7
広報部	8
特許生物寄託センター	1
国際標準推進部	1
情報セキュリティ研究センター	30
水素材料先端科学研究センター	2
生産計測技術研究センター	15
バイオメディシナル情報研究センター	3
ナノチューブ応用研究センター	7
ネットワークフォトニクス研究センター	2
活断層・地震研究センター	325
メタンハイドレート研究センター	73
コンパクト化学システム研究センター	5
ナノスピントロニクス研究センター	1
幹細胞工学研究センター	13
デジタルヒューマン工学研究センター	20
集積マイクロシステム研究センター	2
先進パワーエレクトロニクス研究センター	2
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	4
太陽光発電工学研究センター	44
計測標準研究部門	27
地圏資源環境研究部門	115
知能システム研究部門	111
計測フロンティア研究部門	1
ユビキタスエネルギー研究部門	10
先進製造プロセス研究部門	6
サステナブルマテリアル研究部門	10
地質情報研究部門	83
環境管理技術研究部門	11
環境化学技術研究部門	4
エネルギー技術研究部門	14
情報技術研究部門	23
安全科学研究部門	34
バイオメディカル研究部門	13
健康工学研究部門	12
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	26
ナノシステム研究部門	14
生物プロセス研究部門	8
電子光技術研究部門	3
ナノエレクトロニクス研究部門	8
社会知能技術研究ラボ	2
フェロー	6
ライフサイエンス分野研究企画室	1

所属名	発表
ナノデバイスセンター	2
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室	2
環境・エネルギー分野研究企画室	1
地質分野研究企画室	5
地質標本館	19
標準・計測分野研究企画室	3
地質調査情報センター	1
計量標準管理センター	12
サービス工学研究センター	15
イノベーション推進企画部	1
産学官連携推進部	4
ベンチャー開発部	1
つくばイノベーションアリーナ推進部	1
産学官連携推進部門	21
研究環境安全本部	1
東北センター	6
臨海副都心センター	3
中部センター	1
関西センター	78
中国センター	2
九州センター	6
総 計	1,296

平成23年度マスコミ等報道数

媒 体 名		件数
新聞	朝日新聞	92
	読売新聞	99
	毎日新聞	94
	産経新聞	57
	日本経済新聞	128
	日刊工業新聞	430
	フジサンケイ ビジネスアイ	25
	日経産業新聞	175
	化学工業日報	201
	科学新聞	77
	他	1,057
計	2,435	
雑誌等		294
TV/ラジオ	NHK	75
	民放 他	173
	計	248
WEB その他		1,560
合 計		4,537

事業組織・本部組織業務

2) 主催行事等

平成23年度講演会等実施一覧

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2011.4.8	第107回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	(独)産総研九州センター、(独)中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
2	2011.4.21	計測・診断システム研究協議会平成23年度総会・講演会	計測・診断システム研究協議会	主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
3	2011.4.26	形式手法の産業界応用ワークショップ	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
4	2011.4.27	中国地域産総研技術セミナーin鳥取	(独)産総研、(地独)鳥取県産業技術センター、中国経済産業局	共同主催	鳥取県	鳥取県産業技術センター
5	2011.5.7	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2011年第2回例会	日本音響学会関西支部	共催	大阪府	産総研 関西センター
6	2011.5.12~2011.5.13	第2回ナノシステム研究部門研究交流会	ナノシステム研究部門の常勤職員による研究発表会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
7	2011.5.13	第108回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	(独)産総研九州センター、(独)中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
8	2011.5.19	未来のエネジー“メタンハイドレート”	NPO 法人三鷹ネットワーク大学推進機構	その他	東京都	三鷹ネットワーク大学
9	2011.5.20	「第9回広島大学・産総研バイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
10	2011.5.25	AIST 計測・診断システム研究協議会第7回精密加工プロセス研究会講演会	(独)産総研九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
11	2011.5.30	「中国地域産総研技術セミナー in 福山」	(独)産総研、広島県立総合技術研究所、中国経済産業局	主催	広島県	広島県立総合技術研究所 東部工業技術センター
12	2011.5.31	「さつき」講習会 モデル検査(SMV)編	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
13	2011.5.31	つくばイノベーション第15回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
14	2011.6.1~2011.6.3	JPCA Show 2011/ラージエレクトロニクスショー2011/2011マイクロエレクトロニクスショー/JISSO PROTEC2011	(社)日本電子回路工業会	後援	東京都	東京ビッグサイト
15	2011.6.1~2011.6.2	ACGG-DB 1st Meeting	延世大学、(独)産総研 糖鎖医学工学研究センター	主催	韓国・ソウル市	延世大学
16	2011.6.8	第5回産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	東北サテライト
17	2011.6.8	第43回ナノビズマッチ	(社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京グリーンパレス
18	2011.6.10	第109回産学官交流研究会 博多セミナー(二金会)	(独)産総研九州センター、(独)中小企業基盤整備機構九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構九州支部
19	2011.6.14	India-Japan international workshop “Super/Vacuum/Universe” (国際ミニワークショップ “宇宙・真空・超伝導”)	(独)産総研 電子光技術部門	主催	東京都	東京理科大学 神楽坂キャンパス PORTA 神楽坂
20	2011.6.15~2011.6.17	スマートグリッド展2011 Smart Grid Exhibition 2011 (SGE'11)	(株)日刊工業新聞	後援	東京都	東京ビッグサイト
21	2011.6.21	計算機言語談話会(CLC)6月第1回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
22	2011.6.24~2011.8.22	「第10回広島大学・産総研バイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
23	2011.6.28	計算機言語談話会(CLC)6月第2回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
24	2011.6.28~2012.6.29	平成23年度講演会エネルギー・チャレンジ・セミナー in Hokkaido 「石炭の今と未来」	NPO 法人 地下資源イノベーションネットワーク	その他	北海道	札幌国際プラザ
25	2011.6.30	かがわ次世代ものづくり研究会 エネルギー分野 平成23年度第1回勉強会	香川県、(独)産総研 四国センター	主催	香川県	香川県産業技術センター
26	2011.6.30~2011.7.1	第21回 環境工学総合シンポジウム2011	日本機械学会(環境工学部門)	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
27	2011.7.7	松前重義記念基金学術セミナー「メタンハイドレート資源の開発ーフェーズ2と海洋産出試験への取り組みー」	東海大学海洋学部	その他	静岡県	東海大学 清水キャンパス
28	2011.7.8	第6回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	(独)産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
29	2011.7.8	第110回産学官交流研究会 博多セミナー（二金会）	(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、九州経済産業局	共同主催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
30	2011.7.8	第6回 産総研・新技術セミナー	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
31	2011.7.11	産総研 MZ プラットフォーム講習会	(独)産総研	主催	宮城県	産総研 東北センター
32	2011.7.13	第7回メタンハイドレート研究アライアンス講演会	(独)産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
33	2011.7.14	平成23年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウム シリーズ1 「リスク削減時代の環境新技術」～新たな有害物質規制に向けたグリーン・イノベーション～	(独)産総研	主催	東京都	文京シビックセンター
34	2011.7.22	「第11回広島大学・産総研バイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
35	2011.7.22	平成23年度自動車用軽量部材研究会講演会 in 広島	(独)産総研 中国センター、産業技術連携推進会議 中国地域部会	主催	広島県	広島 YMCA ホール
36	2011.7.30	NPO「テクノ未来塾」第133回ニューテクノ・フォーラム	内閣府認可 NPO 法人「テクノ未来塾」	その他	東京都	機械振興会館
37	2011.7.30	HGPI meeting in The 9th JHUPC Conference Satellite Symposium (ヒト疾患グライコーム・プロテオームイニシヤティブ) [世話役：(独)産総研 糖鎖医学研究センター]	HGPI (ヒト疾患グライコーム・プロテオームイニシヤティブ) [世話役：(独)産総研 糖鎖医学研究センター]	主催	新潟県	朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター
38	2011.8.8	AIST 計測・診断システム研究協議会第8回プラズマ技術研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会プラズマ技術研究会	主催	佐賀県	国民宿舎 虹の松原ホテル
39	2011.8.11	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2011年第3回例会	日本音響学会関西支部	共催	大阪府	産総研 関西センター
40	2011.8.22	「産総研バイオマスフォーラム2011」	(独)産総研共催 産業技術連携推進会議、環境・エネルギー部会、循環型バイオマス研究会、中国バイオマス協議会	主催	広島県	産総研 中国センター
41	2011.8.24	第111回産学官交流研究会 博多セミナー（二金会）	(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、九州経済産業局、(財)九州産業技術センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
42	2011.8.24	産業技術総合研究所 国際標準推進戦略シンポジウム～日本を元気にする国際標準化に向けて～	(独)産総研	主催	東京都	秋葉原ダイビルホール
43	2011.8.26	AIST 計測・診断システム研究協議会第8回精密加工プロセス研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会精密加工プロセス研究会	主催	福岡県	八重洲博多ビル
44	2011.9.1～2011.9.2	2011年度日本木材学会木質物性研究会講演会・見学会	日本木材学会木質物性研究会	共催	長野県	梓水苑
45	2011.9.5	HGPI in HUPO2011 10th World Congress (ヒト疾患グライコーム・プロテオームイニシヤティブ) [世話役：(独)産総研 糖鎖医学研究センター]	HGPI (ヒト疾患グライコーム・プロテオームイニシヤティブ) [世話役：(独)産総研 糖鎖医学研究センター]	主催	スイス・ジュネーブ	Geneva Palexpo
46	2011.9.8	分析展2011/科学機器展2011 JAIMA コンファレンス「NMIJ 標準物質セミナー2011 - 確かな分析に必要な標準物質 -」	(独)産総研 計量標準総合センター (NMIJ)	主催	千葉県	幕張メッセ
47	2011.9.9	第112回産学官交流研究会 博多セミナー（二金会）	(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、九州経済産業局、(財)九州産業技術センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
48	2011.9.9	第7回 産総研・新技術セミナー	(独)産総研	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
49	2011.9.9	GLIT セミナー in JAIMA コンファレンス「実用化に向けた糖鎖研究の国際戦略と知的基盤：診断システム、バイオ医薬品、データベースの開発動向を占う」	糖鎖産業技術フォーラム (GLIT) [バイオインダストリー協会/(独)産総研 糖鎖医学研究センター]	主催	千葉県	幕張メッセ
50	2011.9.10	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2011年第4回例会	日本音響学会関西支部	後援	大阪府	産総研 関西センター
51	2011.9.13	平成23年度 バイオマスマテリアル利用研究会講演会	(独)産総研 中国センター、バイオマス研究センター産業技術連携推進会議中国地域部会、中国地域バイオマス協議会	主催	岡山県	ビューアリティまきび

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
52	2011.9.13	「物理化学関連 JIS 改正の報告会 pH・粘度・密度（比重）」	(社)計測自動制御学会	協賛	東京都	早稲田大学理工学部（西早稲田キャンパス）
53	2011.9.26	平成23年度第1回次世代バイオナノ研究会	四国工業研究会 次世代バイオナノ研究会、(独)産総研 健康工学研究部門、(独)産総研 四国産学官連携センター	主催	香川県	産総研 四国センター
54	2011.9.27	つくば発イノベーション第16回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
55	2011.9.29～2011.9.30	工業ナノ材料の特性評価・リスク評価手法に関する国際シンポジウム	(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)	協力	東京都	ニューピアホール アジュール竹芝
56	2011.10.5	第6回 糖鎖産業技術フォーラム「疾患関連糖鎖バイオマーカーの迅速検出システムの開発と実用化」	糖鎖産業技術フォーラム(GLIT)[バイオインダストリー協会、(独)産総研 糖鎖医工学研究センター]	主催	神奈川県	パシフィコ横浜
57	2011.10.5	第13回福祉技術シンポジウム	産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会 医療福祉技術分科会、(独)産総研	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
58	2011.10.6	第8回 産総研・新技術セミナー	(独)産総研	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
59	2011.10.11	ミナマル3DIC ファブ開発研究会 第2回開発会議	(独)産総研 九州産学官連携センター	主催	福岡県	八重洲博多ビル
60	2011.10.14	第113回産学官交流研究会 博多セミナー（二金会）	(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、九州経済産業局、(財)九州産業技術センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
61	2011.10.19	岩見沢市民大学講演会	岩見沢市教育委員会	その他	北海道	岩見沢自治体ネットワークセンター
62	2011.10.20	北九州学術研究都市第11回産学連携フェア「ものづくり力 IT化セミナー」	(独)産総研	主催	福岡県	北九州学術研究都市 産学連携センター
63	2011.10.25	NIMS-AIST (NRI) 計測・計算シミュレーション合同ワークショップ	(独)産総研 ナノシステム研究部門	主催	茨城県	産総研つくばセンター中央 共用講堂
64	2011.10.26	ACGG-DB 2nd Meeting	(独)産総研 糖鎖医工学研究センター	主催	中国・上海	中国科学院 上海有機化学研究所
65	2011.10.28	2011年度オレオマテリアル部会（関東支部）セミナー	日本油化学会・オレオマテリアル部会	その他	東京都	東京理科大学 森戸記念館
66	2011.11.2	日本情報地質学会シンポジウム「空間モデリングによる地質情報の利活用」	日本情報地質学会	共催	東京都	秋葉原ダイビル
67	2011.11.4	第20回日本 NCSLI 技術フォーラム	非営利団体 日本 NCSLI	後援	東京都	東京都大田区産業プラザ Pio
68	2011.11.4	第20回産総研コンソーシアム持続性木質資源工業技術研究会	(独)産総研コンソーシアム持続性木質資源工業技術研究会、(社)日本木材学会 木材の化学加工研究会	主催	愛知県	ポートメッセなごや
69	2011.11.7～2011.11.9	The 9th Asian Geothermal Symposium 第9回アジア地熱シンポジウム	(独)産総研 地圏資源環境研究部門(GREEN)、韓国地質資源研究所(KIGAM)、日本地熱学会(GRSJ)	主催	鹿児島県	メディポリス指宿天珠の館
70	2011.11.7	AIST 計測・診断システム協議会第9回プラズマ技術研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会プラズマ技術研究会	主催	福岡県	かんぼの宿 柳川
71	2011.11.8	産技連技術向上支援事業普及講習会	産業技術連携推進会議 東北地域部会	共催	宮城県	宮城県産業技術総合センター
72	2011.11.9	第9回 産総研・新技術セミナー	(独)産総研	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
73	2011.11.10	日本音響学会関西支部聴覚基礎理論談話会 2011年第5回例会	日本音響学会関西支部	協賛	大阪府	産総研 関西センター
74	2011.11.11	応力発光による構造体の新しい診断技術フォーラム2011International Forum on Mechanoluminescence and Novel Structural Health Diagnosis 2011	(独)科学技術振興機構、(独)産総研、九州大学	共催	福岡県	福岡国際会議場
75	2011.11.15～2011.12.14	深部地質環境研究コア研究発表会概要調査の調査・評価項目に関する技術資料-概要調査段階に必要な調査項目と結果の妥当性判断-	(独)産総研 深部地質環境研究コア	主催	東京都	秋葉原 UDX 南ウイング
76	2011.11.15	産総研本格研究ワークショップ	(独)産総研	主催	北海道	ホテル札幌ガーデンパレス

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
77	2011.11.16~2011.11.17	NEDO 糖鎖プロジェクト成果報告会 —CC(複合糖質)、GG(糖鎖遺伝子)、 SG(構造解析)、MG(機能活用)— 「20年におよぶ NEDO 糖鎖プロジェ クトの集大成 ～かくして日本は糖鎖 研究をリードしてきた」	(独)産総研 糖鎖医学研究センタ ー、バイオテクノロジー開発技術 研究組合	主催	東京都	ベルサール八重洲
78	2011.11.18	IEC TC65 技術講演会 2011	IEC/TC65国内委員会、(独)産総研	共催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
79	2011.11.18	第一回サービス研究合同ワークショッ プ	SRII Japan Chapter	共催	京都府	京都大学 吉田キ ャンパス
80	2011.11.21	第5回「さつき」講習会 モデル検査 (SMV) 編	組込みシステム産業振興機構、 (独)産総研 関西産学官連携センタ ー 組込みシステム技術連携研究体	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
81	2011.11.25	第2回つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano) 公開シンポジウム—動き 出したオープンイノベーションハブ—	つくばイノベーションアリーナナ ノテクノロジー拠点運営最高会議	共催	東京都	芝浦工業大学 豊 洲キャンパス
82	2011.11.29	産総研九州センター福岡サイト移転記 念セミナー	(独)産総研 水素材料先端科学研 究センター、九州センター	主催	福岡県	九州産業技術セン ター
83	2011.11.30~2011.12.1	産総研環境・エネルギーシンポジウム シリーズ第3回メタンハイドレート総合 シンポジウム (CSMH-3)	(独)産総研 メタンハイドレート研 究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
84	2011.12.1	第10回 産総研・新技術セミナー	(独)産総研	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
85	2011.12.2	第114回産学官交流研究会 博多セミナ ー (二金会)	(独)産総研 九州センター、(独)中 小企業基盤整備機構 九州支部、九 州経済産業局、(財)九州産業技術 センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備 機構 九州支部
86	2011.12.7	-FIRST Outreach Program- International Symposium on SiC Power electronics 2011-Challenges for Ultrahigh-Voltage Power Devices-	(独)産総研 先進パワーエレクトロ ニクス研究センター	主催	愛知県	名古屋ルーセント タワー
87	2011.12.7	再生可能エネルギーへの期待と展望 (第6回再生可能エネルギー世界展示会 併催カンファレンス産総研セッション)	(独)産総研	主催	千葉県	幕張メッセ
88	2011.12.9	第115回産学官交流研究会 博多セミナ ー (二金会)	(独)産総研 九州センター、(独)中 小企業基盤整備機構 九州支部、九 州経済産業局、(財)九州産業技術 センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備 機構 九州支部
89	2011.12.13	AIST 計測・診断システム研究協議会第5 回有機エレクトロニクス研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センタ ー 計測・診断システム研究協議会 有機エレクトロニクス研究会	共催	福岡県	リファレンス 駅東 ビル
90	2011.12.15	第2回プラズマ医療・健康産業シンポジ ウム	(独)産総研 エネルギー技術研究部 門、糖鎖医学研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
91	2011.12.16~2012.2.15	ナノ炭素材料革命への挑戦—新世 代(ナノ炭素構造体からナノ炭素材料 へ)に向けて—	(独)産総研 ナノテクノロジー・材 料・製造分野研究企画室	主催	東京都	東京ビッグサイト
92	2011.12.19	安心安全電磁環境シンポジウム2011	産総研コンソーシアム安心安全電 磁環境研究会、(独)産総研	共同主 催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
93	2011.12.20	AIST 計測・診断システム研究協議会第9 回精密加工プロセス研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センタ ー 計測・診断システム研究協議会 精密加工プロセス研究会、KITEC 次世代パワーデバイス/LED のマイ クロファブリケーション技術に関 する調査研究会	主催	福岡県	リファレンス 博多 駅ビル
94	2012.1.12	地質調査総合センター第18回シンポジ ウム地質学で読み解く巨大地震と将来 の予測—どこまでわかったか—	(独)産総研 地質調査総合センター	主催	東京都	秋葉原ダイビル
95	2012.1.20	第116回産学官交流研究会 博多セミナ ー (一金会)	(独)産総研 九州センター、(独)中 小企業基盤整備機構 九州支部、九 州経済産業局、(財)九州産業技術 センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備 機構 九州支部
96	2012.1.23	第14回連携大学院産学官交流セミナー	(独)産総研 九州センター、佐賀大 学	共催	佐賀県	産総研 九州セン ター
97	2012.1.24	第4回技能継承フォーラム(理研シンポ ジウム:「ものづくり技能継承の現状と 展望」)	(独)理化学研究所 基幹研究所 大 森素形材工学研究室	協賛	埼玉県	理化学研究所 和 光研究所
98	2012.1.26~2012.1.27	計量標準総合センター2011年度成果発 表会	(独)産総研 計量標準総合センター (NMIJ)	主催	茨城県	産総研 つくばセン ター中央

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
99	2012.1.27	第8回メタンハイドレート研究アライアンス講演会浅層型メタンハイドレートの産状と物性	(独)産総研 メタンハイドレート研究センター	主催	北海道	産総研 北海道センター
100	2012.1.30	「ものづくり力向上 IT 化セミナー in 広島」－画期的な製造業の生産管理 IT 化と現場入力作業の革命－	(独)産総研 中国センター、中国経済産業局	主催	広島県	広島市工業技術センター
101	2012.1.31	産総研本格研究ワークショップ in 中部「次世代自動車への産総研の挑戦」	(独)産総研	主催	愛知県	メルパルク NAGOYA
102	2012.1.31	第3回次世代ユビキタス・パワーエレクトロニクスのための信頼性科学ワークショップ	北九州市	共催	東京都	発明会館ホール
103	2012.1.31	出前講義：東北地方太平洋沖地震でわかったことと今後の地震への備えについて	住友共同電力(株)新居浜一水会 住友グループの技術者集団	協力	愛媛県	住友共同電力(株)本社
104	2012.2.2	第4回産総研ナノシステム連携促進フォーラム～先端ナノテク材料を広範な産業に活用するために～	(独)産総研 ナノシステム研究部門	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
105	2012.2.8	川崎市知的財産シンポジウム&知的財産交流会	川崎市	協力	神奈川県	川崎市産業振興会館
106	2012.2.9	次世代ナノテクフォーラム2012	(独)産総研 関西センター、産業技術連携推進会議 近畿地域部会 ナノテクノロジー分科会	主催	大阪府	千里ライフサイエンスセンター
107	2012.2.9	産総研本格研究ワークショップ in 鹿児島	(独)産総研 九州センター	主催	鹿児島県	ホテル ウェルビユーかごしま
108	2012.2.10	第117回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、(財)九州産業技術センター	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
109	2012.2.13	第7回 UBIQEN フォーラム 高度自然光利用技術－新たな自然エネルギー利用に向けて－	(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
110	2012.2.16	知財ポートフォリオ形成モデルの構築成果報告会	名古屋大学、名古屋工業大学、(独)産総研	主催	愛知県	ウイנקあいち
111	2012.2.17	化学物質の安全管理に関するシンポジウム－新しい化学物質等のリスク問題へのアプローチ	化学物質の安全管理に関するシンポジウム実行委員会	共催	東京都	三田共用会議所
112	2012.2.21	産業技術総合研究所 技術普及講演会	(独)産総研 中部センター、(財)北陸産業活性化センター	主催	石川県	IT ビジネスプラザ武蔵
113	2012.2.22	AIST 計測・診断システム研究協議会第10回精密加工プロセス研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会精密加工プロセス研究会、KITEC 次世代パワーデバイス/LED のマイクロファブリケーション技術に関する調査研究会	共催	福岡県	リファレンス駅東ビル
114	2012.2.22	健康工学研究部門 研究発表会	(独)産総研 健康工学研究部門	主催	大阪府	産総研 関西センター
115	2012.2.25	第4回わくわくサイエンススクール～ロボット編2～	(財)つくば科学万博記念財団	後援	茨城県	つくばエキスポセンター
116	2012.2.27	平成23年度 計測・診断システム研究協議会 出前シンポジウム in 大分	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会	主催	大分県	大分県産業科学技術センター
117	2012.2.27	高専・産総研研究交流会 in 釧路	(独)国立高等専門学校機構釧路工業高等専門学校、(独)産総研	主催	北海道	釧路工業高等専門学校
118	2012.2.28	第6回「さつき」講習会 モデル検査(SMV) 編	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	愛知県	名古屋市工業研究所
119	2012.2.29	出前講義：東海地震予知の現状と東北地方太平洋沖地震から学ぶこと	静岡市議会	協力	静岡県	静岡市役所
120	2012.3.2	第118回産学官交流研究会 博多セミナー(一金会)	九州経済産業局、(独)産総研 九州センター、(独)中小企業基盤整備機構 九州支部、(財)九州産業技術センター、(社)九州ニュービジネス協議会	共催	福岡県	中小企業基盤整備機構 九州支部
121	2012.3.5	名古屋大学－産業技術総合研究所 連携・協力協定 記念講演会	名古屋大学、(独)産総研	主催	愛知県	レセプションハウス名古屋通信会館
122	2012.3.6	ミニマル3DIC ファブ開発研究会 第1回講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会 ミニマル3DIC ファブ開発研究会	共催	福岡県	リファレンス駅東ビル
123	2012.3.6	中国地域産総研技術セミナー in 島根	(独)産総研、中国経済産業局、島根県産業技術センター	主催	島根県	テクノアークしまね

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
124	2012. 3. 12	産総研コンソーシアム「計測・診断システム研究協議会」平成23年度食品・バイオテクノロジー技術研究会講演会	(独)産総研コンソーシアム 計測・診断システム研究協議会 食品・バイオテクノロジー技術研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
125	2012. 3. 13	第10回プラズマ技術研究会講演会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会 プラズマ技術研究会	主催	福岡県	リファレンス駅東ビル
126	2012. 3. 14	高専・産総研研究交流会 in 函館	函館工業高等専門学校、(独)産総研	主催	北海道	函館工業高等専門学校
127	2012. 3. 14	-FIRST Outreach Program- International Symposium on Development of Core Technologies for Green Nanoelectronics	(独)産総研 ナノエレクトロニクス研究部門 連携研究体グリーン・ナノエレクトロニクスセンター	主催	東京都	日本科学未来館
128	2012. 3. 23	クリエイティブ産業活性化ワークショップ～デジタルコンテンツでクリエイターとユーザをつなぐ～	(独)産総研 臨海副都心センター	主催	東京都	東京都立産業技術研究センター
129	2012. 3. 26	第8回インスペクション技術研究会	(独)産総研 九州産学官連携センター 計測・診断システム研究協議会 インスペクション技術研究会	主催	大分県	ソフィアホール

事業組織・本部組織業務

1. 主催行事（共同主催を含む）

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2011. 5. 18	Clayteam 平成23年度総会及び第5回Clayteam セミナー	(独)産総研 コンパクト化学システム研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
2	2011. 5. 23	GIC 平成23年度総会および特別講演会	(独)産総研 東北センター グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム(GIC)	主催	宮城県	仙台商工会議所
3	2011. 5. 23	第2回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
4	2011. 5. 31	第27回産総研サイエンスカフェ「巨大地震と津波～過去を知り未来を測る～」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
5	2011. 6. 3	「食と健康」医農工連携人材育成事業（連続講座） in SHIKOKU	(独)産総研 四国センター 健康ものづくり研究会	主催	香川県	四国経済産業局
6	2011. 6. 27～2011. 8. 29	2011年度組込み適塾	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
7	2011. 6. 28～2011. 6. 29	2011年産業技術総合研究所中部センター研究発表会	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 中部センター
8	2011. 6. 28～2011. 6. 29	産業技術総合研究所中部センターオープンラボ2011	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 中部センター
9	2011. 6. 29～2011. 7. 1	第10回国際バイオ EXPO バイオ アカデミック フォーラム第10回バイオテクノロジー国際会議	リード エグジビション ジャパン(株)	主催	東京都	東京ビッグサイト
10	2011. 7. 8	第27回産総研サイエンスカフェ「レアアースを確保せよ！資源探査の最前線」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェベルガ
11	2011. 7. 12	NSP 科学セミナー～ きたるべき地震を知り備える ～	(独)産総研 中部センター、(財)名古屋都市振興公社 研究推進部	主催	愛知県	名古屋市サイエンス交流プラザ
12	2011. 7. 13	GIC 第24回研修セミナー	(独)産総研 東北センター グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム(GIC)	主催	宮城県	産総研 東北センター
13	2011. 7. 15	「さつき」講習会ご案内モデル検査(SPIN)編	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	大阪府	産総研 関西センター
14	2011. 7. 20	地域イノベーション創出 in おかやま2011（中国地域産学官コラボレーション会議）～知の拠点からの産業創出を目指して～	中国経済連合会、広島大学、中国経済産業局、(独)産総研中国センター	共同主催	岡山県	岡山コンベンションセンター
15	2011. 7. 20～2011. 9. 25	地質標本館 夏の特別展「世界石紀行」	(独)産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
16	2011. 7. 20	第1回仙台まちなかサイエンス	(独)東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
17	2011. 7. 23	産総研つくばセンター 一般公開	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター
18	2011. 7. 25	第3回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
19	2011. 7. 25	連携千社の会インテレクチュアルカフェ&ラボツアー in 関西センター「スマートグリッドの今後」	(産総研) 連携千社の会	主催	大阪府	産総研 関西センター
20	2011. 8. 5	「食と健康」医農工連携人材育成事業（連続講座） in SHIKOKU 開催のご案内	(独)産総研 四国センター 健康ものづくり研究会	主催	愛媛県	コミュニティプラザ
21	2011. 8. 6	産業技術総合研究所中部センター一般公開（なごや・サイエンス・ひろば）	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	なごやサイエンスパーク
22	2011. 8. 6	産業技術総合研究所北海道センター一般公開	(独)産総研 北海道センター	主催	岩手県	産総研 北海道センター
23	2011. 8. 6	九州センター一般公開	(独)産総研 九州センター	主催	佐賀県	産総研 九州センター
24	2011. 8. 17	第2回まちなかサイエンス	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
25	2011. 8. 20	地質標本館夏休みイベント 石をみがいてみよう!!	(独)産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
26	2011. 8. 20	平成23年度 独立行政法人産業技術総合研究所東北センター一般公開	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北センター
27	2011. 8. 23	第4回「光ネットワーク超低エネルギー化技術拠点」シンポジウム	(独)産総研	主催	東京都	秋葉原コンベンションホール
28	2011. 8. 23	独立行政法人産業技術総合研究所四国センター一般公開	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
29	2011. 8. 25	計算機言語談話会(CLC)8月第1回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
30	2011. 8. 26	地質標本館 夏休み化石クリーニング体験教室	(独)産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
31	2011. 8. 26	ジオネットワークつくば主催第22回サイエンスカフェテーマ:「これからの食の供給と農地利用の実態ー人工衛星の画像から見える世界の農業ー」	ジオネットワークつくば	主催	茨城県	エキスポセンター内 レストラン滝
32	2011. 8. 26	スマートグリッドってなんだろう? 将来のエネルギー供給システムについて考える	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
33	2011. 8. 27	地球何でも相談	(独)産総研 地質標本館	主催	茨城県	産総研 地質標本館
34	2011. 9. 1~2011. 9. 2	東北センター 3コンソーシアム合同セミナー (GIC, Clayteam, TCAST)	(独)産総研 東北センター グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム (GIC)、Clayteam、TCAST (東北分析・計測科学技術コンソーシアム)	主催	宮城県	産総研 東北センター
35	2011. 9. 1	第6回 Clayteam セミナー	(独)産総研 コンソーシアム Clayteam (コンパクト化学システム研究センター)	主催	宮城県	産総研 東北センター
36	2011. 9. 5~2011. 9. 7	組込み適塾 実践演習コース 実践的モデル検査	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
37	2011. 9. 6	産総研 サービス工学シンポジウム サービス工学基盤技術の導入と普及への戦略	(独)産総研 サービス工学研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
38	2011. 9. 6~2011. 11. 13	つくば サイエンス・インフォメーションセンター「サイエンス・スクエア つくば」特別展	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	つくばサイエンス・インフォメーションセンター
39	2011. 9. 7	分析展2011/科学機器展2011 JAIMA コンファレンス:分析機器世界情勢とフロンティア技術	(独)産総研 計測フロンティア研究部門、標準・計測分野研究企画室	主催	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
40	2011. 9. 8	機能的食品・化粧品ビジネスマッチング in 札幌2011	経済産業省北海道経済産業局、札幌市、北海道バイオ産業クラスター・フォーラム、(財)北海道科学技術総合振興センター、(独)産総研 北海道センター	主催	北海道	札幌パークホテル
41	2011. 9. 9	分析展2011/科学機器展2011 JAIMA コンファレンス「放射線計測の信頼性」ワークショップ	(独)産総研 計量標準総合センター (NMIJ)	主催	千葉県	幕張メッセ 国際会議場
42	2011. 9. 9~2011. 10. 21	組込み適塾 実践演習コース デザインリカバリ&リファクタリング	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
43	2011. 9. 10~2011. 9. 11	地質情報展 2011 みとー未来に活かそう 大地の鳴動ー	(独)産総研地質調査総合センター、(社)日本地質学会、茨城大学	主催	茨城県	堀原運動公園 武道館
44	2011. 9. 12~2011. 9. 28	組込み適塾 実践演習コース 実践的クラス設計 (Android)	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西センター
45	2011. 9. 12	産総研講演会「セラミックス分散系の科学II」	(独)産総研 先進製造プロセス研究部門 電子セラミックプロセス研究グループ	主催	愛知県	名古屋駅前イノベーションハブ
46	2011. 9. 21~2011. 9. 22	第10回産学官連携推進会議	(独)産総研、内閣府、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省、(社)日本経済団体連合会、日本学術会議、(独)科学技術振興機構、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、(独)日本学術振興会、(独)情報通信研究機構、(独)理化学研究所、(独)物質・材料研究機構、(独)工業所有権情報・研修館、(独)宇宙航空研究開発機構、(独)海洋研究開発機構、(独)日本原子力研究開発機構	主催・ 出展	東京都	東京国際フォーラム
47	2011. 9. 21	「第12回広島大学・産総研パイオラスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
48	2011. 9. 26	第4回インテレチュアル・カフェ	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
49	2011. 9. 27	第4回「さつき」講習会 モデル検査 (SPIN) 編	組込みシステム産業振興機構、(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	大阪府	産総研 関西センター
50	2011. 9. 27	産総研仙台まちなかサイエンス (第3回)	(独)産総研 東北サテライト	主催	宮城県	産総研 東北サテライト

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
51	2011.10.3~2011.10.4	産業技術総合研究所 太陽光発電工学 研究センター成果報告会 (旧太陽光 発電研究センター第7回成果報告会)	(独)産総研	主催	茨城県	つくば国際会議場
52	2011.10.3	「食と健康」医農工連携人材育成事 業(連続講座) in SHIKOKU	(独)産総研 四国センター 健康もの づくり研究会	主催	徳島県	徳島県立工業技術 センター
53	2011.10.5~2011.10.26	組込み適塾 実践演習コース 実践的 テスト設計	組込みシステム産業振興機構、(独) 産総研 関西センター	主催	大阪府	産総研 関西セン ター
54	2011.10.13~2011.10.14	産総研オープンラボ	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター
55	2011.10.19	第4回まちなかサイエンス	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
56	2011.10.20	第3回産総研マグネシウムシンポジウ ム(次世代ものづくり基盤技術産業 展・TECH Biz EXPO2011 併催シンポ ジウム)	(独)産総研 中部センター サステナ ブルマテリアル研究部門、名古屋国 際見本市委員会	主催	愛知県	ポートメッセなご や
57	2011.10.21	第30回 産総研サイエンスカフェ 「iPS 細胞が描く未来社会 これから の再生医療への期待と課題」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
58	2011.10.24	第6回産総研レアメタルシンポジウム	(独)産総研 レアメタルタスクフォ ース	主催	東京都	石垣記念ホール
59	2011.10.26	GIC 第26回研修セミナー	(独)産総研 東北センター グリーン プロセスインキュベーションコンソ ーシアム(GIC)	主催	宮城県	産総研 東北セン ター
60	2011.10.28	「第13回広島大学・産総研バイオマ スオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主 催	広島県	JST イノベーション プラザ
61	2011.10.28	一般公開 中国センター(広島中央サイ エンスパーク 施設公開 2011)	広島中央サイエンスパーク研究交流 推進協議会	共同主 催	広島県	産総研 中国セン ター 他広島中央 サイエンスパーク 内各施設
62	2011.11.2	ー日本を元気にする産業技術 インテ レクチャルカフェー「産業競争力を リードする先端ものづくり技術 in 多 摩地区」	(独)産総研 連携千社の会、日本を 元気にする産業技術会議	主催	東京都	八王子文化会館
63	2011.11.7	フラウンホーファーIPA・産総研関西 センター連携記念シンポジウム	(独)産総研 関西センター フラウン ホーファーIPA	主催	大阪府	ブリーゼタワー
64	2011.11.7~2011.11.8	第7回 Clayteam セミナー/The 2nd International Symposium on Advanced Composite Materials	(独)産総研 コンソーシアム Clayteam(コンパクト化学システ ム研究センター)	主催	東京都	産総研 臨海副都 心センター
65	2011.11.8~2011.11.9	産総研ものづくり支援ツール普及セ ミナーin 岐阜ー切削加工(データベ ース利用法・トピックス等)ー	(独)産総研	主催	岐阜県	岐阜県機械材料研 究所、じゅうろく プラザ(岐阜市文化 産業交流センター)
66	2011.11.9~2011.11.12	中部地域公設研テクノフェア2011	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	名古屋市国際展示 場(ポートメッセ なごや) メッセナ ゴヤ2011
67	2011.11.9~2011.11.11	水素エネルギー先端技術展2011	福岡水素エネルギー戦略会議、経済 産業省九州経済産業局、福岡県、北 九州市、福岡市、九州大学、(独)産 総研、(独)新エネルギー・産業技術 総合開発機構 NEDO 九州支部、 (財)西日本コンベンション協会	主催	福岡県	西日本総合展示場
68	2011.11.17	平成23年度 九州・沖縄 産業技術オ ープンデー	(独)産総研 九州センター、九州経 済産業局	主催	佐賀県	産総研 九州セン ター、鳥栖市民文 化会館
69	2011.11.18	仙台まちなかサイエンス(第5回) 安 全、安心 暮らしのセミナー	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテ ライト
70	2011.11.18	「第14回広島大学・産総研バイオマ スオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主 催	広島県	産総研 中国セン ター
71	2011.11.21	第5回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研四国センター	主催	香川県	産総研 四国セン ター
72	2011.11.22	「フェムト秒光技術の展開」シンポ ジウム	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセ ンター中央
73	2011.11.27	サイエンスカフェ 『スーパー植物研 究最前線』~植物を支配する小さな ブレーキとアクセルとは?~	(独)産総研 生物プロセス研究部門	主催	東京都	リバネスカフェ& ダイニング
74	2011.11.28	ものづくり力向上 IT 化セミナーin 中 部ー画期的な製造業の生産管理 IT 化 と現場入力作業の革命ー	名古屋市工業研究所、(独)産総研	主催	愛知県	名古屋市工業研究 所
75	2011.11.28	産総研本格研究ワークショップ in 四 国	(独)産総研	主催	香川県	ホテルニューフロ ンティア

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
76	2011.11.28	計算機言語談話会(CLC)11月第1回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
77	2011.11.29	つくば発イノベーション第17回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
78	2011.12.2	計算機言語談話会(CLC)12月第1回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
79	2011.12.2	「食と健康」医農工連携人材育成事業(連続講座) in SHIKOKU 第4回講座	(独)産総研 四国センター 健康ものづくり研究会	主催	高知県	高知県工業技術センター
80	2011.12.5	シンポジウム 新材料で構成する快適建築空間ー3.11を契機として改めて考えるー	環境ハーモニック建築部材研究会、(独)産総研 サステナブルマテリアル研究部門	主催	東京都	三会堂ビル石垣記念ホール
81	2011.12.6	APMP2011シンポジウム「ナノテクノロジーと材料の計量・計測」 in 神戸 APMP2011 SYMPOSIUM 「Nanotechnology and material metrology」 in KOBE	(独)産総研 計量標準総合センター(NMIJ/AIST)、アジア太平洋計量計画(APMP)	主催	兵庫県	神戸国際会議場
82	2011.12.9	第3回 AIST-NIMS 計測シンポジウム「グリーンイノベーションに資する先端計測・分析技術」	(独)産総研 計測フロンティア研究部門	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
83	2011.12.9	計算機言語談話会(CLC)12月第2回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
84	2011.12.12	産総研本格研究ワークショップ in 東広島	(独)産総研 中国センター	主催	広島県	サタケメモリアルホール(広島大学構内)
85	2011.12.13	第10回地圏資源環境研究部門成果報告会	(独)産総研 地圏資源環境研究部門	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
86	2011.12.13~2011.12.14	産総研ものづくり支援ツール普及セミナー in 愛知ー産総研の溶接データベースから学ぶ溶接の技能・各種材料の溶接ー	(独)産総研 共催 愛知県産業技術研究所、愛知工研協会	主催	愛知県	愛知県産業労働センター(ウイングあいち)、愛知県産業技術研究所
87	2011.12.13	エネルギー技術シンポジウム 2011特集 “今後のエネルギーシステム再構築に向けた研究開発の役割”	(独)産総研、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	東京国際交流館 プラザ平成
88	2011.12.15	JST イノベーションサテライト徳島研究成果報告会	(独)科学技術振興機構 JST イノベーションサテライト徳島	主催	徳島県	徳島大学 長井記念ホール
89	2011.12.16	「第15回広島大学・産総研パイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	広島大学 工学部
90	2011.12.16	GIC 第27回研修セミナー	(独)産総研 東北センター グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム(GIC)	主催	宮城県	TKP 仙台カンファレンスセンター 4階
91	2011.12.17~2011.12.18	科学・技術フェスタ in 京都 2011	内閣府、総務省、文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、環境省、(独)科学技術振興機構、(独)情報通信研究機構、(独)日本学術振興会、(独)理化学研究所、(独)物質・材料研究機構、(独)宇宙航空研究開発機構、(独)海洋研究開発機構、(独)日本原子力研究開発機構、(独)産総研、(独)国立高等専門学校機構、京都府、京都市、京都商工会議所、国立京都国際会館、日本学術会議、関西経済連合会、世界化学年2011日本委員会、稲盛財団	主催	京都府	国立京都国際会館
92	2011.12.18	仙台まちなかサイエンス(第6回) 盛岡出前「宮沢賢治の地的世界」(環境学習交流センター 土日環境学習講座)	(独)産総研 東北センター、環境学習交流センター	主催	青森県	環境学習交流センター
93	2011.12.21~2011.12.21	CLC: 計算機言語談話会(CLC)12月第3回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
94	2011.12.22	「高温電子伝導性材料の探索」名大ー産総研 研究講演会	(独)産総研 中部センター	主催	愛知県	産総研 中部センター
95	2011.12.22	計算機言語談話会(CLC)12月第4回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
96	2012.1.10	名古屋工業大学ー産業技術総合研究所 連携・協力協定 記念講演会	名古屋工業大学、(独)産総研	主催	愛知県	レセプションハウス名古屋通信会館
97	2012.1.13	「第16回広島大学・産総研パイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
98	2012.1.16	仙台まちなかサイエンス(第7回)	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
99	2012.1.16	インテレクチャルカフェ「スマートエネルギー社会を支える分散型電源の開発とその利用」	(独)産総研 中部センター、日本を元気にする産業技術会議	主催	愛知県	ウインクあいち
100	2012.1.17	人材育成シンポジウムイノベーションスクール ～若手博士人材が日本を元気にする	(独)産総研 中部センター、日本を元気にする産業技術会議	主催	東京都	日経カンファレンスルーム、日経・大手町セミナーーム2
101	2012.1.19～2012.1.20	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 三重ー産総研の溶接データベースから学ぶ溶接の技能・各種材料の溶接ー	(独)産総研、三重県工業研究所、(財)三重県産業支援センター	主催	三重県	三重県工業研究所、三重県産業支援センター北勢支所(高度部材イノベーションセンター)
102	2012.1.19	平成23年度第2回次世代バイオナノ研究会	四国工業研究会 次世代バイオナノ研究会、(独)産総研 健康工学研究部門、(独)産総研 四国産学官連携センター	主催	香川県	サンポートホール高松
103	2012.1.20	第31回 産総研サイエンスカフェ「もっと使おう地熱エネルギー！ 資源大国ニッポン 地熱利用の可能性」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
104	2012.1.23	第6回インテレクチュアル・カフェ	(独)産総研 四国センター	主催	香川県	産総研 四国センター
105	2012.1.24～2012.1.27	BiWO2011・BioInformatics Week in Odaiba -	(独)産総研 生命情報工学研究センター BiWO2011実行委員会	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
106	2012.1.24	第1回全国組込み産業フォーラム	組込みシステム産業機構、(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	帝国ホテル大阪
107	2012.1.28	ジオネットワークつくば主催第26回サイエンスカフェテーマ：「サイエンスのまわりで人をつなげ！」	(独)産総研 地質標本館アウトリーチ推進グループ、ジオネットワークつくば	主催	茨城県	小田古民家 華の幹
108	2012.1.30～2012.2.15	ナノテクノロジー国際標準化ワークショップナノ材料の定義とその表示方法の現状と課題	(独)産総研 ナノテクノロジー標準化国内審議委員会	主催	東京都	東京ビッグサイト
109	2012.1.31～2012.2.1	第11回 産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会	(独)産総研、産業技術連携推進会議 ライフサイエンス部会 バイオテクノロジー分科会	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
110	2012.2.1～2012.2.2	水素先端世界フォーラム2012	(独)産総研、九州大学、福岡水素エネルギー戦略会議、福岡県	主催	福岡県	グラウンドハイアット福岡、九州大学伊都キャンパス
111	2012.2.1	計算機言語談話会(CLC)2月第1回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
112	2012.2.3	「食と健康」医農工連携人材育成事業(連続講座)in SHIKOKU 第5回講座	(独)産総研四国センター 健康ものづくり研究会	主催	香川県	四国経済産業局
113	2012.2.7	つくば発イノベーション第18回講演会	(独)産総研	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
114	2012.2.9	産総研本格研究ワークショップ in 鹿児島	(独)産総研 九州センター	主催	鹿児島県	ホテル ウェルビューかごしま
115	2012.2.15	連携千社の会 インテレクチャルカフェ「再生医療用細胞製造システムの将来と事業展望」	(独)産総研 連携千社の会	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
116	2012.2.17	ものづくり力向上 IT 化セミナー in 香川	香川県産業技術センター、(独)産総研	主催	香川県	香川県産業技術センター
117	2012.2.17	「第17回広島大学・産総研パイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	広島大学 工学部
118	2012.2.20	計算機言語談話会(CLC)2月第2回	(独)産総研 関西産学官連携センター 組込みシステム技術連携研究体	主催	兵庫県	産総研 関西センター 尼崎支所
119	2012.2.22～2012.2.24	First Workshop of Asia-Pacific Region Global Earthquake and Volcanic Eruption Risk Management 第1回アジア太平洋大規模地震・火山噴火リスク対策ワークショップ	(独)産総研地質調査総合センター	主催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
120	2012.2.22	平成23年度 産総研 環境・エネルギーシンポジウムシリーズ5 21世紀の化学反応とプロセスーオープンイノベーションの新たな展開ー	(独)産総研	主催	茨城県	つくば国際会議場
121	2012.2.22	第1回電子光技術シンポジウム「電子光技術が拓く未来の可能性」ー安全・安心で持続可能な社会の実現に向けてー	(独)産総研 電子光技術研究部門	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
122	2012.2.23	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 石川ー産総研の溶接データベースから学ぶ溶接の技能・各種材料の溶接ー	(独)産総研、石川県工業試験場	主催	石川県	石川県工業試験場
123	2012.2.24	産総研ものづくり支援ツール普及セミナーin 富山ー産総研の溶接データベースから学ぶ溶接の技能・各種材料の溶接ー	(独)産総研共催 富山県工業技術センター、(財)富山県溶接協会	主催	富山県	富山県工業技術センター
124	2012.2.27	仙台まちなかサイエンス(第8回)	(独)産総研東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
125	2012.3.5	第9回つくばWANシンポジウム	(財)国際科学振興財団つくばWAN推進会議	主催	茨城県	筑波大学学生会館
126	2012.3.6	デジタルヒューマン・シンポジウム2012	(独)産総研 デジタルヒューマン工学研究センター	主催	東京都	産総研 臨海副都心センター
127	2012.3.7	平成23年度産総研本格研究ワークショップin 東北	(独)産総研	主催	宮城県	仙台ガーデンパレス
128	2012.3.9	第32回 産総研サイエンスカフェ「温泉地にIT技術!? サービス工学を使った街づくり」	(独)産総研 広報部	主催	茨城県	カフェ ベルガ
129	2012.3.12	平成23年度関西センター本格研究ワークショップ持続可能な低炭素社会へのシナリオー2050年の豊かな日本を若い世代に残すためにー	(独)産総研 関西センター	主催	大阪府	大阪科学技術センター
130	2012.3.13~2012.3.15	第7回 新エネルギー技術シンポジウム	第7回 新エネルギー技術シンポジウム 実行委員会	主催	茨城県	筑波大学 総合研究棟
131	2012.3.16	「第18回広島大学・産総研バイオマスオープンセミナー」	(独)産総研、広島大学	共同主催	広島県	産総研 中国センター
132	2012.3.22	産総研バイオマス研究センター研究成果発表会	(独)産総研 中国センター バイオマス研究センター	主催	広島県	メルパルク広島
133	2012.3.23	第8回ベンチャー開発成果報告会	(独)産総研 ベンチャー開発部	主催	東京都	秋葉原カンファレンスフロア
134	2012.3.23	クリエイティブ産業活性化ワークショップ-デジタルコンテンツでクリエイターとユーザをつなぐ-	(独)産総研 臨海副都心センター	主催	東京都	東京都立産業技術研究センター 東京イノベーションハブ
135	2012.3.27~2012.5.27	サイエンス・スクエア つくば 春の特別展示 「放射線をもっと知ろう」	(独)産総研 広報部 (サイエンス・スクエア つくば)	主催	茨城県	産総研 サイエンス・スクエア つくば
136	2012.3.28	仙台まちなかサイエンス(第10回)	(独)産総研 東北センター	主催	宮城県	産総研 東北サテライト
137	2012.3.30	産総研サイエンスカフェ in 北海道 「次世代エネルギー資源としての可能性~メタンハイドレート~」	(独)産総研 広報部	主催	北海道	産総研 R&B パーク札幌大通サテライト

事業組織・本部組織業務

2. その他参加行事

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
1	2011.4.1～2012.3.31	2011キャンパスベンチャーグランプリ四国 (CVG 四国)	キャンパスベンチャーグランプリ四国実行委員会	後援	大阪府	日刊工業新聞大阪支社 CVG 四国事務局
2	2011.4.7～2012.3.4	『先端技術館@TEPIA』	(財)機械産業記念事業財団	協力	東京都	TEPIA
3	2011.4.18～2011.4.20	第10回国際医薬品原料・中間体展 (CPhI Japan 2011)	CMP ビジネスメディア(株)、(株)化学工業日報社	出展	東京都	東京ビッグサイト
4	2011.5.1～2012.3.31	次世代医療システム産業化フォーラム2011	大阪商工会議所	協力	大阪府	大阪商工会議所他
5	2011.5.22～2011.5.27	日本地球惑星科学連合2011年大会	(社)日本地球惑星科学連合	後援	千葉県	幕張メッセ
6	2011.5.31	長野テクノフォーラム in 東京	(財)長野県テクノ財団	後援	東京都	東京ステーションコンファレンス
7	2011.6.1～2012.3.31	板橋製品技術大賞	東京都板橋区	後援	東京都	板橋区役所
8	2011.6.1～2011.8.31	平成23年度 ニュービジネス助成金	(株)池田泉州銀行	後援	大阪府	株式会社池田泉州銀行
9	2011.6.3	日本ゾルゲル学会第8回セミナー【ゾルゲルテクノロジーの最新展開】	日本ゾルゲル学会	協賛	東京都	東京大学 本郷キャンパス
10	2011.6.4～2011.6.5	知的財産シンポジウム in Tokushima 2011	日本弁理士会、日本弁理士会四国支部、徳島大学	出展	徳島県	徳島大学 常三島キャンパス
11	2011.6.16～2011.6.17	Embedded Technology West 2011/組込み総合技術展 関西	(社)組込みシステム技術協会 Embedded Technology 運営事務局	出展	大阪府	インテックス大阪
12	2011.6.17	「つくば市環境スタイル つくば市節電大会」	つくば市	後援	茨城県	ノバホール
13	2011.6.23～2011.6.25	福岡ナノテク NOW2011	福岡ナノテク推進会議	出展	福岡県	西日本総合展示場
14	2011.6.23	11-1高分子テクノロジー研究会	(社)高分子学会	協賛	東京都	産総研
15	2011.6.24	ジオネットワークつくば主催第21回サイエンスカフェ「もののデザインから『安全』を考える」	ジオネットワークつくば	共催	茨城県	エキスポセンター内「レストラン滝」
16	2011.6.27～2011.6.28	「これからのスーパーコンピューティング技術の展開を考える」シンポジウム	文部科学省内閣府 HPCI コンソーシアム	後援	東京都	東京大学 武田先端ビル
17	2011.6.29～2011.7.1	第2回コスメティクス ジャパン	リード エグジビション ジャパン	出展	東京都	東京ビッグサイト
18	2011.6.30～2011.7.1	第21回環境工学総合シンポジウム 2011	(社)日本機会学会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
19	2011.7.10	学都「仙台・宮城」サイエンスデイ 2011	NPO 法人 natural science	共催	宮城県	東北大学 川内北キャンパス
20	2011.7.12	京都工業会・中小機構連携イノベーション創出交流会	(独)中小企業基盤機構 近畿支部	後援	京都府	京都工業会館
21	2011.7.20～2011.7.22	Power Transmission Expo2011 (パワー・トランスミッションエキスポ 2011)	(社)日本歯車工業会、フジサンケイビジネスアイ	出展	東京都	東京ビッグサイト
22	2011.7.20～2011.7.21	第5回ビジネスマッチングフェア in Hamamatsu 2011	浜松商工会議所、浜松信用金庫	後援・出展	静岡県	アクトシティ浜松
23	2011.7.22～2011.7.24	日本ヒートアイランド学会第6回全国大会	日本ヒートアイランド学会	協賛	茨城県	筑波大学 筑波キャンパス
24	2011.7.26	先進的産学官連携シンポジウム (第3回 大阪大学共同研究講座シンポジウム)	東京大学大学院 工学系研究科、大阪大学大学院 工学研究科	後援	東京都	東京国際フォーラム
25	2011.7.27～2011.7.29	PV Japan 2011	(社)太陽光発電協会 有限会社 セミ・ジャパン	協賛	千葉県	幕張メッセ
26	2011.7.28～2011.7.29	日本ゾルゲル学会第9回討論会	日本ゾルゲル学会	協賛	大阪府	関西大学 千里山キャンパス
27	2011.8.1～2011.8.3	第8回日本加速器学会	日本加速器学会	共催	茨城県	つくば国際会議場
28	2011.8.1～2011.8.7	「機械の日・機械週間」	(社)日本機械学会	後援	大阪府	大阪科学技術センター
29	2011.8.4～2011.8.5	2011サイエンスパーク	北海道、(地独)北海道立総合研究機構	協力	北海道	札幌ファクトリー
30	2011.8.19	北洋銀行ものづくりテクノフェア 2011	北洋銀行	後援	北海道	札幌コンベンションセンター
31	2011.8.26～2011.8.28	おもしろ化学の世界 ワクワク '11 香川化学展	日本化学会中国四国支部	後援	香川県	高松天満屋
32	2011.8.30～2011.9.2	MICONEX2011	中国器械計器学会	出展	中国・北京	中国国際ナショナルエキシビジョンセンター
33	2011.9.1～2012.3.8	第7回キャンパスベンチャーグランプリ北海道	キャンパスベンチャーグランプリ北海道実行委員会	後援	北海道	日刊工業新聞社札幌支局内 CVG 北海道事務局
34	2011.9.1～2012.10.31	第10回キャンパスベンチャーグランプリ中国	キャンパスベンチャーグランプリ中国実行委員会	後援	広島県	広島市内ホテル

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
35	2011.9.1～2012.2.10	第7回キャンパスベンチャーグランプリ東北	キャンパスベンチャーグランプリ東北実行委員会	後援	宮城県	日刊工業新聞社
36	2011.9.5～2011.9.9	第9回 全日本学生フォーミュラ大会ーものづくり・デザインコンペティションー	(社)自動車技術会	協賛	静岡県	小笠山総合運動公園(エコパ)
37	2011.9.6	電子情報通信学会 医用画像研究会(M1)	電子情報通信学会 医用画像研究会 専門委員会	後援	茨城県	産総研 つくばセンター中央
38	2011.9.6	“知”と“地”の協奏 地域貢献をめざす 高知発の科学技術 ～JSTイノベーションサテライト高知 研究成果報告会～この国難と未来に向けて、我々は何を考え行動するべきか	(独)科学技術振興機構 JST イノベーションサテライト高知	後援	高知県	高知新阪急ホテル
39	2011.9.7～2011.9.9	『分析展2011/科学機器展2011』合同展	(社)日本分析機器工業会、日本科学機器団体連合会	後援・ 出展	千葉県	幕張メッセ
40	2011.9.8～2011.9.9	全地連「技術フォーラム2011」京都	(社)全国地質調査業協会連合会	協賛	京都府	京都テルサ
41	2011.9.14	広島市立大学リエゾンフェスタ2011	広島市立大学	後援	広島県	広島市まちづくり市民交流プラザ
42	2011.9.14	平成23年度 産業創出講演会	(財)ちゅうごく産業創造センター	後援	広島県	ホテルグランヴィア広島
43	2011.9.16～2011.10.23	国際陶磁器フェスティバル美濃 '11	国際陶磁器フェスティバル美濃実行委員会	協賛	岐阜県	セラミックパークMINO
44	2011.9.20	2011 ミストサイエンス&テクノロジーシンポジウム	ミストサイエンス&テクノロジー研究会	後援	東京都	産総研 臨海副都心センター
45	2011.9.21	第27回 産学官交流のつどい	福島県電子機械工業会、福島県中小企業団体中央会	後援	福島県	ウェディングエルティ
46	2011.9.27	TOKYO 産学公連携合同フォーラム2011	東京産学公ネットワーク会議(独)産総研、首都大学東京、中央大学、電気通信大学、東海大学、東京海洋大学、東京商工会議所、東京都中小企業振興公社、東京農工大学、東京理科大学、東京都立産業技術研究センター、栃木県産業技術センター、学校法人日本医科大学、日本大学 等)	出展	東京都	秋葉原ダイビル
47	2011.9.29～2011.10.1	第2回日本ジオパーク全国大会洞爺湖有珠山大会	第2回日本ジオパーク洞爺湖有珠山大会組織委員会	後援	北海道	洞爺湖文化センター
48	2011.9.30	筑波大学地球学類主催第1回ジオカフェ・ジオネットワークつくば共催第23回サイエンスカフェ「石から探る筑波山の過去ー石や鉱物からわかることとは？」	ジオネットワークつくば	共催	茨城県	レストラン滝
49	2011.10.4	四国食品健康フォーラム2011～四国地域の素材を活用した新商品開発のヒント～	四国地域イノベーション創出協議会	後援	徳島県	あわぎんホール 徳島県郷土文化会館
50	2011.10.4～2011.10.8	CEATEC JAPAN シーテック ジャパン 2011	CEATEC JAPAN 実施協議会	出展	千葉県	幕張メッセ
51	2011.10.5～2011.10.7	BioJapan2011 World Business Forumーバイオジャパン2011 バイオ成長戦略で世界を変える オープンイノベーションで成長をつかめー	BioJapan 組織委員会	後援	神奈川県	パシフィコ横浜
52	2011.10.5	「トーゴの日シンポジウム2011～ライフサイエンス分野のデータベース統合の“カタチ”を探る～」	(独)科学技術振興機構	共催	東京都	日本科学未来館
53	2011.10.7～2011.10.8	岩手県工業技術センター一般公開同時開催 産総研・巡回サテライト事業	(地独)岩手県工業技術センター	出展	岩手県	岩手県工業技術センター
54	2011.10.8～2011.10.10	筑波大学 雙峰祭2011 地球学類企画 あなたの頭の中の“つくば”は本物ですか? 「わっ! つくば -What's Tsukuba?」	筑波大学地球学類	共催	茨城県	筑波大学第二エリア第二食堂
55	2011.10.9～2011.10.11	第2回日中大学フェア&フォーラム	(独)科学技術振興機構	後援	東京都	池袋サンシャインシティ 文化会館
56	2011.10.12～2011.10.14	電気自動車開発技術展(EVEX)2011	電気自動車開発技術展実行委員会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜
57	2011.10.12～2011.10.14	国際セラミックス総合展2011	(株)日刊工業新聞社	後援	東京都	東京ビッグサイト
58	2011.10.12～2011.10.14	クリーン発電&スマートグリッドフェア(CSF)2011	クリーン発電&スマートグリッドフェア実行委員会	協賛	神奈川県	パシフィコ横浜
59	2011.10.14	電気化学学会関東支部・第47回学際領域セミナー	(社)電気化学学会 関東支部	協賛	東京都	産総研 臨海副都心センター
60	2011.10.14	長野国際ナノワークショップ in 諏訪	(財)長野県テクノ財団	後援	長野県	RAKO 華乃井ホテル

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
61	2011.10.17	第44回ナノビズマッチ	(社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京グリーンパレス
62	2011.10.18	つくばイノベーションアリーナ(TIA) ナノグリーン ワークショップ	(独)物質・材料研究機構	後援	東京都	学術総合センター講堂(一ツ橋記念講堂)
63	2011.10.19~2011.10.21	第11回産学連携フェア	北九州学術研究都市産学連携フェア実行委員会(財)北九州産業学術推進機構(FAIS)	出展	福岡県	北九州学術研究都市
64	2011.10.19~2011.10.21	粉体工業展大阪2011	(社)日本粉体工業技術協会	後援	大阪府	インテックス大阪
65	2011.10.19~2011.10.21	サイエンスエキスポ関西2011	(株)日本工業新聞社	後援	大阪府	インテックス大阪
66	2011.10.20~2011.10.21	バイオマスエキスポ2011	バイオマスエキスポ実行委員会	後援	東京都	東京ビッグサイト
67	2011.10.20	APPIE 産学官連携フェア2011シーズのニーズのマッチングー粉の技術ー	(社)日本粉体工業技術協会	後援	大阪府	大阪アカデミア
68	2011.10.20~2011.10.21	北陸技術交流テクノフェア2011	技術交流テクノフェア実行委員会	後援	福井県	福井県産業会館
69	2011.10.21	地質リスクマネジメント事例研究発表会	(社)全国地質調査業協会連合会	協賛	東京都	飯田橋レインボーホール
70	2011.10.21	経済産業省委託事業「キッズデザイン製品開発支援事業」企業経営者との意見交換〜子ども視点による社会デザインの実現に向けて〜	NPO 法人キッズデザイン協議会	共催	東京都	東海大学校友会館
71	2011.10.22~2011.10.23	つくば産業フェア〜この秋、とっておきのイベント!つくば市最大級の産業の祭典〜第8回つくば産業フェア&農産物フェア2011	つくば産業フェア実行委員会つくば市/つくば市商工会	出展	茨城県	つくばカピオ
72	2011.10.24~2011.10.26	第24回国際超伝導シンポジウム(ISS 2011)	(財)国際超伝導産業技術研究センター	後援	東京都	タワーホール船堀
73	2011.10.26~2011.10.28	東京国際航空宇宙産業展2011	東京都、(株)東京ビッグサイト	出展	東京都	東京ビッグサイト
74	2011.10.26~2011.10.28	産業交流展2011	東京都、東京商工会議所、東京都商工会議所連合会、東京都商工会連合会、東京都中小企業団体中央会、(株)東京ビッグサイト、(公財)東京都中小企業振興公社、(地独)東京都立産業技術研究センター	出展	東京都	東京ビッグサイト
75	2011.10.27~2011.10.28	第49回全国繊維技術交流プラザ	全国繊維工業技術協会	後援	岡山県	岡山後楽園 鶴鳴館
76	2011.10.27	復興支援マッチング商談会	徳島県、(公財)とくしま産業振興機構	後援	徳島県	アスティとくしま
77	2011.10.28	防災・日本再生シンポジウム「濃尾地震から120年ーその教訓を振り返るー」	名古屋大学、日本活断層学会、(社)国立大学協会	後援	愛知県	名古屋大学豊田講堂
78	2011.10.28	筑波大学地球学類主催第1回ジオカフェ・ジオネットワークつくば共催第24回サイエンスカフェテーマ:「地球温暖化とヒートアイランドーつくば市の環境を考えるー」	筑波大学地球学類	共催	茨城県	つくばエキスポセンター内「レストラン滝」
79	2011.10.29	第1回筑波宇宙フロンティアフォーラム	筑波大学システム情報工学研究科	後援	茨城県	筑波大学
80	2011.10.29~2011.10.30	あいち少年少女創意くふう展2011	名古屋市商工会議所	後援	愛知県	トヨタテクノロジーミュージアム 産業技術記念館
81	2011.10.29~2011.10.30	いしかわ夢未来博2011	いしかわ「夢」未来博2011 実行委員会、北國新聞社	出展	石川県	石川県産業展示館
82	2011.11.1	平成23年度イノベーションコーディネータ表彰	(独)科学技術振興機構	後援	宮城県	宮城県・仙台市
83	2011.11.1~2012.6.29	イノベーションネットアワード2012 地域産業支援プログラム表彰事業	全国イノベーション推進機関ネットワーク	後援	東京都	全国イノベーション推進機関ネットワーク
84	2011.11.4	「地域産業資源活用マッチング2011」	(財)東京都中小企業振興機構	後援	東京都	東京都産業労働局 秋葉原庁舎
85	2011.11.4	計測標準フォーラム第9回講演会	計測標準フォーラム(参加団体・機関 FAA CERi JAB JSA JQA JMIF JAMP JARM JCCLS JEMIMA JEMA JEITA JTM JEMIC NCSLI-J JMCT JEMCA NMIJ NITE TRA)	協賛	東京都	大田区産業プラザ(PiO)
86	2011.11.4~2011.11.6	おおさき産業フェア2011(うち、1ブースを巡回サテライト宮城)	おおさき産業フェア実行委員会	その他	宮城県	宮城県大崎合同庁舎
87	2011.11.7	第6回日中韓ロボット研究者交流ワークショップ	NPO 法人 日中産学官交流機構	共催	福岡県	北九州国際会議場

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
88	2011.11.8~2011.11.10	仙台マイクロナノ国際フォーラム2011	東北大学、フラウンホーファー研究機構、フラウンホーファー日本代表部、(独)産総研 東北センターGIC、MEMS パークコンソーシアム、仙台市	共催	宮城県	江陽グランドホテル
89	2011.11.9~2011.11.11	日本地熱学会平成23年学術講演会	日本地熱学会	協賛	鹿児島県	メディポリス指宿
90	2011.11.9~2011.11.12	2011国際ロボット展	(社)日本ロボット工業会、日刊工業新聞社	出展	東京都	東京ビッグサイト
91	2011.11.9~2011.11.11	中小企業総合展 JISMEE 2011	(独)中小企業基盤整備機構	後援・出展	千葉県	幕張メッセ
92	2011.11.10~2011.11.11	ビジネス EXPO「第25回 北海道 技術・ビジネス交流会」	北海道 技術・ビジネス交流会実行委員会	後援	北海道	アクセスサッポロ
93	2011.11.10~2011.11.11	第25回北海道技術・ビジネス交流会	北海道技術・ビジネス交流会実行委員会	出展	北海道	アクセス札幌
94	2011.11.11	中四国環境ビジネスネット (B-net) フォーラム2011	岡山県、(財)岡山県産業振興財団	後援	岡山県	メルパルク OKAYAMA
95	2011.11.12~2011.11.13	第5回つくば3E フォーラム会議	筑波大学	後援	茨城県	つくばカピオ
96	2011.11.12~2011.11.13	つくば市科学フェスティバル2011	つくば市、つくば市教育委員会	出展	茨城県	つくばカピオ
97	2011.11.15~2011.11.16	つくばチャレンジ	(財)ニューテクノロジー振興財団	共催	茨城県	つくばセンター中央公園周辺の公道
98	2011.11.15~2011.11.15	「第7回日独産業フォーラム2011」	ドイツ貿易・投資振興機構	後援	東京都	ホテルオークラ東京
99	2011.11.16~2011.11.17	第28回太陽光発電システムシンポジウム	(社)太陽光発電協会	協賛	東京都	KFC ホール
100	2011.11.16~2011.11.18	計測展 2011 TOKYO	(社)日本電気計測器工業会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
101	2011.11.16~2011.11.18	7th Asian DME Conference	日本 DME フォーラム	後援	新潟県	朱鷺メッセ
102	2011.11.16~2011.11.21	環境・ものづくり未来セミナーin 札幌	(地独)北海道立総合研究機構 産業技術研究本部	後援	北海道	札幌サンブラザ
103	2011.11.17	第12回ビジネスフェア from TAMA	西武信用金庫、(社)首都圏産業活性化協会	出展	東京都	新宿 NS ビル
104	2011.11.17~2011.11.19	第15回いたばし産業見本市	いたばし産業見本市実行委員会	出展	東京都	板橋区立東板橋体育館
105	2011.11.18	国際標準化セミナー「工業製品・産業システムにおける、安全・安心へ向けての最新動向と国際標準化活動」	(社)計測自動制御学会	共催	東京都	産総研臨海副都心センター
106	2011.11.18~2011.11.20	第13回西日本国際福祉機器展	西日本国際福祉機器展実行委員会、(財)西日本産業貿易コンベンション協会	出展	福岡県	西日本総合展示場
107	2011.11.18	京都産学公連携フォーラム2011	京都工芸繊維大学、京都産業大学、京都大学、京都府立医科大学、京都府立大学、同志社大学、立命館大学、龍谷大学、京都府、京都市、京都商工会議所、(社)京都工業会	後援	京都府	京都工業会館
108	2011.11.18~2011.11.20	サイエンスアゴラ2011	(独)科学技術振興機構	共催	千葉県	日本科学未来館、産総研・臨海センター、都立産業技術研究センター等
109	2011.11.18~2011.11.20	第32回マイクロマウス大会	(財)ニューテクノロジー振興財団	共催	茨城県	つくばカピオ
110	2011.11.22	平成23年度中国地域公設試験研究機関功績者表彰事業	(財)ちゅうごく産業創造センター	後援	広島県	ちゅうごく産業創造センター
111	2011.11.22	NEDO 技術フォーラム in 近畿(2011)~省エネ技術への取組み、次世代高効率照明の現状と展望~	(独)新エネルギー・産業技術開発機構 関西支部	協賛	大阪府	国民会館住友生命ビル
112	2011.11.23~2011.11.26	第28回日韓国際セラミックスセミナー-The 28th International Ceramic Seminar	第28回日韓国際セラミックスセミナー組織委員会	共催	岡山県	岡山コンベンションセンター
113	2011.11.24~2011.11.25	Design Engineering Workshop 2011	(社)日本機械学会	共催	佐賀県	産総研九州センター
114	2011.11.29~2011.11.30	「第33回風力エネルギー利用シンポジウム」	(財)日本科学技術振興財団、(社)日本風力エネルギー学会	後援	東京都	科学技術館
115	2011.11.29~2011.11.30	アジア光触媒標準化会議	(社)日本ファインセラミックス協会	後援	東京都	メルパルク東京
116	2011.11.30	第45回ナノビズマッチ	(社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京グリーンパレス
117	2011.11.30~2011.12.2	「The 11th Asian BioCeramics Symposium in conjunction with The 22nd Symposium on Apatite」	(独)物質・材料研究機構	共催	茨城県	物質・材料研究機構

事業組織・本部組織業務

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
118	2011.12.1	1DCAE 公開シンポジウム	(社)日本計算工学会	共催	東京都	東京都立産業技術研究センター
119	2011.12.4	科学フェスタ in ITAKO	潮来市、潮来市教育委員会、潮来市商工会、潮来市文化協会	出展	茨城県	潮来市立日の出中学校
120	2011.12.5~2011.12.7	第6回再生可能エネルギー世界展示会	再生可能エネルギー協議会	共催	千葉県	幕張メッセ
121	2011.12.5~2011.12.6	第37回(2011年)感覚代行シンポジウム	感覚代行研究会	共催	東京都	産総研 臨海副都心センター
122	2011.12.6	元気 TOHOKU ものづくりシンポジウム	経済産業省東北経済産業局、東北イノベーション・ネットワーク会議	出展	宮城県	ホテルメトロポリタン仙台
123	2011.12.7	第24回基礎工学研究科産学交流会	大阪大学 大学院基礎工学研究科	共催	大阪府	大阪大学基礎工学国際棟
124	2011.12.7~2011.12.9	セミコンジャパン2011	セミジャパン	出展	千葉県	幕張メッセ
125	2011.12.9	オープン・イノベーション・シンポジウム in 四国	四国経済産業局	後援	香川県	サンメッセホール
126	2011.12.9~2011.12.10	2011アグリビジネス創出フェア in 北海道	NPO 法人グリーンテクノバンク、農林水産省	後援	北海道	サッポロファクトリー
127	2011.12.12	第4回 大阪大学共同研究講座シンポジウム	大阪大学	後援	大阪府	大阪大学中之島センター
128	2011.12.13~2011.12.14	ビジネス・エンカレッジ・フェア 2011~東日本大震災からの復興今、日本の力をひとつに~	池田泉州ホールディングス 池田泉州銀行	出展	大阪府	大阪国際会議場(グランキューブ大阪)
129	2011.12.20	JST イノベーションサテライト徳島研究シーズ発表会 in 香川	(独)科学技術振興事業 JST イノベーションサテライト徳島	後援	香川県	サンメッセ香川
130	2011.12.23~2011.12.25	第12回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会	(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門	協賛	京都府	京都大学 吉田キャンパス
131	2011.12.24	きのくにロボットフェスティバル 2011	きのくにロボットフェスティバル 2011実行委員会	協賛	和歌山県	御坊市立体育館
132	2012.1.13	TX テクノロジー・ショーケース in つくば2012	(財)茨城県科学技術振興財団、つくばサイエンス・アカデミー、つくば国際会議場	共催	茨城県	つくば国際会議場
133	2012.1.16	平成23年度 第5回先導技術交流会	(社)研究・産業技術振興協会	後援	東京都	機械振興会館
134	2012.1.18~2012.1.20	第2回クルマの軽量化技術展	リード エグジビション ジャパン(株)	出展	東京都	東京ビッグサイト
135	2012.1.25	産学官連携フェア2012winter みやぎー復興に向けて 研究成果発表・交流の集い	(財)みやぎ産業振興機構	共催	宮城県	仙台国際センター
136	2012.1.25	札幌市経済界フォーラム	(財)さっぽろ産業振興財団、札幌市	後援	北海道	京王プラザホテル札幌
137	2012.1.27	インテレクチャル・カフェ広島	中国地域産学官コラボレーション会議	共催	広島県	ひろしまハイビル 21
138	2012.1.27	第4回北海道地区高専テクノ・イノベーションフォーラム	(独)国立高等専門学校機構函館工業高等専門学校、苫小牧工業高等専門学校、釧路工業高等専門学校、旭川工業高等専門学校	後援	北海道	ガーデンシティ札幌
139	2012.1.31	先端加工技術講演会「白色 LED に関わる精密加工技術の最前線」	(財)先端加工機械技術振興協会	後援	東京都	日本工業大学 神田キャンパス
140	2012.2.2	平成23年度 産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会 合同研究発表会	産業技術連携推進会議 ナノテクノロジー・材料部会、製造プロセス部会	共催	茨城県	産総研 つくばセンター中央
141	2012.2.3~2012.2.5	第一回国際技術学カンファレンス in 長岡	第一回国際技術学カンファレンス in 長岡 実行委員会	後援	新潟県	長岡技術科学大学
142	2012.2.7	蓄電池ビジネス創出フォーラム in 関西	(財)関西情報・産業活性化センター	後援	大阪府	追手門学院大阪城スクエア
143	2012.2.7	第5回 つくば産学連携促進市 in アキバ	つくば市	出展	東京都	秋葉原ダイビル
144	2012.2.9	第7回つくばビジネスマッチング会	つくば研究支援センター	出展	東京都	三井物産本社
145	2012.2.10~2012.2.11	川崎国際環境技術展2012	川崎国際環境技術展実行委員会	出展	神奈川県	川崎市とどろきアリーナ
146	2012.2.14	第4回かがわ糖質バイオフォーラムシンポジウム	かがわ糖質バイオフォーラム、(財)かがわ産業支援財団	後援	香川県	かがわ国際会議場
147	2012.2.15~2012.2.17	nano tech 2012 第11回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議	nano tech 実行委員会	後援・出展	東京都	東京ビッグサイ
148	2012.2.15	第46回ナノビズマッチ	(社)ナノテクノロジービジネス推進協議会	協賛	東京都	東京ビッグサイト
149	2012.2.15	「県内5金融機関との連携による“茨城ものづくり企業交流会2012”」	(社)茨城県経営者協会	後援	茨城県	水戸京成ホテル
150	2012.2.15	第6回企業情報交換会 in いちのせき	(財)岩手県南技術研究センター、一関商工会議所、両磐インダストリアルプラザ、栗原市企業連絡協議会、(財)東北活性化研究センター	後援	岩手県	ベリーノホテル一関

産業技術総合研究所

	開催日	名称	主催等名称	産総研との かかわり	開催地	
					会場都道府県	会場名
151	2012. 2. 16	「健康と環境」ビジネス創出セミナー	(社)バイオビジネス創出研究会	後援	滋賀県	北ビワコホテルグ ラッセ
152	2012. 2. 22	Japan Venture Award 2012	(独)中小企業基盤整備機構	後援	東京都	六本木アカデミー ヒルズ
153	2012. 2. 24	第7回光応用新産業創出フォーラム	(社)応用物理学会 分科会 日本光 学会	協賛	東京都	慶應義塾大学 三 田キャンパス
154	2012. 1. 24	組込み産業活性化フォーラム in Kansai	(財)関西情報・産業活性化センタ ー	協力	大阪府	帝国ホテル大阪
155	2012. 2. 29	第296回塑性加工シンポジウム「板鍛 造技術の進化と将来展望」	(社)日本塑性加工学会	協賛	東京都	産総研 臨海副都 心センター
156	2012. 2. 29	元素戦略／希少金属代替材料開発 ＜第6回合同シンポジウム＞	(独)新エネルギー・産業技術総合 開発機構	後援	東京都	東京大学 安田講 堂
157	2012. 3. 1～2012. 3. 3	第5回としまものづくりメッセ	としまものづくりメッセ実行委員 会	後援	東京都	サンシャインシテ ィ展示場
158	2012. 3. 5～2012. 3. 6	革新的太陽光発電国際シンポジウム 2012	東京大学先端科学技術研究センタ ー	共催	東京都	東京大学 先端科 学技術研究センタ ー
159	2012. 3. 5	第9回つくばWANシンポジウム	(財)国際科学振興財団	共催	茨城県	筑波大学
160	2012. 3. 8	LED照明国際標準化シンポジウム	NPO 法人LED照明推進協議会	後援	東京都	東京ビッグサイト
161	2012. 3. 15	「東北大学イノベーションフェア 2012 in 東京」	東北大学	後援	東京都	東京国際フォーラ ム
162	2012. 3. 15～2012. 3. 18	応用物理学会・併設展示会	応用物理学会	出展	東京都	早稲田大学
163	2012. 3. 18～2012. 4. 1	東日本大震災365日展	筑波都市整備(株)	後援	茨城県	つくばクレオスク エア
164	2012. 3. 22	先進医用ブタの開発と前臨床研究拠 点形成プロジェクトテーマ「ブタの 医用動物への展開」 第2回公開シン ポジウム	鹿児島大学	後援	鹿児島県	鹿児島大学 郡元 キャンパス内
165	2012. 3. 25～2012. 3. 27	第4回日本地学オリンピック大会本選	地学オリンピック日本委員会	共催	茨城県	産総研 つくばセ ンター中央
166	2012. 3. 27	共同研究のパートナーづくりと事業 化に向けてー技術研究組合50周年シ ンポジウムー	経済産業省	出展	東京都	ペルサー半蔵門

3) 見 学

平成23年度見学視察対応数（ユニット別）

部 署	総 計
バイオマス研究センター	19
水素材料先端科学研究センター	225
新燃料自動車技術研究センター	50
メタンハイドレート研究センター	49
コンパクト化学システム研究センター	33
先進パワーエレクトロニクス研究センター	22
太陽光発電工学研究センター	91
ユビキタスエネルギー技術研究部門	75
環境管理技術研究部門	49
環境化学技術研究部門	22
エネルギー技術研究部門	121
安全科学研究部門	16
糖鎖医工学研究センター	14
生命情報工学研究センター	18
バイオメディシナル情報研究センター	75
幹細胞工学研究センター	18
健康工学研究部門	125
生物プロセス研究部門	56
バイオメディカル研究部門	16
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	86
特許生物寄託センター	12
情報セキュリティ研究センター	4
ネットワークフォトンクス研究センター	4
デジタルヒューマン工学研究センター	58
ナノスピントロニクス研究センター	5
サービス工学研究センター	11
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	67
知能システム研究部門	187
情報技術研究部門	50
ナノエレクトロニクス研究部門	190
電子光技術研究部門	33
ナノデバイスセンター	104
ナノチューブ応用研究センター	43
集積マイクロシステム研究センター	40
先進製造プロセス研究部門	130
サステナブルマテリアル研究部門	103
ナノシステム研究部門	58
ダイヤモンド研究ラボ	19
生産計測技術研究センター	68
計測標準研究部門	189
計測フロンティア研究部門	19
計測標準管理センター	27
活断層・地震研究センター	24
地圏資源環境研究部門	14
地質情報研究部門	15
地質調査情報センター	3
地質標本館	378
地質調査総合センター	1
ライフサイエンス分野研究企画室（ライフサイエンス分野含む）	21
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室（情報通信・エレクトロニクス分野含む）	29

産業技術総合研究所

部 署	総 計
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室（情報通信・エレクトロニクス分野含む）	20
環境・エネルギー分野研究企画室（環境・エネルギー分野含む）	25
地質分野研究企画室（地質分野含む）	18
標準・計測分野研究企画室（標準・計測分野含む）	7
北海道センター	87
東北センター	17
つくばセンター	5
東京本部	1
臨海副都心センター	81
中部センター	52
関西センター	117
中国センター	84
四国センター	10
九州センター	14
企画本部（理事等含む）	152
イノベーション推進本部	360
研究環境安全本部	9
総務本部	15
評価部	3
広報部 サイエンス・スクエア つくば	238
総 計	4,374

Ⅲ. 資 料

Ⅲ. 資 料

従来の工業技術院年報で大部分を占めていた研究発表、特許登録などのデータは、産業技術総合研究所年報からは、研究ユニット別の成果等にて記載している。これらのデータは、産業技術総合研究所公式ホームページ (<http://www.aist.go.jp/>) データベースにて提供されている。

資料

1. 研究発表

ユニット名 (合計)	誌上	口頭	著書	地球	計量	ソフト	DB	イベント	プレス	合計
理事(7)	2	5	0	0	0	0	0	0	0	7
顧問(1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
企画本部(11)	3	4	4	0	0	0	0	0	0	11
評価部(11)	2	7	1	1	0	0	0	0	0	11
環境安全管理部(3)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
男女共同参画室(2)	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
広報部(7)	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
特許生物寄託センター(7)	6	1	0	0	0	0	0	0	0	7
国際標準推進部(2)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
情報セキュリティ研究センター(154)	73	74	3	0	0	0	0	4	0	154
バイオマス研究センター(116)	39	72	5	0	0	0	0	0	0	116
水素材料先端科学研究センター(146)	41	105	0	0	0	0	0	0	0	146
糖鎖医工学研究センター(178)	29	133	9	0	0	0	4	2	1	178
新燃料自動車技術研究センター(134)	55	70	5	0	0	0	0	4	0	134
生命情報工学研究センター(196)	58	126	5	0	0	2	0	3	2	196
生産計測技術研究センター(226)	56	140	7	0	0	0	0	21	2	226
バイオメディシナル情報研究センター(154)	56	92	3	0	0	0	0	0	3	154
ナノチューブ応用研究センター(270)	63	189	12	0	0	0	0	4	2	270
ネットワークフォトンクス研究センター(112)	48	63	0	0	0	0	0	0	1	112
活断層・地震研究センター(305)	42	207	27	11	0	0	0	18	0	305
メタンハイドレート研究センター(117)	50	64	1	0	0	0	0	2	0	117
コンパクト化学システム研究センター(258)	75	172	3	0	0	0	0	8	0	258
ナノスピントロニクス研究センター(100)	23	73	3	0	0	0	0	0	1	100
幹細胞工学研究センター(66)	18	44	2	0	0	0	0	1	1	66
デジタルヒューマン工学研究センター(191)	87	98	3	0	0	0	0	2	1	191
集積マイクロシステム研究センター(236)	106	125	2	0	0	0	0	3	0	236
先進パワーエレクトロニクス研究センター(109)	28	75	6	0	0	0	0	0	0	109
フレキシブルエレクトロニクス研究センター(240)	56	162	1	0	0	0	0	14	7	240
太陽光発電工学研究センター(295)	92	189	10	0	0	0	0	3	1	295
計測標準研究部門(1120)	358	528	28	0	184	0	0	21	1	1,120
地圏資源環境研究部門(583)	152	336	57	11	0	0	0	25	2	583
知能システム研究部門(474)	159	262	6	0	4	0	0	40	3	474
計測フロンティア研究部門(543)	155	356	14	0	0	0	0	16	2	543
ユビキタスエネルギー研究部門(643)	155	436	30	0	0	0	0	17	5	643
先進製造プロセス研究部門(1014)	322	621	30	0	0	0	0	37	4	1,014
サステナブルマテリアル研究部門(446)	135	260	10	0	5	0	0	33	3	446
地質情報研究部門(798)	184	471	26	69	0	0	5	42	1	798
環境管理技術研究部門(508)	120	326	26	0	1	0	1	30	4	508
環境化学技術研究部門(296)	80	201	11	0	0	0	0	4	0	296
エネルギー技術研究部門(804)	270	496	28	0	1	0	0	5	4	804
情報技術研究部門(404)	168	211	6	0	0	0	0	17	2	404
安全科学研究部門(358)	114	199	31	0	0	2	6	6	0	358
バイオメディカル研究部門(445)	146	268	14	0	0	0	0	14	3	445
健康工学研究部門(664)	264	354	25	0	0	2	0	17	2	664
ヒューマンライフテクノロジー研究部門(724)	253	389	36	0	6	0	0	40	0	724
ナノシステム研究部門(1161)	284	791	31	0	1	0	0	42	12	1,161
生物プロセス研究部門(392)	106	258	16	0	0	0	0	10	2	392

産業技術総合研究所

ユニット名 (合計)	誌上	口頭	著書	地球	計量	ソフト	DB	イベント	プレス	合計
電子光技術研究部門(485)	150	299	9	0	0	0	0	24	3	485
ナノエレクトロニクス研究部門(363)	133	216	1	0	0	0	0	4	9	363
社会知能技術研究ラボ(47)	19	26	1	0	0	0	0	0	1	47
ダイヤモンド研究ラボ(63)	12	45	1	0	0	0	0	5	0	63
フェロー(12)	6	6	0	0	0	0	0	0	0	12
情報通信・エレクトロニクス分野(2)	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
ナノデバイスセンター(56)	15	40	0	0	0	0	0	0	1	56
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室(5)	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
地質分野研究企画室(11)	2	4	1	1	0	0	0	3	0	11
地質標本館(113)	16	34	2	15	0	0	1	45	0	113
地質調査情報センター(4)	0	0	0	1	0	0	2	1	0	4
計量標準管理センター(18)	6	1	0	0	6	0	0	5	0	18
サービス工学研究センター(312)	161	143	4	0	0	0	0	4	0	312
イノベーション推進本部(7)	0	5	1	0	0	0	0	1	0	7
イノベーション推進企画部(10)	5	5	0	0	0	0	0	0	0	10
つくばイノベーションアリーナ推進部(3)	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
研究環境安全本部(7)	2	4	1	0	0	0	0	0	0	7
研究環境安全企画部(1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
情報環境基盤部(1)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
人事部(1)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ダイバーシティ推進室(1)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
つくばセンター(11)	4	6	1	0	0	0	0	0	0	11
北海道センター(2)	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
東北センター(3)	2	0	0	0	0	0	0	1	0	3
臨海副都心センター(3)	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
中部センター(12)	4	5	3	0	0	0	0	0	0	12
関西センター(32)	8	8	1	0	0	0	0	15	0	32
四国センター(5)	1	4	0	0	0	0	0	0	0	5
計	5,085	9,919	566	109	210	6	19	621	86	16,621

資 料

2. 兼 業

平成23年度兼業一覧

所属\依頼元	教育機関	国・地方	公益法人	民間企業	総計
情報セキュリティ研究センター	6	3	6	5(1)	20(1)
バイオマス研究センター	4			1	5
水素材料先端科学研究センター			1	2	3
糖鎖医工学研究センター	4	1	2	4	11
新燃料自動車技術研究センター	3			1	4
生命情報工学研究センター	8	1	8	2	19
生産計測技術研究センター	4	1	3	1(1)	9(1)
バイオメディシナル情報研究センター	2	3	6	1	12
ナノチューブ応用研究センター	1				1
ネットワークフォトニクス研究センター	1				1
サービス工学研究センター	5	1	5	2(3)	13(3)
活断層・地震研究センター	3	1	6	1	11
幹細胞工学研究センター	4		5		9
集積マイクロシステム研究センター	3			1	4
コンパクト化学システム研究センター	2	1	3	2(1)	8(1)
先進パワーエレクトロニクス研究センター	1			1	2
デジタルヒューマン工学研究センター	9	1	6	1(1)	17(1)
ナノスピントロニクス研究センター			1		1
太陽光発電工学研究センター	2		9	1	12
フレキシブルエレクトロニクス研究センター	1	2		1(1)	4(1)
計測標準研究部門	21	4	10	2(1)	37(1)
地圏資源環境研究部門	7	5	9	1	22
知能システム研究部門	42	1	7	12(4)	62(4)
計測フロンティア研究部門	3		6		9
ユビキタスエネルギー研究部門	12	2	11	4(1)	29(1)
先進製造プロセス研究部門	24	9	9	7(1)	49(1)
サステナブルマテリアル研究部門	8	1	6	1(1)	16(1)
地質情報研究部門	9	3	10	(1)	22(1)
環境管理技術研究部門	5	10	44	3	62
環境化学技術研究部門	13	3	7		23
エネルギー技術研究部門	12	3	43	8	66
情報技術研究部門	16	10	13	13(2)	52(2)
安全科学研究部門	16	13	33	13(1)	75(1)
健康工学研究部門	9	2	14	1(1)	26(1)
生物プロセス研究部門	10	5	14	3	32
バイオメディカル研究部門	10	6	21	6	43
ヒューマンライフテクノロジー研究部門	34	5	26	6(2)	71(2)
ナノシステム研究部門	30	3	14	1(2)	48(2)
ナノエレクトロニクス研究部門	4		3	8(1)	15(1)
電子光技術研究部門	4	5	14	(4)	23(4)
社会知能技術研究ラボ	2		9	1(2)	12(2)
ダイヤモンド研究ラボ	1		1		2
地域センター	2	7	16	5	30
本部組織・事業組織・その他	31	29	30	10	100
合計	388	141	431	132 (32)	1092(32)

() 内は役員兼業の数を示している

3. 中期目標

独立行政法人産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）は、平成13年4月に旧工業技術院の研究所等16の機関を統合し、一つの独立行政法人として発足した。その後、平成17年4月に非公務員型独立行政法人に移行した。

上記の措置の実施により、多岐にわたる分野の研究者集団の融合が進められるとともに、柔軟で機動的な組織運営や予算執行、産業界、大学との人材交流等が可能となった。

現下の産業技術を巡る状況を見れば、地球温暖化、少子高齢化といった地球規模の課題が顕在化する中で、こうした課題の解決の鍵として、戦略的なイノベーションを推進し、それにより新たな需要を創造することが重要となっている。政府は、今後10年間を見据えて新たな成長戦略を策定・実行し、我が国の強みを活かした「課題解決型国家」を実現することとしている。そのため世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」などを迅速に推進し、課題の解決とともに、アジアと連携した成長を実現していくこととしている。また、産総研はこれまで以上に機動的かつ効率的な業務運営を実現し、民間では困難な研究開発活動を一層効果的に実施することが求められている。

このような状況の下、イノベーションによる課題解決と新たな成長の実現に向けて、産総研の業務である鉱工業の科学技術に関する研究開発等の重要性は高まっており、なかでも、基礎的な研究と開発的な研究との間をつなぐ橋渡し研究の意義は一層増している。第1期中期目標期間（平成13～16年度）及び第2期中期目標期間（平成17～21年度）における実績を踏まえつつ、第3期中期目標期間においては、こうした観点から産総研が業務や組織のさらなる見直しと重点化を進め、経済と環境の両立、国民生活向上等への研究開発による貢献、新たなイノベーションシステムの構築、イノベティブな人材養成の推進、新時代の産業基盤の整備等、国際的な展開も含めた新たなイノベーションを創出していくための活動を戦略的かつ効率的に実施すること等を通じ、世界トップに立つ研究機関を目指していくことが期待される。

I. 中期目標の期間

産総研の平成22年度から始まる第3期における中期目標の期間は、5年（平成22年4月～平成27年3月）とする。

II. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

- (1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」の推進
- ・グリーン・イノベーションについて、太陽光発電、蓄

電池、次世代自動車、ナノ材料、情報通信システムの低消費電力化等の技術開発を加速化する。また、第3期中期目標期間中に実用化の可能性が高い技術について、重点的に取り組む。太陽光発電等の新規技術の性能や信頼性に係る評価技術の開発を推進する。

- ・ライフ・イノベーションについて、産総研の有する高度なものづくり技術を最大限に活用し、創薬、再生医療、遠隔医療システム、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。また、ロボットの性能・安全性評価技術を重点的に開発する。
 - ・上記の技術開発においては、要素技術の開発にとどまらず、技術のシステム化及びその社会への導入のために必要な研究開発もあわせて推進する。
- (2) 他国の追従を許さない先端技術開発の推進
- ・産業競争力の維持、強化のために必要な情報通信技術、材料・部材技術、製造プロセス技術等に関する革新的な技術開発を行う。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

(1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

- ・地域センターは、バイオものづくり、蓄電池等地域の産業集積等を踏まえて研究分野を重点化し、国内最高水準の研究開発を推進する。
- ・地域センターは、各地域で重点化した分野において、企業の研究人材を積極的に受け入れ、共同研究を効率的に推進する。

(2) 中小企業への技術支援・人材育成の強化

- ・中小企業が行う研究開発から生まれた製品の実証試験・性能評価等を支援し、その事業化を促進する。そのため、産総研の設備等の供用、公設試験研究機関等との連携等を積極的に行う。
- ・中小企業との共同研究、技術相談等の件数を増大させる。
- ・共同研究を通じて、中小企業の研究者を積極的に受け入れる。また、技術研修等を通じ、先端的な技術開発等に対応できる中小企業の人材の育成を推進する。

3. 産業や社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

- ・ナノスケール等の高度な計測ニーズや新素材の安全性評価等に応えるため、計量標準の高度化、新規標準物質の提供等を行う。
- ・資源エネルギーの安定供給の確保、防災等のため、地質調査を行うとともに、従来に比してより詳細な地質図の作成等を行う。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

- ・研究開発によって得られた新規技術の社会への普及に不可欠な性能及び安全性の評価について、民間企業とのコンソーシアム等を活用しつつ、評価技術の開発、

基準の作成を推進する。そのため、産総研内に性能及び安全性評価の推進を主務とする組織を設置する。

- ・開発した性能及び安全性評価技術の標準化を進めるとともに、蓄積した技術や知見等について民間認証機関への移転を推進する。
 - ・環境配慮素材の物性等の性能・安全性のデータベースの整備を推進する。
- (3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開
- ・研究開発プロジェクトの企画の段階から、標準化を見据えたものとし、国際標準化の提案を拡大する。我が国の提案の実現に向け、国際標準化を検討する国際会議等への専門家の派遣数を拡大する。
 - ・環境技術やその性能、信頼性に係る評価技術等の分野について、アジア諸国等の評価機関等との技術協力を行うとともに、可能な分野において国際標準化に向けた共同作業を行う。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

- ・ナノテクノロジー、太陽光発電、蓄電池、ロボット等の分野において、つくばセンターや地域センターの研究環境を整備すること等を通じて産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材を結集し、世界をリードする研究開発を推進する。あわせて、施設や設備の外部利用、共同研究時の知的財産の保有に関するルール作り等を行う。
- ・世界トップに立つ研究機関を目指し、論文数の拡大を推進するとともに、その論文の被引用数に基づく世界ランキングの向上を実現する。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

- ・燃料電池、バイオ燃料の技術等のクリーン・エネルギー技術分野における米国の国立研究所との間の共同研究等を推進し、国際的な人材交流、研究テーマの拡大を実施する。
- ・バイオマス等において、アジア諸国等の研究機関との間で、現地における実証、性能評価に関する研究協力等を拡大する。

(3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

- ・産総研を通じてポストドク等の研究人材を共同研究の相手先企業に派遣すること等により、若手研究者の能力向上や就職の機会を拡大する。
- ・企業の研究人材の受入れや産総研研究者の企業への派遣等、人材交流を拡大する。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産の対象を重点化するため、知的財産の取得や管理に係る方針を策定

する。

- ・円滑な技術移転を実現するため、知的財産権の対価の柔軟化など、管理体制等を見直す。
- (2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援
- ・産総研の研究成果だけでなく、大学、他の研究機関等の成果を組み合わせた事業創出を支援する。事業の円滑な発展のため、産総研職員の企業における兼業等を促進する。
- (3) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化
- ・オープンラボ等を通じた積極的な広報により、研究者や国民に対し産総研の成果を直接アピールする機会を拡大し、認知度を高める。

6. その他

- ・特許庁からの委託による特許生物株の寄託や分譲等の業務等を産業界のニーズや安全性に配慮しつつ効率的に遂行する。
- ・上記1～5を踏まえ、下記の分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。

鉱工業の科学技術 【別表1】

地質の調査 【別表2】

計量の標準 【別表3】

III. 業務運営の効率化

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

- ・運営費交付金を充当して行う事業は、新規に追加されるもの、拡充分等は除外した上で、一般管理費は毎年度3%以上を削減し、業務費は毎年度1%以上を削減する。
- ・総人件費は、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律」(平成18年法律第47号)等に基づき、平成18年度から5年間で5%以上を基本とする削減等の取組を引き続き実施するとともに、「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006」(平成18年7月7日閣議決定)に基づき、人件費改革の取組を平成23年度まで継続する。
- ・一般管理費、諸手当及び法定外福利費について、適正な水準であるか等を含め、不断の確認を行い改善する。
- ・施設管理業務等について、アウトソーシングを推進し、包括契約や複数年度契約の導入等により一層効率化を進める。
- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

(2) 契約状況の点検・見直し

- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」(平成21年11月17日閣議決定)に基づき、契約を徹底的に見直す。
- ・一者応札及び100%落札率の削減等について有識者の意見を踏まえた改善を実施する。

2. 研究活動の高度化のための取組

(1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

- ・外部からの研究評価の結果等を踏まえ、研究組織の改廃等を機動的に実施する。また、研究評価の充実に向け、評価者が研究内容を適切に把握できるように、研究者との意見交換等の機会を拡大する。
- ・「産総研研究戦略」を策定し、研究の重点分野、政策との関係、他の機関との連携強化のための取組等を明らかにし、研究成果の目標等を具体的かつ定量的に示す。
- ・地域センター、産総研イノベーションスクール、専門技術者育成事業、ベンチャー開発センターについては、その成果について確認を行い、最大限の効果が得られるよう改善する。

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

- ・新たな事業所等の設置等については、その必要性や経費の節減に十分配慮する。
- ・研究機器や設備の配置の機動的見直し、外部の者への利用機会の拡大を進める。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

(1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

- ・中長期的な人材の確保及び育成に関する人事戦略を新たに策定する。橋渡し研究等を効果的に実施するため、技術マネージャーの育成など多様なキャリアパスを確立する。
- ・女性研究者の比率を高めるとともに、外国人研究者の受入れを進める。また、定年により産総研を退職する人材の活用を図る。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

- ・職員の評価について、研究活動のみならず、産総研のその他の業務への貢献等を適切に考慮する。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

- ・法令遵守を更に徹底するとともに、役職員のコンプライアンスに関する意識向上のための活動を通じ、産総研の社会的信頼性の維持及び向上を図る。
- ・国民の信頼確保の観点から、情報の公開及び個人情報保護に適正に対応する。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

- ・事故及び災害の未然防止等の安全確保策を推進するとともに、職員の健康に配慮することにより、職員が安心して職務に専念できる職場環境づくりを進める。
- ・研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないよう、適切な対応を進めるとともに、エネルギーの有効利用の促進に取り組む。

IV. 財務内容の改善に関する事項

(1) 運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

- ・運営費交付金を充当して行う事業については、「Ⅲ. 業務運営の効率化に関する事項」で定めた事項に配慮した中期計画の予算を作成し、効率的に運営する。
- ・外部資金の獲得に際して、産総研業務との関係性の審査を行う。また、外部資金を用いた研究活動について、他の研究活動とのバランスが確保できるよう適切に実施する。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

- ・共同研究を通じた民間の研究資金の受入れ、特許使用料、施設利用料等の拡大を進める。

別表1 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

二酸化炭素等の温室効果ガス排出量を削減しつつ、資源・エネルギーの安定供給及び確保を図るグリーン・イノベーションを推進するため、再生可能エネルギーの導入拡大技術、エネルギー供給システムの高度化、運輸、民生、産業部門等における省エネルギーに資する革新的技術開発を行う。また、資源の確保と有効利用とともに、グリーン・イノベーションを支える材料及びデバイスの開発、産業の環境負荷低減や安全性の評価及び管理技術、廃棄物等の発生抑制技術と適正処理技術の開発を行う。

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

低炭素社会の実現に向け、再生可能エネルギー（太陽光発電、バイオマス、風力、地熱等）の有効利用のための技術開発を行う。また、変動を伴う自然エネルギーを利用するための高効率なエネルギーマネジメントシステムの開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

我が国の再生可能エネルギー拡大の大宗を担う太陽光発電の利用拡大のために、発電効率と信頼性の向上のための技術の開発を行う。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

多様な再生可能エネルギーの利用を拡大するため、バイオマス、風力、地熱資源等を有効に利用する技術の開発を行う。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

出力変動の大きな自然エネルギーの大量かつ高効率な利用を可能とするエネルギーマネジメントシステム技術及びそのために必要な要素技術の開発を行う。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

省エネルギー推進による低炭素社会の実現のため、運輸システムの高度化、住宅、ビル、工場の省エネルギー技術及び情報通信の省エネルギー技術の開発を行

- う。
- 2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術
 輸送機械の二酸化炭素排出量の低減に貢献するため、安全かつ低コストで高エネルギー密度化を実現する電池材料、燃料電池自動車用素貯蔵技術、輸送機器の軽量化技術、自動車エンジンシステムの高度化技術、市街地移動システム技術の開発を行う。
- 2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術
 戸建て住宅等の電力設備を効率的に運用し、省エネルギーを実現する電力マネジメント技術の開発を行うとともに、分散型蓄電デバイスの高エネルギー密度化、定置用燃料電池の高効率化技術の開発を行う。また、未利用熱エネルギーの高度利用技術、省エネルギー性能に優れた建築部材及び家電部材の開発を行う。
- 2-(3) 情報通信の省エネルギー技術
 情報通信機器の省エネルギーに貢献するため、電子デバイス、入出力機器の省エネルギー化技術の開発を行う。また、大容量情報伝送技術、情報処理システムの高効率化技術の開発を行う。
3. 資源の確保と高度利用技術の開発
 物質循環型の社会を実現するため、バイオマスからの化学品等の製造技術の開発を行う。また、枯渇性資源の最大活用のために未利用化石資源であるメタンハイドレートの利用技術、石炭の高度利用技術、鉱物資源（レアメタル等）の省使用化、再生及び代替に関する技術の開発を行う。
- 3-(1) バイオマスの利用拡大
 バイオマスから、化学品等を製造するプロセス技術の開発を行う。
- 3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術
 メタンハイドレートから天然ガスを生産するための技術開発及び石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。
- 3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術
 レアメタル等の資源確保に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環評価技術の開発を行うとともに、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別及び回収する技術、レアメタル等の有効利用技術及び代替技術の開発を行う。また、レアメタル等の陸域鉱床探査と資源ポテンシャル評価、海底鉱物資源調査、大陸棚画定に係る国連審査のフォローアップを行う。
4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発
 革新的材料、デバイス創成のため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材、ナノチューブ、炭素系材料の量産化と産業化技術の開発を行う。また、グリーン・イノベーションの実現に必要な電子デバイスの高機能化技術及び高付加価値化技術の開発を行う。材料、デバイスの効果的かつ効率的な開発のためのプラットフォームを整備してオープンイノベーションを推進する。
- 4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材
 ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現する新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。
- 4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用
 従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチューブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。
- 4-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進
 高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。
5. 産業の環境負荷低減技術の開発
 産業の環境への負荷を最小限にするため、機械加工、化学、バイオ等の各種製造プロセスの効率化技術の開発を行うとともに、環境保全技術の開発を行う。
- 5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進
 製造技術の低コスト化、高効率化及び低環境負荷を実現するための、革新的製造技術であるミニマルマニユファクチャリングの開発を行う。また、レーザー加工技術による高効率なオンデマンド技術の開発を行う。
- 5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進
 酸化技術、触媒技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等を用いた環境負荷の少ない製造プロセス技術の開発を行う。
- 5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術
 微生物や酵素を利用したバイオプロセス技術の開発を行う。特に、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子や生体システムの高度化、遺伝子組換え植物産出技術と植物工場システムの開発を行う。
- 5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術
 センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質について、選択的吸着技術、触媒技術等を活用した浄化技術及び自然浄化機能を利用した環境修復技術の開発を行う。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

二酸化炭素削減のための技術と取組の評価手法を開発するとともに、その開発及び技術の導入シナリオ並びに二酸化炭素削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、施策等の分析と評価を行う。また、産業活動における安全性を向上させるため、先端科学技術、生産活動、化学物質の安全性と環境の評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

二酸化炭素の回収貯留、水素を媒体としたエネルギーシステム等、革新的なエネルギーシステムに関連技術について、開発や導入シナリオの分析と評価を行う。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

様々な二酸化炭素削減のための技術と試みについて、原単位や消費者の行動等を解析して二酸化炭素削減率の定量化を行い、それら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

先端科学技術の実用化と製品化のために必要となる安全性評価手法を開発する。特に、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価、ばく露評価及びリスク評価手法を開発する。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術
事故事例情報をデータベース化するとともに、産業保安のための安全性評価、安全管理技術の開発を行う。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

化学物質のリスク評価と安全管理技術、発火と爆発危険性の評価技術の開発を行う。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

産業活動に伴って発生した環境負荷物質等の計測技術、生体影響評価技術、環境影響評価技術の開発を行う。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

国民が安心して暮らすことができる社会を実現し、ライフ・イノベーションを推進するために必要な安全・安心、健康に貢献する研究開発を推進する。具体的には創薬技術や医療診断技術の開発、人の健康状態を評価する計測技術、情報通信（IT、センサ）やロボット技術による身体の負担軽減や介護支援技術等の

開発を行う。

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

健康長寿社会のニーズに応えるため、創薬技術及び医療診断技術を含む先進的な医療支援技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

再生医療等の先進医療支援技術を確立するための基盤となる細胞操作技術及び生体材料技術や診断機器の開発を行う。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

医療支援技術として、生体分子の機能分析及び解析技術と、それらの技術に基づく創薬技術の開発を行う。

1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備するとともに、医薬品開発のため、それら情報の利用技術の開発を行う。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

心身共に健康な社会生活を実現するための基盤となる人の生理、心理及び行動の測定技術、生体情報の計測技術及び評価技術並びにそれぞれの人の健康状態に合わせた社会生活を実現するための支援技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

人の健康状態を把握するための基盤となる生理、心理及び行動の測定技術並びに測定装置の開発を行うとともに、標準化に取り組む。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

人の健康状態を評価するための生体情報の計測及び評価技術の開発を行うとともに、標準化に向けてデータベースを構築する。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

人の健康状態に合わせた社会生活を実現するため、介護、医療等の負担の軽減、心身機能の回復、心身活動能力の補助のための技術の開発を行う。

3. 生活安全のための技術開発

高齢化社会の到来に対応した事故防止、生活支援のため、情報通信及びロボット技術を活用した安全な社会生活支援技術の開発を行う。

3-(1) ITによる生活安全技術

安全な社会生活の実現をIT技術で支援するため、センサを用いた人や生活環境のモニタリングシステム、消費者情報保護のための情報セキュリティ技術の開発を行う。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

生活支援ロボットを実環境で安全に動作させるため

必要となる安全性の評価技術の開発を行う。

Ⅲ. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

我が国の産業競争力を維持していくため、先端的な情報通信産業や製造業の創出につながる材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、サービス生産性の向上と新サービスの創出を目指して、情報技術、機械技術の開発を行う。

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

情報通信の高度化のための、光、電子デバイスの高機能化及び高付加価値化技術の開発を行う。また、IT 活用による製造技術及びシステム技術の高効率化及び高機能化に取り組む。

1- (1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

更なる微細化を実現する革新的電子デバイス、大容量光送受信を可能とする超小型全光スイッチ、情報入出力機器のフレキシブル化と小型軽量化を実現する高性能光入出力素子の技術開発を行う。また、電子デバイスの構造、物性及び新機能予測を行うシミュレーションシステムの開発を行う。

1- (2) IT 活用によるシステムの高効率化及び高機能化

IT を利用したシステムの高機能化に取り組む。特に、産業用ロボット知能化技術、人間機能シミュレーション技術等の開発を行う。

1- (3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進 (I-4-(3)を再掲)

高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のため、ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションのためのプラットフォームを整備し、オープンイノベーションを推進する。また、高性能かつ高機能なナノスケールの光、電子デバイスの開発を行う。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

革新的な材料、システムを創成するため、ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材ナノカーボン材料の量産化技術、マイクロ電子機械システムの開発を行う。

2- (1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材 (I-4-(1)を再掲)

ナノスケールの特異な物性を利用して機能を発現する新しい材料、多機能部材や革新的光、電子デバイス、高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2- (2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用 (I-4-(2)を再掲)

従来材料より優れた様々な特性を有し産業化が期待されるカーボンナノチューブの大量生産技術の開発を行うとともに、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタへの応用技術の開発を行う。また、有機ナノチュ

ーブ、ダイヤモンド等の合成技術及び利用技術の開発を行う。

2- (3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術 (I-5-(4)を再掲)

センサ、光通信、医療・バイオ、自動車など多様な分野に適用が期待される小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システムの低コストな大面積製造技術の開発を行う。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

我が国のサービス産業の生産性向上と新サービスの創出を目指してサービスプロセスを変革する情報技術、機械技術の開発を行う。

3- (1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

サービスの生産性を向上させるため、現場の情報から利用者行動をシミュレーションし、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術の開発を行う。

3- (2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

サービスの生産性を向上させるためのクラウド型等の情報プラットフォーム技術の開発を行う。

3- (3) サービスの省力化のためのロボット化 (機械化) 技術

サービス産業へのロボット導入に当たって必要となるロボットの自律移動技術や、ロボットによる物体の把持技術、ロボットと人とのインタラクション技術の開発を行う。

3- (4) 技術融合による新サービスの創出

既存の技術を融合することによる新サービス創出に取り組む。メディア処理とウェブでのインタラクションを融合したコンテンツサービスの創出、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査などの技術を融合した地理空間情報サービスの創出、メディア技術とロボット技術を融合した人間動作の模擬技術の創出に取り組む。

3- (5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

IC カード等のハードウェアや基幹ソフトウェア等の情報システムのセキュリティ対策技術、信頼性検証技術など情報基盤の安全性評価技術の開発を行う。

Ⅳ. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

広範囲にわたる産業活動を横断的及び共通的に支援するため、基盤的、先端的計測技術の開発を行うとともに、得られた知見を戦略的にデータベース化し、また、試験評価方法の標準化により評価基盤を構築する。

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術

産業活動を支援するためのツールとなる計測評価技

術、先端計測及び分析機器の開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。また、計測技術を発展、統合させて、生産性向上をもたらす課題解決策（ソリューション）として生産現場に提供する。

1-(1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術

材料、部材及び構造物における損傷、劣化現象等の安全性及び信頼性の評価にかかわる計測技術の研究開発を行うとともに、産業界に提供する。特に、有機、生体関連ナノ物質の状態計測技術、ナノ材料プロセスにおける構造と機能計測及び総合解析技術の開発を行う。

1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発

新たな産業技術の創出と発展を促進するため、材料評価、デバイス、システム評価のための先端的計測技術及び分析機器に関する研究開発を行うとともに、それらの標準化を推進する。

1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

産業界における製品の品質と生産性の向上の基盤となる生産計測技術の開発を行い、計測にかかわる総合的な課題解決策を提供する。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

先端産業技術の開発と社会の安全・安心のための基盤となる重要な計測評価データを蓄積し、データベースとして産業界と社会に提供する。

2-(1) 標準化を支援するデータベース

標準化を支援し、産業技術の基盤となる物質のスペクトル、熱物性等のデータベースを構築し、提供する。

2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

資源等の有効利用を支援するために必要な地質、環境、地図情報などをデータベース化し、利用しやすい形で提供する。

2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

環境・エネルギー技術、社会の安全・安心及びものづくりの基盤となる重要なデータを集積し、データベースとして提供する。

3. 基準認証技術の開発と標準化

材料、製品、サービスの商取引に必要となる適合性評価技術の開発を行うとともに、民間における適合性評価事業の育成を推進する。

3-(1) 適合性評価技術

新技術の事業化を促進するため、民間では困難な性能や安全性に関する実証に取り組む。また、新規の素材、製品、サービス等の社会普及を促進するため、商取引、規制において求められる性能、安全性等に関する適合性評価技術を開発し、そのような評価技術の民間移転に積極的に取り組み、民間による適合性評価機

能の強化を図る。

別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

地殻変動が活発な地域に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や社会生活を実現し、持続的な発展が可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質に関する状況を適切に把握し、これに応じ必要な対応を行うことが求められている。このため、国土及び周辺地域の地質情報の整備と供給、地質情報による産業技術基盤、社会安全基盤の確保に関する研究開発を行う。また、地質の調査に関する国際活動において協力をを行う。

1. 国土及び周辺地域の地質基盤情報の整備と利用拡大

国土と周辺地域において地質の調査、研究を実施し、地質情報の整備を行うとともに、衛星情報の高度化及び高精度化に関する研究を行う。また、地質の調査、研究の成果を社会に普及するための体制を整備する。

1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

地質の調査に関する研究手法と技術の高度化を進め、これらの知見も活用し、長期的な計画に基づき、国土の地質情報基盤である地質図、海洋地質図、重力図及び空中磁気図の作成及び改訂を行う。また、国土の地球科学基本図等データベースを整備し、それら情報の信頼性と精度を向上させるとともに、利便性の向上を図り、地質情報の標準化を行う。

1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

地質図が整備されていない都市平野部及び沿岸域の地質について、調査、研究を行うとともに、地質情報及び環境情報を整備する。

1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する地球観測の一環として、地質に関する衛星情報を整備するとともに、それら情報の利用拡大のための研究を行う。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

国土利用の促進、資源開発及び高レベル放射性廃棄物の地層処分等の安全性の確保を目的とした地質の調査、研究を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発

土壌汚染、二酸化炭素地中貯留及び地層処分について、地圏の環境の保全と適切な利用にかかわる評価技術の開発を行うとともに、その普及に努める。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

陸海域の、鉱物資源、燃料資源、地下水資源及び地熱資源に関するポテンシャル評価を行う。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の安全規制に係る国の施策に資するため、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を技術情報としてとりまとめるとともに、長期的視点から地層処分の安全規制への技術的支援を行う。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

地震、火山等の自然災害による被害の軽減のため、活断層、地震発生や火山噴火のメカニズム及び地下水位の変動などに関する調査、研究を行う。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

活断層について活動履歴の調査を行い、活断層の活動性評価を実施するとともに、地震災害の予測手法を開発する。また、海溝型地震と巨大津波の予測手法を高度化するための調査、研究を行う。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

火山噴火予知及び火山防災のための火山情報を提供するため、火山の噴火活動履歴及び噴火メカニズムについて調査、研究を行う。

4. 地質情報の提供、普及

社会のニーズに的確に応じ、地質情報を活用しやすい情報、媒体で提供、普及する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

地質の調査に係る研究成果を社会に普及するため、地質図類、報告書等を出版するとともに、電子媒体やウェブによる地質情報の普及体制を整備し、地質標本館の有効活用を図る。また、地方公共団体及び民間における地質情報を活用する取組に対し支援を行う。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

地震、火山噴火をはじめとする自然災害発生に際して、社会的な要請等に機動的に対応して緊急の調査、研究を行うとともに、必要な関連情報の発信を行う。

5. 国際研究協力の強化、推進

地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画に参画するとともに、産総研が有する知見を活かし、国際的な研究協力を積極的に行う。

5-(1) 国際研究協力の強化、推進

アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。

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

産業、通商、社会で必要とされる試験、検査や分析の結果に国際同等性を証明する技術的根拠を与え、先端技術開発や産業化の基盤となる計量の標準を整備すると

ともに、計量法で規定されている法定計量業務を的確に行うことにより、我が国経済活動の国際市場での円滑な発展、国内産業の競争力の維持、強化と新規産業の創出の支援、グリーン・イノベーション及びライフ・イノベーションの実現に貢献する。

1. 新たな国家計量標準の整備

我が国経済及び産業の発展、あらゆる計測の信頼性を産業と社会が共有するために信頼性の源となる国家計量標準を引き続き開発、整備するとともに、新たな計量標準については迅速に供給する。特に、環境への負荷低減（低炭素社会の実現、物質循環型社会の実現）、国民生活の安心・安全社会の実現、健康長寿社会の実現、技術革新による次世代産業の推進、及び国際通商の円滑な実施を支える国家計量標準については、産業界や社会の要請に即応して整備し、多様な供給の要請に対して柔軟に対応する。

1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準を早急に開発、整備し、供給する。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

ライフ・イノベーションの実現に向け、先進医療機器の開発に必要な計量標準を開発・整備、供給する。また、食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析に係る計量標準、有害化学物質の計量標準を開発、整備、供給する。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

我が国産業の国際通商を円滑に行うために必要な計量標準を開発、整備、供給する。また、代表的な技術革新分野において、基盤的計量標準を開発、整備、供給する。

2. 国家計量標準の高度化

我が国のイノベーション基盤を強化するため、国家計量標準を確実に維持、供給するとともにその高度化、合理化、校正事業者の認定審査の支援、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

国家計量標準を維持管理し、校正サービス、標準物質等の供給、品質システムの運用を行う。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

より高度な技術ニーズ及び社会ニーズに対応するため、特に省エネ技術の推進、産業現場計測器の信頼性確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、その高度化、合理化を行う。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

計量トレーサビリティ体系の設計、維持運用について調査を行い、政府の知的基盤の整備に関する技術支

援を行う。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）を主体とする計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行う。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

利用者が信頼性、コスト、迅速性及び効率性の観点から最適な手段により計量トレーサビリティを確保できるように、技術開発の実施と運用方法の拡充を行い、計量トレーサビリティ体系の高度化と合理化を図る。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

法定計量業務を適正に実施し、計量行政を支援するとともに、経済のグローバル化に対応した計量器の適合性評価システムの整備、普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

特定計量器に関する試験検査業務を国際標準の品質管理の下、適正に実施し、特定計量器の製造技術及び利用技術の調査などを通じ計量行政への支援を行う。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

特定計量器についての新たな適合性評価技術を開発、整備する。また、一般計測及び分析器についても評価技術を開発し、測定手続の基準、試験規格の確立と普及を図る。

4. 国際計量標準への貢献

計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画し、我が国の技術を反映した計量システムを諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約のメンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、先進的な計量トレーサビリティ体系の構築に努める。

4-(1) 次世代計量標準の開発

次世代の計量標準を世界に先駆けて開発し、国際計量標準の構築において優位性を確保するとともに、我が国の優れた標準技術を国際標準に反映させ、また、先端技術開発を支援する。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

国際的計量組織の一員として、国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展するよう促していく。また、開発途上国が、通商の基盤となる自国の計量標準を確立できるよう支援をしていく。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

二国間の MOU（技術協力覚書）の締結、維持により、製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力をを行う。

5. 計量の教習と人材の育成

法定計量業務に対応できるように、国内の法定計量技術者の技術力向上を図るとともに、公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者を育成する。

5-(1) 計量の教習

法定計量の技術を教習して、国内の法定計量技術者の計量技術レベルの向上を図る。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、人材育成プログラムや資料を作成するとともに、研修を行い、計量技術者を育成する。

4. 中期計画・年度計画

独立行政法人通則法第31条第1項に基づき、独立行政法人産業技術総合研究所の平成23年度の事業運営に関する計画（以下、年度計画）を次のように定める。

I. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項

1. 「課題解決型国家」の実現に向けた研究開発の重点分野

(1) 世界をリードする「グリーン・イノベーション」、「ライフ・イノベーション」の推進

(戦略的な研究企画及び研究資源配分の重点化)

【中期計画（参考）】

- ・グリーン・イノベーションの推進のため、太陽光発電、次世代自動車、ナノ材料、情報通信の省エネルギー化等の技術開発を加速化する。太陽光発電技術については、大幅な性能向上と低コスト化を目指し、薄膜シリコン等の太陽電池デバイス材料の効率を相対値で10%向上させるとともに、太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、性能・信頼性評価技術等を開発し、それらを産業界に供給する。

《平成23年度計画》

- ・基準セル校正技術、新型太陽電池評価技術の確立に向けた取組を引き続き推進する。太陽電池長期信頼性研究を加速推進する。企業への技術移転を目指して、産総研で開発したセル並びにサブモジュール技術の向上を図る。小面積セルの性能向上を目指して、プロセスやデバイス構造の検討を行う。

【中期計画（参考）】

- ・次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全・低コストを兼ね備えた高エネルギー密度（単電池で250Wh/kg以上）を設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、燃料電池自動車用水素貯蔵技術として、高い貯蔵量（5重量%）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・電極材料の高エネルギー密度化を目指して、酸化物系正極材料については遷移金属の組成比および価数を調整することで、Liを多く含み、Fe、Mn、Tiを主体とする材料の合成方法の最適化をさらに進める。高容量シリコン系負極材料については、従来の黒鉛系負極の10倍以上の容量（3000mAh/g）となる負極材料を開発する。
 - ・放射光 X 線を活用した水素吸蔵、放出過程の構造変化の観測をさらに進める。陽電子消滅、核磁気共鳴等の手法について、「その場観察」法の改良と測定をさらに進める。

【中期計画（参考）】

- ・部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なカーボンナノチューブについて、キログラム単位で単層カーボンナノチューブのサンプル提供が可能な600g/日の生産規模の量産技術を開発し、キャパシタ、炭素繊維、太陽電池等へ応用する。

《平成23年度計画》

- ・スーパーグロス法のパイロットプラントによって、600g/日の規模で単層カーボンナノチューブの生産を実現し、用途開発企業等に試料を提供する。また、分散しやすいカーボンナノチューブの合成技術の開発、カーボンナノチューブとゴム、樹脂との複合化技術の開発、歪みセンサーの開発等を行う。

【中期計画（参考）】

- ・情報通信機器の省エネルギー（記憶素子の置き換えによりパソコンの待機電力を約1/5に削減）を可能とする不揮発性メモリ（電源オフでのメモリ保存）技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・垂直磁化 MTJ 素子を用いて、1MA/平方 cm 台の低電流によるスピントルク磁化反転を実現するとともに、記憶層としてダンピング定数と飽和磁化の低い新規合金の開発を行う。また、垂直磁化 MTJ 素子の低抵抗化と高 MR 比化を進め、3Ω平方マイクロン以下の低抵抗と150%を越える MR 比の両立を目指す。さらに、1ナノ秒以下の高速スピントルク磁化反転を実現する。

【中期計画（参考）】

- ・ライフ・イノベーションの推進のため、先進的、総合的な創薬支援、医療支援、遠隔医療支援、介護・福祉ロボット等の技術開発を推進する。創薬、再生医療技術については、創薬過程の高速化や再生医療基盤整備のために、iPS 細胞の作製効率を10倍程度（現行1%から10%程度に）に引き上げる技術を開発する。遠隔医療システムについては、遠隔地から指導可能な手術手技研修システムを開発し、低侵襲治療機器に即したトレーニングシステムに適用する。介護及び福祉のための生活支援ロボットについては、製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作させる際に必要な基盤技術として15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術等を開発する。
- 《平成23年度計画》

- ・iPS の高効率作製と安全性を高める技術開発を、分化指向性の解析、遺伝子導入方法、細胞培養の技術等に注力して進める。
- ・構築した手術遠隔研修システムを利用して、手術室-教育ラボ間の遠隔手術指導の症例を蓄積する。また、より高度な手技指導を可能とする手術室内隣接形遠隔

指導システムを試作し、指導実験を準備、実施する。

- ・ロボットのタイプ別のシミュレーションを通したリスクアセスメント手法の技術開発を行うとともに、機能安全の認証手法の検討を行い、国際標準化提案につなげる。
- ・物体把持の観点に基づく日用品（100種類程度）の分類とモデル化を行う。また、物体の配置パターンに応じた把持戦略と把持計画の開発を行う。

【中期計画（参考）】

- ・技術のシステム化としては、電力エネルギーの高効率利用のための低損失高耐圧なパワーデバイス技術等と再生可能エネルギー利用機器とを組み合わせ安定した電力を供給するためのネットワークの設計及び評価、マネジメントの技術等の開発を行う。また、早期の社会導入を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした実証研究を行う。

《平成23年度計画》

- ・柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、コージェネレーション、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅用エネルギーネットワークの統合マネジメント実験を実施する。シミュレーションモデルにより実験結果の解析、システム計測要件の検討、通信仕様の検討、システム評価手法の確立、等に取組む。

（2）他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

【中期計画（参考）】

- ・デバイス材料のナノ構造の最適化により、省エネルギー型ランプの光源となる光取出し効率80%以上の超高効率な赤色及び黄色発光ダイオードを開発する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に開発した近接場光学顕微鏡用プローブを用いて AlGaInP 系リッジ構造のエバネッセント光分布の評価を行う。評価結果と理論解析によってリッジ構造の最適化を行い、最適化されたリッジ構造を用いて高効率な赤色及び黄色発光ダイオードの作製を行う。

【中期計画（参考）】

- ・マイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術により超小型の通信機能付き電力エネルギーセンサチップを試作し、電力エネルギー制御の最適化によりクリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するシステム技術の開発を行う。

《平成23年度計画》

- ・低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用の受信システムとして、多チャンネル同時受信システムを開発し、養鶏場などにおいて200端末以上からなる無線センサネットワークシステムの実証実験を実施する。100店規模の小規模店舗内各機器の消費電力を一括で

モニタリングするシステムを試作し、その実証実験を実施する。

2. 地域活性化の中核としての機能強化

（1）地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発の推進

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、北海道センターの完全密閉型遺伝子組換え工場等を利用したバイオものづくり技術や関西センターの蓄電池関連材料の評価技術等に基づくユビキタス社会のための材料技術、エネルギー技術などのように、地域の産業集積、技術的特性に基づいた地域ニーズ等を踏まえて、研究分野を重点化し、地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発を推進する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に地域センター毎に策定した地域事業計画に従って、地域経済に貢献する最高水準の研究開発を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、各地域の特徴を活かした分野において、大学、公設試験研究機関等と連携して、企業の研究人材を積極的に受け入れ、最先端設備の供用やノウハウを活かした共同研究等を実施し、国際水準の研究開発成果を地域産業へ橋渡しすることにより、地域の活性化に貢献する。

《平成23年度計画》

- ・各地域の産学官連携センターは、経済産業局や地方自治体、商工会議所等との協力のもと、地域中小企業等への総合的な支援体制として公設試験研究機関、大学、産業支援機関等と形成した産学官連携ネットワークの維持と展開を図るとともに、そのネットワークでの活動を積極的に推進する。
- ・地域センターの有する技術分野については地域企業や公的試験研究機関の人材を積極的に受け入れ、最先端設備の供用やノウハウを活かした共同研究等を実施し、実用化を目指した研究開発や実践的な人材育成等に貢献する。

（2）中小企業への技術支援・人材育成の強化

【中期計画（参考）】

- ・各地域センターは、公設試験研究機関等と連携し、中小企業との共同研究等に加えて、最先端設備の供用やノウハウ等を活かした実証試験・性能評価等による中小企業の製品への信頼性の付与等の技術支援、技術開発情報の提供等を行い、中小企業の技術シーズの実用化を推進する。

《平成23年度計画》

- ・地域産業活性化支援事業を引き続き積極的に実施することに加え、23年度から産総研の研究者を公設試等に

派遣し、現地において研究支援や技術開発情報の提供等を積極的に行うことで中小企業の技術シーズの実用化を推進する。

- ・技術開発情報についても、引き続き、行政や産業界と連携した技術セミナー等の開催により、地域企業等に提供する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研と公設試験研究機関等で構成する産業技術連携推進会議等を活用して、地域企業ニーズに基づく中小企業、公設試験研究機関及び産総研の新たな共同研究の形成や、研究成果移転や機器の相互利用促進のための研究会の設置等により中小企業技術支援体制の充実を図る。

《平成23年度計画》

- ・産業技術連携推進会議地域部会では、地域経済の現状を踏まえたプロジェクトの共同提案等の取組を引き続き強化し、地域経済の活性化と再生に向け一層寄与することを目指す。
- ・産業技術連携推進会議技術部会は公設試験研究機関の技術レベルの向上を図るため研究会や研修会活動を積極的に実施すると共に、産総研は地域部会の活動を支援し、地域中小企業の活性化やイノベーションの創出に寄与する。

【中期計画（参考）】

- ・共同研究や技術研修等の活動を通じて、地域の産業界の研究人材を受け入れ、基盤的な研究活動等を共同で実施し、産業化への橋渡し研究に活躍できる人材育成を行う。

《平成23年度計画》

- ・各種プロジェクトの立ち上げ支援や技術相談、セミナー開催などを通じて人材育成を行う。

【中期計画（参考）】

- ・産総研が地域におけるハブとなり、地域を巻き込んだ産学官連携の中核となって研究開発を推進することにより、第3期中期目標期間中に3,000件以上の中小企業との共同研究等を実施するとともに、10,000件以上の技術相談を実施する。

《平成23年度計画》

- ・つくばセンターと各地域センターを合わせた中小企業との共同研究件数、技術相談件数について第2期期間中の年平均（それぞれ560件、1,800件）を上回ることを目指す。
- ・特に技術相談については、これまでの相談内容を分析し、相談内容の充実、相談件数の増加方策についてさらに検討を進める。

3. 産業・社会の「安全・安心」を支える基盤の整備

(1) 国家計量標準の高度化及び地質情報の戦略的整備

【中期計画（参考）】

- ・我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支え、また新素材、新製品の安全性や信頼性を評価する基盤として必要な計量標準62種類を新たに開発し、供給を開始する。また、第1期、第2期を通じて開発した計量標準約530種類を維持、供給するとともに、産業現場のニーズに応える高度化、合理化を進め、トレーサビリティの普及を促進する。

《平成23年度計画》

- ・新たに10種類以上の計量標準を整備する。また、既存の計量標準のうち12種類以上の標準に関して、供給範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を行う。

【中期計画（参考）】

- ・国土と周辺域において地質の調査を実施し、国土の基本情報として社会の要請に応えた地球科学基本図の作成及び関連情報の整備を行う。具体的には資源エネルギーの安定確保、防災等に資するため、従来に比して電子化などにより利便性を高めた各種地質図や活断層及び活火山などのデータベース等を整備、供給する。また、第3期中期目標期間中に5万分の1地質図幅を計20図幅作成する。

《平成23年度計画》

- ・領土の保全を含む資源確保、原子力発電所等インフラ立地、防災等の政策的観点から必要性が高い地域、研究テーマに重点化し、地質の調査を実施する。そして国土の基本情報として社会の要請に応えた地球科学基本図の作成及び関連情報の整備を行い、各種地質図や活断層及び活火山などのデータベース等を整備、供給すると共に、その利便性を高めるための研究開発を行う。5万分の1地質図幅は、インフラ立地等の観点から早急に地質情報の整備が必要な地域について作成を行う。

(2) 新規技術の性能及び安全性の評価機能の充実

【中期計画（参考）】

- ・新たに生み出された製品やサービスに対して、その性能や安全性を客観的に評価する計測、評価及び分析技術を開発し、試験方法、試験装置及び規格等の作成を通じて普及させる。その際、企業及び業界団体や、基準認証関係機関とコンソーシアムを形成し、開発、作成、普及を加速する。また、国際標準化活動をコンソーシアム活動に反映するために、それぞれのプロジェクトを横断的に管理する組織を平成22年度中に産総研に設置して、基準認証関係機関との連携を促進し、効果的な標準化活動を推進する。

《平成23年度計画》

- ・標準化戦略会議及び標準化・認証検討委員会における

議論に基づき、産総研の国際標準推進に関する方針を国際標準ポリシー等としてまとめ、標準化・認証支援の活動方針について意識共有を図り、その活動を強化する。

- ・研究成果を標準を通じて普及させるため、その性能や安全性を客観的に評価する計測、評価、分析技術を開発し、市場拡大及び産業競争力強化に資する組織・体制作りを支援する。

【中期計画（参考）】

- ・我が国の認証体制を強化するために、新たな技術に対する試験法及び評価方法の標準化を推進し、人材育成などにより技術の民間移転を推進する。

《平成23年度計画》

- ・適合性評価を実施する際の、実施体制の在り方について検討する。
- ・新しい技術に対する試験法及び評価方法の標準化を推進する。また、二次基準太陽電池セルの校正業務について民間機関へ移転する。

【中期計画（参考）】

- ・性能・安全性評価のために必要な知的基盤として、信頼性が明示された材料特性等のデータベースの整備、供給を推進する。

《平成23年度計画》

- ・標準化の推進、災害事例の共有、ものづくり支援等のための各種データベースについて、信頼性の評価されたデータを新たに追加して公開する。
- ・産総研 RIODB を中心としたデータベース間の系統的な結合を図りデータバンクとし、その広範で有機的な利用を促進することを目標に、今年度は日本地図に関連づけられるデータベースの間の結合を試みる。

(3) 研究開発成果の戦略的な国際標準化、アジアへの展開

【中期計画（参考）】

- ・我が国の産業競争力の向上のため、標準化が求められる技術については、その研究開発の開始に際して、あらかじめ標準化することを前提として計画的に実施するなど、国際及び国内標準化を重視した取組を行う。

《平成23年度計画》

- ・標準化戦略会議で議論される国際標準活動の大枠の方針に関する議論に基づき、産業界や社会的ニーズ、行政からの要請に対応する「標準基盤研究」を推進する。
- ・日本工業標準調査会（JISC）、国際標準化機構（ISO）、国際電気標準会議（IEC）及び国際フォーラムなどに積極的に参画し、産総研のノウハウ、データベース等研究成果を活用した標準化に取組み、我が国産業界発の国際標準獲得を支援する。
- ・ナノテクノロジー分野の国際標準化活動を主導するた

め、ISO/TC229ナノテクノロジー国内審議団体を引き受け、国内審議委員会の運営、ISO/TC229総会へ代表団派遣等を実施する。

- ・HP 等を活用し、閲覧者に標準化活動を理解していただくと共に産総研の実施している研究成果に基づいた標準化事業について、理解いただくための広報活動を行う。
- ・所内研究者及び産業界の標準関係者に国際標準化活動に理解を求め、協力体制の構築が円滑に行えるよう国際標準化セミナーを行う。
- ・標準化活動が評価されるよう評価者への啓発活動などを展開する。

【中期計画（参考）】

- ・国際標準化を検討する国際会議への派遣等を前提とした、国際標準化活動における第3期中期目標期間終了時までのエキスパート登録数は、100名以上を目標とする。

《平成23年度計画》

- ・国際会議における議長、幹事、コンビーナ及びエキスパート（プロジェクトリーダーを含む）を積極的に引き受ける。

【中期計画（参考）】

- ・バイオマス燃料の品質評価等の標準及び適合性評価技術のアジア諸国での円滑な定着等、アジア諸国との研究協力、標準化に向けた共同作業を推進する。

《平成23年度計画》

- ・東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）のエネルギープロジェクト事業の一環として、東アジア各国の研究者と連携して、東アジアにおけるバイオ燃料の標準化及びバイオマス利活用に関する LCA・環境影響評価等の研究を行う。また、クリーンコール技術、省エネ技術等に関する活動にも、産総研のポテンシャルを生かして適宜貢献する。

【中期計画（参考）】

- ・国際標準化を計画的に推進することにより産総研の成果を基とした国内提案も含めた標準化の第3期中期目標期間中の素案作成数は、100件以上、うちアジア諸国との共同で15件以上を目標とする。

《平成23年度計画》

- ・我が国の標準化活動を促進するため、欧米諸国並の連携・体制をアジア諸国と構築するための諸協力を実施する。
- ・規格素案作成のため、経済産業省「国際標準共同研究開発事業」など標準化推進事業の受託研究拡大を図る。

4. 「知恵」と「人材」を結集した研究開発体制の構築

(1) 産学官が結集して行う研究開発の推進

【中期計画（参考）】

- 産総研のインフラをコアにして、産業界、大学及び公的研究機関の多様な人材や研究施設等を集約した最先端のナノテク拠点を構築し、既存電子デバイスの基本的限界を打破し、微細化や低消費電力化をもたらす高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行う。

《平成23年度計画》

- 前年度までに整備した実証評価ラインの試作品質維持に努めるとともに、高度化を図る。プロトタイプ試作を円滑に進め、拠点ユーザの要請に柔軟に応じるとともに、拠点の自立的維持を可能にする運営体制の構築に努める。

【中期計画（参考）】

- 太陽光発電では我が国唯一の一次基準太陽電池セルの校正機関としての知見を生かし、大規模フィールドテストや屋外評価技術等の拠点化を行い、実用化に必要な研究開発を加速する。

《平成23年度計画》

- コンソーシアム形式による民間企業等との共同研究により、新規モジュール部材を太陽電池パネルに適用し、IECで規定された信頼性試験を行い、その適合性を評価するとともに、劣化するものについては劣化要因を明らかにする。既存モジュールの屋外曝露試験、加速試験を通じて劣化要因を抽出する。これらの知見をもとに、屋外曝露時に発現する劣化を再現可能な新規加速試験法を開発する。

【中期計画（参考）】

- 革新的な電池材料や評価技術の開発を行うための拠点を、材料分野において世界的なシェアを有する国内複数企業を結集し、構築する。

《平成23年度計画》

- 電池標準構成モデルとして、少なくとも4種類を策定するとともに、電極に関わる材料について、相対評価を可能とする電極製造条件の探索・検討を継続する。これらから、評価基準書を案出し、相対的な評価が可能となる基盤の構築を行う。

【中期計画（参考）】

- 生活支援ロボットでは世界初となるロボットの新しい安全基準を構築し、実証試験を行うための拠点を構築する。

《平成23年度計画》

- ロボットのタイプ別のシミュレーションを通したリスクアセスメント手法の技術開発を行うとともに、機能安全の認証手法の検討を行い、国際標準化提案につながる開発を進める。また構築した高信頼ソフトウェアツールチェーンを、部門内のロボット開発で実際に評

価を行い、認証可能なドキュメントの作成を行う。

【中期計画（参考）】

- 施設や設備の外部利用を促進することで効率的に成果を生み出す制度を構築する。共同研究時の知的財産の保有に関して、技術移転、製品化等を促進するためのルール作り等を行う。

《平成23年度計画》

- 引き続き、産総研の研究施設・設備を有効活用した産業界との研究開発を推進する。また、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針の周知・徹底を図り、戦略的、効率的な知的財産権の取得、管理、活用を図る。

【中期計画（参考）】

- 省庁間の壁を超えて、我が国の研究開発能力を結集した研究成果の実用化・製品化の取組における中核的な結節点としての機能の発揮について積極的に検討する。その際、国費により研究開発を行っている研究開発独立行政法人などとの連携を図ることにより、国費による研究開発のより効果的な研究開発体制構築や成果の実用化や製品化に向けた取組の強化をも目指す。

《平成23年度計画》

- 引き続き、産総研、筑波大学、物質材料研究機構と経団連の4者による TIA-nano 拠点運営体制を強化し、組織を越えた研究、教育両面に亘る統合的な研究拠点の構築を目指す。また、当該拠点の施設高度化を進めると共に、TIA 拠点活用プロジェクトが効率的に推進できるよう拠点運営の見直しを進める。その結果、TIA-nano 拠点から産業界等と連携して優れた研究開発成果が発信され、それが一層 TIA-nano 拠点の魅力を高め、産業界等と連携が更に進む好循環の形成を目指す。

【中期計画（参考）】

- これにより、産総研の「人」又は産総研という「場」を活用する形で実施される外部資金による研究規模が、第3期中期目標期間終了時までには産総研運営費交付金の50%以上となることを目指す。

《平成23年度計画》

- 「人」や「場」等の産総研のリソースを活用した共同研究、受託研究、技術研究組合参画研究及び技術研修等を推進し、外部資金による研究規模の拡大に努める。また、産総研のリソースを利用した研究がより容易に且つ柔軟に行われるよう、引き続き、共同研究、受託研究並びに技術研修制度等の連携制度の見直しを進める。

【中期計画（参考）】

- 世界トップに立つ研究機関を目指すべく、年間論文総

数で5,000報以上を目指すとともに、論文の被引用数における世界ランキングにおける順位の維持向上を図る。

《平成23年度計画》

- ・産総研の研究成果を社会へ還元するため、また、国際的な研究機関としての成果発信水準を確保するために、産総研全体の論文発信量については、年間論文総数で5,000報以上を目指す。

(2) 戦略的分野における国際協力の推進

【中期計画（参考）】

- ・世界各国の研究情勢の把握と有力研究機関との有機的連携に基づき、効率的かつ効果的に研究開発を実施するとともに、国際的研究競争力強化のための研究者海外派遣、研究者招へいによる人材交流を促進する。

《平成23年度計画》

- ・包括研究協力覚書および個別研究覚書による研究交流促進を図る。研究者交流を効果的に実施するため、様々な支援の仕組みと年間スケジュールの周知を行い、業務の効率化を進める。また、相手機関との緊密な情報交換により、研究交流に役立つ情報を提供し研究協力を支援する。
- ・オープンイノベーションハブ機能を強化し、将来的には産総研を中心としたマルチ連携によるネットワーク構築を目指すための第一歩として、国際的人材交流の双方向化を進める。そのために、産総研フェローシップ制度を中核に、外部資金、研究ユニット予算等を活用して、産総研研究者の海外研究機関への派遣及び海外の連携研究機関からの研究者招へいを一体的に実施する。グローバル感覚を有した国際競争力のある人材の養成、海外の優秀な研究者の活用、研究者ネットワークの構築・有機的な連携を推進する。
- ・国際的な人材交流の促進策として、派遣する研究者および招聘する外国人研究者並びにそのホスト研究者のサポートを推進する。具体的には、日常的な英語による相談対応をはじめとして、外国人研究者の環境整備（イントラ情報等の英文化等）を促進する。派遣する研究者に対しては、出張前の支援に加え、現地での契約書及び研究成果の取り扱い等、海外滞在中の支援を強化する。併せて、在外研究員からの現地情報等をマニュアルにフィードバックし、更なる派遣研究員支援に活用する。
- ・引き続き経済産業省、内閣府、外務省、各国大使館等との積極的連携により、国際的産業技術動向の把握、産総研の研究活動の積極的アピールなど科学技術外交に貢献するとともに産総研の国際的プレゼンスの向上に努める。

【中期計画（参考）】

- ・特に、低炭素社会実現のため、クリーン・エネルギー

技術分野で再生可能エネルギー研究所をはじめとする米国国立研究所と密接に連携し、燃料電池、バイオマス燃料等再生可能エネルギー関連技術、省エネルギー材料、デバイス技術等に関する共同研究、研究者の派遣及び受入れ、ワークショップの開催等による新たな研究テーマの発掘などの協力を拡大、加速する。

《平成23年度計画》

- ・米国エネルギー省傘下の研究所との連携では、既に包括的 MOU を締結した5研究所に加えて、新たな研究所との研究協力へと進展、環境・エネルギー分野を中心とした研究協力の推進、特に研究者の長期派遣等を通じた共同研究の本格化や日米研究者の相互訪問等による情報交換を活発化し、事業全体を発展的に拡大していく。
- ・これまでの実績、経験を踏まえ、米国学生、若手研究者が応募し易い時期への応募期間の変更や年間を通じた応募受付の実施など制度の運用について検討する。ニューメキシコ州との連携を維持しつつ、米国国立科学財団（NSF）との協働を強化し、対象分野に近いより多くの学生に周知する。また、研修修了者（平成21年度研修生）に対するフォローアップ意見等を踏まえ、米国内での周知方法・内容等について検討するとともに、研修修了者等のネットワークを構築する。

【中期計画（参考）】

- ・また、マレーシア標準工業研究所、タイ国家科学技術開発庁、南アフリカ地質調査所、ブラジルリオデジャネイロ連邦大学などのアジア・BRICs 諸国等の代表的研究機関との相互互恵的パートナーシップにより、バイオマス活用、クリーンコール技術、医工学技術、環境浄化技術、レアメタル資源評価等を中心に現地における実証、性能評価を含む研究協力を推進し、アジア・BRICs 諸国等における課題解決に貢献する。

《平成23年度計画》

- ・世界の成長センターとなっているアジア諸国の公的機関との相互互恵的パートナーシップを継続、強化する。とくに、新規に MOU を締結したインドネシア技術評価応用庁（BPPT）とは、産総研のポテンシャルを活かして、天然ゴムに関する研究協力を推進する。
- ・タイ国家科学技術開発庁（NSTDA）とタイ科学技術研究院（TISTR）とは、継続して連携強化を図ると共に、アジア標準の切り口で、タイ計量研究所（NIMT）とも連携を強化し、包括的な研究協力を推進する。
- ・韓国産業技術研究会（ISTK）傘下の研究所とは連携を強化し、韓国研究機関の再編成の動向を把握し、再編成後の相互協力を進める。
- ・マレーシア標準・工業研究所（SIRIM）とは、バイオマスの利活用の持続性評価、標準化研究を中心に、医用マテリアル、計測標準の分野の研究協力を引き続

き推進する。プトラ大学、九州工業大学との連携ラボを活用しつつ、バイオマス残渣からのバイオ燃料製造に関する研究を推進する。

- ・中国科学院（CAS）とは、排ガス触媒のような具体的研究協力案件を発掘するとともに、機会をとらえて訪問し、交流を活性化する。活発な人的交流を元に、このような活動の助けになるよう、支援を充実していく。連携相手として、CASに加えて、例えば、糖鎖医工学で協力関係にある上海交通大学など、新たな連携先を検討する。
- ・南アフリカとは、地質調査所（CGS）とのレアメタル資源探査の協力協定を背景に、レアアース資源ポテンシャル評価等の研究協力を推進すると共に、科学産業技術研究所（CSIR）とは、南アフリカの高灰分石炭の有効利用を目指したクリーンコール技術の研究を行う。
- ・ブラジルリオデジャネイロ連邦大学とは、JICA-JST事業で建設された現地でのプラントを活用して、引き続きバイオエタノール製造技術に関する研究協力を推進する。

【中期計画（参考）】

- ・さらに、仏国立科学研究センター、ノルウェー産業科学技術研究所など欧州の先進研究機関とロボティクス、環境・エネルギー技術、製造技術等での連携、その他新興国等も含む協力を推進する。
- 《平成23年度計画》
- ・平成22年度に引き続き、共同研究、人材交流に努めるが、そのための基盤として、フランス CNRS、ノルウェーNTNU、SINTEF、及び IFE（エネルギー技術研究所）との包括的 MOU の更新に向けた協議を行う。また、FP7への参加の可能性をさらに追求する。
 - ・欧州で最も重要なパートナーであるフランス CNRS とは、ロボティクスのジョイントラボ、環境触媒の共同研究をさらに進めるほか、バイオ分野での連携の可能性を探索する。
 - ・ノルウェーの NTNU および SINTEF とは、主にエネルギー分野での人材交流を含めた研究協力を推進する。フィンランドの VTT とは、主にものづくり分野で、FP7への参加の検討などを通じて研究連携を進展させる。

【中期計画（参考）】

- ・以上の実現のため、第3期中期目標期間中において包括研究協力覚書機関との研究ワークショップ等を計50回以上開催する。
- 《平成23年度計画》
- ・包括研究覚書機関との間で包括的ワークショップにとどまらず特定分野でのワークショップ等を積極的に開催し、合計で10回以上のワークショップ等の開催を目

指す。

- (3) 若手研究者のキャリアパス支援及び研究人材の交流推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研イノベーションスクールにおいて、本格研究に関する講義、研究実践のためのツールを用いた研修、産総研と関連のある企業での OJT 等を通じて、基礎的研究を製品化まで橋渡しできるイノベティブな博士研究者等を育成し、社会に輩出する。また、専門技術者育成事業、連携大学院制度等により、我が国の産業技術の向上に資することができる人材を輩出する。
- 《平成23年度計画》
- ・産総研イノベーションスクールにおいては、引き続き第5期生を受け入れて育成を行うとともに、研修プログラムの更なる高度化を図る。専門技術者育成事業については、育成人材の追跡調査などこれまでの成果の検証を行いつつ、実施規模など事業内容の見直しを行う。

【中期計画（参考）】

- ・イノベーションスクールについては、ノウハウを社会に広く普及するため、大学等のポスドクや博士課程の学生を受け入れるなど、他機関とも連携して博士研究者の育成を行っていく。
- 《平成23年度計画》
- ・産総研イノベーションスクールにおいては、継続して博士課程大学院生の育成を行い、研修プログラムの効果の検証を行う。また他機関との連携活動をさらに広げ、イノベーションスクールノウハウの普及に努める。

【中期計画（参考）】

- ・外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、研究水準の向上及び研究成果の産業界への円滑な移転等を推進する。
- 《平成23年度計画》
- ・共同研究制度、外来研究員制度、技術研究組合制度及び技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、産業界及び学生等の研究水準の向上と研究成果の効率的な移転に努める。また、共同研究制度や連携大学院制度、委員の委嘱等による人材の相互交流を積極的に実施するとともに、引き続き、包括協定を締結した相手方等とも更なる相互交流促進の方策を検討する。

【中期計画（参考）】

- ・第3期中期目標期間終了時まで、民間企業、大学等への人材供給や外部からの受け入れ5,000名以上を目指す。
- 《平成23年度計画》
- ・技術研修制度、外来研究員制度、人材移籍型共同研究

制度、等による人材受入や、技術研究組合との連携による人材供給、人材受入等、民間企業、大学等外部との人材交流を推進する。また、委員の委嘱制度による外部機関への協力及び兼業制度を活用した民間企業、大学との人材交流の推進を図る。あわせて、人材交流の推進につながる方策も引き続き検討する。

5. 研究開発成果の社会への普及

(1) 知的財産の重点的な取得と企業への移転

【中期計画（参考）】

- 産総研の技術を有効に社会普及させるために、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を平成22年度中に策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果の民間等への移転のために外部の技術移転機関（TLO）を活用していたが、第3期中期計画開始に合わせて産総研内部に技術移転機能を取り込むことで関連部署との連携を強化し、より効果的に技術移転を行うことのできる体制を構築する。

《平成23年度計画》

- 引き続き、産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針の周知・徹底を図り、戦略的、効率的な知的財産権の取得、管理、活用を図る。また、イノベーション推進本部内でイノベーション推進担当者間の連携をさらに強化することにより、効果的に技術移転を進める。

【中期計画（参考）】

- 研究成果の社会還元を積極的に推進するため、成果移転対価の受領方法を柔軟化することで、技術移転の一層の推進を目指す。また、金銭以外の財産での受領の際には、審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

《平成23年度計画》

- 引き続き、研究成果移転対価の受領に関するタスクフォースにおいて、産業界への技術移転を活性化するために、研究成果の移転の対価を金銭以外の財産でも受領を可能とするための審査委員会の設置、妥当性等の事前審査を行う運用の構築を検討する。

【中期計画（参考）】

- 第3期中期目標期間終了時までには800件以上の実施契約件数を目指す。

《平成23年度計画》

- イノベーション推進本部内でイノベーション推進担当者間の連携をさらに強化するとともに、大学や研究機関等の外部機関との連携を深め、効果的に技術移転を進める。

(2) 研究開発成果を活用したベンチャー創出支援

【中期計画（参考）】

- 競争力あるベンチャー創出のため、大学等他機関の研究成果も積極的に活用し、加えて産総研のポテンシャルをもって事業化を支援する取り組みを行う。また、職員のベンチャー企業への兼業の促進及び共同研究の推進等産総研との連携強化並びに外部のベンチャー支援機関との緊密な連携を通じて、内外の研究成果を産総研のベンチャー創出、育成及び支援を経て事業化する独自のモデルを構築し発展させる。

《平成23年度計画》

- イノベーションの創出に寄与することを目指し、引き続き研究成果のベンチャー事業化へむけた活動を実施する。オープンイノベーションの観点から外部人材の活用や外部の技術を産総研のポテンシャルをもって事業化する取組も継続する。また、JST等の外部機関によるベンチャー創出プロジェクトの獲得についても積極的に支援を行う。
- 引き続き、事業化に向けた先行技術調査、特許調査、市場調査や見本市・展示会出展等によるマーケティング調査活動を行い、製品・サービス開発の促進とビジネスプランの策定・検証の高度化を目指し、より成功確率の高いベンチャー創出を促進する。また、このような創出活動に適した人材育成、および創業に必要な知識の涵養に資するための研修を企画、遂行する。
- 引き続き、産総研研究者によるベンチャー創業を迅速かつ円滑に進めるため、相談窓口を設けて対応するとともに、会社設立のために必要となる業務を代行する等により、創業に関する支援を一層強化していく。また、併せて、創業したベンチャーに対し、ベンチャー技術移転促進措置実施規程に基づき、技術移転促進措置並びに称号付与を行う。
- 産総研ベンチャーの経営状況や事業化の状況等の把握、及び課題の解決を図るため事業実施状況ヒアリングを行う。また、当該課題解決等の一環として法務、経営、税務、知的財産等専門家と顧問契約を行う等外部知見の活用を一層強化する。
- 平成23年度も、産総研技術移転ベンチャーの相互の交流の促進、企業間の協業、連携を図るためスタートアップスクラブを開催する。また中小企業基盤整備機構等のベンチャー支援機関、ベンチャーキャピタル等との連携を一層強化しベンチャー企業の支援につなげる。また、産総研技術移転ベンチャーと産総研との共同研究等連携上の問題点について整理し、関係部署と解決を図ることにより、事業化の加速に繋げる。

【中期計画（参考）】

- また、ベンチャー企業からの収入を増加させるため、成果移転の対価として金銭以外の財産での受領の可能

性を検討する。なお、その対価の受領にあたっては審査委員会等を設置し妥当性等を事前に審査することで適切な運営に努める。

《平成23年度計画》

- ベンチャー企業からの収入を増加させる方法としての成果移転の対価としての株式等の取得について、引き続き検討を継続する。また、整備後は産総研技術移転ベンチャー等に対し、周知を図る等により制度の利用を促進する。

(3) 企業や一般国民との直接対話を通じた広報の強化【中期計画（参考）】

- 報道機関等を通じた情報発信を積極的に実施するとともに、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室等の国民との対話型活動も充実させる。一般国民が手軽に産総研を知ることができる有効な手段の一つであるホームページの抜本的な改善を始め、広報誌、メールマガジン等の様々な広報手段を活用し、効率的かつ効果的な広報活動を推進する。

《平成23年度計画》

- 産総研全体の発表素材の掘り起こしを行うため、関係部署との連携を強化し、プレス発表件数の増加を目指す。また、記者の理解増進のためわかりやすく平易な文章で資料を作成する。
- マスメディアの関心を集める情報素材を幅広く収集して、記者との意見交換会などで提供する。また、取材対応は、取材の目的を適確に把握したうえで、迅速かつ丁寧に対応する。これらにより、産総研の活動が報道される機会を増やすことに努める。
- 一般市民への話題提供を目的とした「サイエンスカフェ」を引き続き実施する。また、新たに産業界向け及び地域センターにおいても「サイエンスカフェ」を企画する。「出前講座」「実験教室」は、青少年や一般市民の科学、技術への興味や理解増進を主な目的とし実施機会を増やす。
- 一般公開は、つくばセンターや地域センターが一体となって、研究成果をわかりやすく伝え、科学、技術の楽しさを体験できるように実施する。更に、外部機関と連携した出展等を対話型広報活動により実施して、多くの来場者に産総研への理解増進を図る。
- 産業界における産総研の理解、認知度を向上させるために、研究ユニットや関係部署が一体となってオープンラボを開催する。運営の企画については、来場者の満足感を更に高められるよう工夫する。
- 研究成果や経営情報などの速報性を重視した発信と、コンテンツの見直しやユーチューブを活用した動画配信を増やすなど、昨年度に引き続き産総研をより理解しやすい基盤を整備し、産総研のプレゼンスを高める。
- 広報誌を毎月定期的に発行し、研究成果や経営情報などをわかりやすく伝える。パンフレットなどの印刷物

については、最新の研究成果の紹介や読者層を意識した編集、発行により、産総研への更なる理解促進に努める。また、効率性向上の視点で発送先の見直しを実施する。産総研レポートは、産総研における社会的責任への取組と、環境報告ガイドラインの掲載項目とを一體的に編集し、23年9月末までに発行する。

- 学術誌「Synthesiology」は、所外へのPR活動を重視し、所外からの投稿論文を増加させる。また、引き続き効率性向上の視点で発送先の見直しを実施する。
- 常設展示施設「サイエンス・スクエアつくば」では、引き続き一部展示物の見直しやそれに伴う展示施設のレイアウト等の改善により、産総研の研究成果の理解促進に努める。また、科学技術週間に合わせて実験ショー・工作コーナーを開催する。
- 常設展示施設「地質標本館」では、来場者の興味を引く特別展の開催や体験型学習、イベントを実施して、産総研の地質分野の理解促進をはかり、科学系博物館などと協力した移動地質標本館の実施、近隣の学校と連携した補助授業や研修の実施により、若年層の自然学観育成や地球科学への理解増進に努める。併せて、地質相談所を窓口として外部機関や市民からの問い合わせに積極的に応え、地質情報の普及促進を図る。
- 職員の産総研への帰属意識向上と産総研の知名度を高めるため、「産総研 CI」を多方面で活用するとともに、各種印刷物等の視覚的質の向上を図るため、所内の他部門にデザインの提供、助言等を行う。
- 外部有識者で構成する「広報委員会」を開催し、助言を具体的なアクションプランへ反映させ、広報活動の更なる改善に努める。

【中期計画（参考）】

- 一般公開やオープンラボ、産総研キャラバン、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室などは第3期中期目標期間中に200回以上開催する。

《平成23年度計画》

- 企業や一般国民との直接対話を推進するため、一般公開やオープンラボ、産総研キャラバン、サイエンスカフェ、出前講座、実験教室、外部出展協力などの対話型広報活動を積極的にを行い、年40回以上開催する。

6. その他

【中期計画（参考）】

- 産業界への貢献を目的に特許庁からの委託を受け、産業界のニーズや各種法令の遵守、安全性の確保等に配慮した寄託、保管及び分譲体制の高度化を図り、特許生物の寄託に関する業務を適切かつ円滑に行うとともに、ブダペスト条約に基づき世界知的所有権機関（WIPO）により認定された国際寄託業務等を行う。これらの業務を行う上で必要な技術課題の克服を図る。

《平成23年度計画》

- ・特許庁からの委託を受け、また、ブダペスト条約に基づく国際寄託当局として、各種法令や規程、要領類を遵守しつつ、寄託業務を適切に行う。
- ・安全管理体制や緊急時対応の強化に努めるとともに、寄託動向を踏まえた業務の高度化や効率化、補完体制の整備、サービスの向上等に取り組む。
- ・保管株の遺伝子解析、安全度レベル判定、寄託者への通知等を実施し、取扱業務適正化のための一連の作業を終了させる。保管終了株については利用に向けた取組を行う。
- ・微生物の培養・保存技術や動物細胞、微細藻類、種子等の保存・検査技術の開発を行うなど、寄託業務支援のための調査・研究を行う。
- ・寄託センターの運営の合理化を検討し、実施する。

【中期計画（参考）】

- ・平成23年度補正予算（第3号）により追加的に措置された交付金については、東日本大震災からの復興のために措置されたことを認識し、革新的再生可能エネルギー研究開発事業、研究設備・機器の復旧及び巨大地震・津波災害に伴うリスク評価のための複合的な地質調査の取組のために活用する。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度補正予算（第3号）により追加的に措置された交付金については、東日本大震災からの復興のために措置されたことを認識し、革新的再生可能エネルギー研究開発事業、研究設備・機器の復旧及び巨大地震・津波災害に伴うリスク評価のための複合的な地質調査の取組のために活用する。

【中期計画（参考）】

- ・上記、1～5を踏まえ、下記の分野について、それぞれ別表に示した具体的な技術開発を進める。
 鉱工業の科学技術【別表1】
 地質の調査【別表2】
 計量の標準【別表3】

II. 業務運営の効率化に関する事項

1. 業務運営の抜本的効率化

(1) 管理費、総人件費等の削減・見直し

【中期計画（参考）】

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、毎年度、平均で3%以上の削減を行う。また、一般管理費を除く業務経費について、毎年度、平均で1%以上の効率化を達成する。

《平成23年度計画》

- ・運営費交付金事業のうち一般管理費については、新規に追加されるもの、拡充分等は除き、毎年度、平均で

3%以上の削減を行う。また、一般管理費を除く業務経費について、毎年度、平均で1%以上の効率化を達成する。

【中期計画（参考）】

- ・総人件費については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）」及び「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）」に基づき、運営費交付金に係る人件費（A分類）を平成22年度までに平成17年度比5%以上削減し、平成23年度においても引き続き削減等の取組を行う。

《平成23年度計画》

- ・総人件費については、「簡素で効率的な政府を実現するための行政改革の推進に関する法律（平成18年法律第47号）」及び「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2006（平成18年7月7日閣議決定）」に基づき、運営費交付金に係る人件費（A分類）を平成22年度までに平成17年度比5%以上削減し、平成23年度においても引き続き削減等の取組を行う。

【中期計画（参考）】

- ・給与水準については、目標水準及び目標期限を設定してその適正化に計画的に取り組んでいるところであるが、引き続き着実にその取組を進めるとともに、その検証結果や取組状況を公表するものとする。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度も引き続き着実かつ計画的に給与水準の適正化の取組を進めるとともに、その検証結果や取組状況を公表する。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務のコスト構造を見直し、管理費の削減に取り組む。また、諸手当及び法定外福利費については、国及び他の独法等との比較において適正な水準であるかの検証等を行う。

《平成23年度計画》

- ・研究支援業務の22年度決算内容や23年度予算執行状況を確認し、さらなる管理費削減に取り組む。

【中期計画（参考）】

- ・研修、施設管理業務などの外部に委託した方がより効率的な業務については引き続きアウトソーシングを進める一方、既にアウトソーシングを行っている業務については、内部で実施した方がより効率的な場合は内部化し、また、包括契約や複数年度契約の導入等、より効率的かつ最適な方法を検討し、業務の一層の効率化を進める。なお、これらの検討に当たっては、市場化テストの導入可能性についても検討を行う。

《平成23年度計画》

- ・施設維持管理業務については、市場化テスト導入に向け業務見直し検討会において、業務の効率化、コスト削減、確保すべきサービスの基準、落札者評価基準等を検討し平成24年度以降の契約を見直す。
- ・複数年度契約や包括契約により業務の効率化、コスト削減が見込める業務契約を洗い出し、平成24年度から最適な手法による契約を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務については、より効率的かつ質の高い支援が可能となるような体制の見直しを行うとともに、効率的な時間活用の徹底及びマネジメント体制の強化による効率化を進める。

《平成23年度計画》

- ・研究現場に提供するサービスの質の向上を効率的に実現するため、業務実施体制の見直しを行う。
- ・ノー残業デーの徹底により職員に定時退庁を促し、労働時間の縮減に努める。
- ・また、リフレッシュのための年次有給休暇取得促進キャンペーンを実施し、職員のワーク・ライフ・バランス実現にむけ労働時間の縮減に努めると共に、有給休暇取得促進を図る。
- ・さらに、職員研修等の機会を活用し、業務の効率化、業務品質の向上のためのセミナーを開催し、日常的に業務を見直し効率的に時間を活用する風土醸成に努める。

【中期計画（参考）】

- ・所内リサイクル物品情報システムを活用した研究機器等の所内リユースの取り組みにおいて、第3期中期目標期間終了時までには年間600件以上の再利用を目指す。

《平成23年度計画》

- ・新規採用職員及びユニット事務スタッフ向けの財務会計制度説明会において所内リユースの周知、啓発を図るとともに、研究業務推進部室会計チームとの連携により、リサイクル物品情報システムを活用した所内リユースを推進する。

【中期計画（参考）】

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

《平成23年度計画》

- ・独立行政法人を対象とした横断的な見直しについては、随時適切に対応する。

(2) 契約状況の点検・見直し

【中期計画（参考）】

- ・「独立行政法人の契約状況の点検・見直しについて」（平成21年11月17日閣議決定）に基づき、競争性のな

い随意契約の見直しを更に徹底して行うとともに、一般競争入札等（競争入札及び企画競争・公募をいい、競争性のない随意契約は含まない。以下同じ。）についても、真に競争性が確保されているか、点検・検証を行い、契約の適正化を推進し、業務運営の効率化を図る。

《平成23年度計画》

- ・産総研の「行政支出見直し計画」、「1者応札・1者応募に係る改善策」、及び契約監視委員会での点検・見直しによる指摘事項等を踏まえ、契約の適正化を推進するため、以下の取り組みを行う。

【中期計画（参考）】

- ・一者応札及び100%落札率の割合を少なくするため、適切な公告期間の設定等により競争性を確保し、競争性が働くような入札方法の見直しを図る。

《平成23年度計画》

①適切な公告期間の設定

- ・事業者が余裕をもって計画的に提案を行えるよう、事業内容に応じて適切な公告期間を設けるとともに、可能な限り説明会を実施し、説明会から提案締め切りまでの期間を十分に確保する。

②適切な調達情報の提供

- ・入札ないし公募公告に、仕様概要、関係資料の提出期限等、事業者が参加するために必要な情報を提供する。
- ・調達情報をより多くの事業者に行き渡らせるため、産総研入札公告掲載ページへのリンクの設置を依頼する等、他機関との連携を推進する。
- ・その他、調達計画の公表等、事業者への事前の情報提供を行う。

③適切な仕様書の作成

- ・仕様書の作成にあたっては、業務遂行上必要最低限の機能や条件を提示する。
- ・事業の実施方法等、事業者の提案を受けることでより良い事業の実施が可能となる事項については抽象的な記載とし、可能な限り、関連情報を提供する公募説明会を開催する。

④適切な事業期間の設定

- ・開札日から役務等の履行開始日までの期間を契約対象の業務内容に応じて確保する等、人員の配置が困難であったり、キャッシュフローの余力のない、比較的規模の小さい事業者も競争に参加できるよう取り組む。

⑤その他

- ・他機関における「契約監視委員会に関する公表事項」等の情報を収集及び分析し、当所においても取り組み可能な事例については積極的に取り入れる。
- ・以上のほか、入札辞退理由等を活用し、引き続き、実質的な競争性を阻害している要因を把握し、改善に取り組む。
- ・「独立行政法人の事務・事業の見直しの基本方針」（平

成22年12月7日閣議決定)を受けて設置された「研究開発事業に係る調達の在り方に関する検証会議」にメンバーとして参画し、基本方針に基づくベストプラクティスの抽出と実行による独立行政法人の調達制度の検証及び改革に取り組む。

【中期計画(参考)】

- ・産総研内「契約審査委員会」において、政府調達の適用を受けることとなる物品等又は特定役務の仕様書、契約方式、技術審査等に関する審査を行っているが、第3期中期計画期間においては、審査対象範囲の拡大や審査内容の拡充に関する新たな取り組みを行う。

《平成23年度計画》

⑥契約審査委員会における審査内容等の拡充

- ・所内「契約審査委員会」における審査対象範囲を見直すとともに、技術的な見地から要求仕様の審査を拡充する。

【中期計画(参考)】

- ・また、契約審査体制のより一層の厳格化を図るため、法人外部から採用する技術の専門家を契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。

《平成23年度計画》

⑦契約審査体制のより一層の厳格化

- ・法人外部から採用する技術の専門家を日々の契約審査に関与させ、調達請求者が要求する仕様内容・調達手段についての技術的妥当性の検討を充実強化する。

2. 研究活動の高度化のための取組

(1) 研究組織及び事業の機動的な見直し、外部からの研究評価の充実

【中期計画(参考)】

- ・外部からの評価結果や社会的ニーズ等を踏まえ、研究領域ごとに戦略的、効果的に研究を遂行するため、機動的に組織体制の見直し、組織の改廃や新設を行う。

《平成23年度計画》

- ・外部からの評価結果や社会的ニーズ等を踏まえ、今後の研究及び組織のあり方の判断に資する評価を行う。
- ・評価結果等を踏まえ、機動的な組織体制の見直しを図るとともに、研究推進組織の改廃及び新設を行う。

【中期計画(参考)】

- ・実用化や製品化までの研究開発期間の短縮を図るためにも、自前主義にとらわれることなく、共同研究等により、海外を含め大学、他の研究機関や民間企業等の人材、知見、ノウハウ等をより積極的に活用する。

《平成23年度計画》

- ・新たな技術開発による新産業の創出を図るために、「産総研オープンラボ」の他、産総研内外で開催され

るイベントや研究者によるアウトリーチ活動を活用し、産総研の技術シーズを国内外へ発信すると共に、産業界のニーズも踏まえ民間企業、他の研究機関との共同研究等を機動的かつ集中的に推進する。

【中期計画(参考)】

- ・産総研が取り組む必要がある研究開発について、政策との関係や他との連携強化に実効的な措置や取組を明らかにしつつ、経済産業省の関係課室と意見交換を行いながら具体的な技術目標を明示した「産総研研究戦略」を策定し実行する。その際、更なる選択と集中を図り、実用化や製品化という目標を明確に設定した研究開発への重点化を図る。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に策定した「産総研研究戦略」について、研究の進捗、産業ニーズの変化、産業界の意見等を踏まえて内容を見直し、平成23年度版を策定する。
- ・イノベーション推進本部においては、平成23年度「産総研研究戦略」における研究支援の在り方、連携の方策、研究成果の社会への還元の在り方、人材の育成等についてのアクションプランを、PDCAを通じて推進する。

【中期計画(参考)】

- ・萌芽的な基礎的研究についても一定の関与をしつつ、産業変革を促すような革新的、独創的な研究課題を実施する形で重点化を図り「産総研研究戦略」に位置づける。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度版「産総研研究戦略」の中で、産業変革を促すような革新的、独創的な研究課題を明確に提示する。
- ・イノベーション推進本部においては、産業変革を誘導する革新的、独創的な研究課題の構築には、イノベーション推進本部長を中心として、イノベーションコーディネータ、イノベーション推進企画部により特別チームを編成し、産業界とのインターフェイス機能及びオープンイノベーションハブ機能の強化、さらには社会・政策ニーズを踏まえながら進めていく。

【中期計画(参考)】

- ・「I. 2. (1) 地域経済の競争力を支える最高水準の研究開発」において掲げた地域センターの取り組みの成果に関しては検証を行い、第3期計画期間中にその検証結果を公開するとともに、検証の結果を踏まえて各地域センターが一樣に同一の機能を担うことを前提とせず、各地域センターの所在する地域の特性に応じて各地域センターが果たす機能の大胆な見直しを行い、産総研の研究開発戦略における地域センターの役割を検討する。具体的には、地域センターが有している、

地域特性を活かした技術開発や地域における科学技術拠点群形成のための先端研究開発等の活動により発揮される研究機能と地域産業政策や地域産学官をつなぐ活動により発揮される地域連携機能を活かした取り組みについて、地域産業への技術移転、成果普及を通じて地域産業の振興や新産業の創出に寄与、貢献しているか、あるいはそれらが確実に見込まれる状況になっているか、地域の大学及び企業等を巻き込んで産学官の緊密な連携やオープンイノベーションの推進を実現できているか、大学と企業をつなぐ役割や地域の中小企業等の技術開発や製品化の取り組みに寄与、貢献しているか、といった視点から総合的に検証し、その検証結果を踏まえて各地域センターが有する研究機能と連携機能を発揮する活動とリソース配分の見直しを行い、地域活性化の中核としての機能強化を図る。

また、地域センターに所属する事業所及びサイトについては、研究機能と連携機能の観点から、共同研究等の設立目的終了時又は利活用状況が低下した時点において、その事業の必要性を検証し、不要と判断された場合は速やかに閉鎖する。

《平成23年度計画》

- 平成22年度に地域センター毎に策定した地域事業計画に従って、地域経済に貢献する最高水準の研究開発を実施する。【再掲】
- 地域センター毎に取りまとめた地域事業計画に沿って事業を推進するとともに、事業の進捗に合わせて地域のステークホルダーとの意見交換を行い、地域事業計画および実施内容の見直しを行う。また総合的な評価を行うためのデータの収集と蓄積を行う。

【中期計画（参考）】

- 産総研イノベーションスクール（平成20年度開始）及び専門技術者育成事業（平成17年度開始）については、第3期中期目標期間中において、育成期間終了後の進路等、育成人材の追跡調査等によって成果を把握して、現行の事業の有効性を検証し、その継続の要否も含めた見直しを行うものとする。

《平成23年度計画》

- 産総研イノベーションスクールについては、引き続き育成修了者の進路の追跡調査を行い、事業評価のためのデータの集積を行う。専門技術者育成事業については、育成人材の追跡調査などこれまでの成果の検証を行いつつ、実施規模など事業内容の見直しを行う。

【中期計画（参考）】

- ベンチャー開発センターについては、第3期中期目標期間中において、創出ベンチャー企業の業績や動向を把握し、それまでの取組における成果及び問題点並びに制度上のあい路等を厳格に検証し、その結果を公表するとともに、当該検証結果を踏まえ、事業の存続の

要否も含めた見直しを行う。具体的には、産総研ベンチャーの創出、育成及び支援に関する施策について、創出企業が成功に至った例、失敗した例の両方について、技術シーズ発掘からビジネスプラン策定や検証を経て創業に至るまでの過程における各施策の有効性について検証し、検証結果を踏まえた見直しを行うとともに、有効性の高いものと認められ引き続き実施する施策については外部の研究開発機関等へ知見やノウハウを広く公開、共有する。

《平成23年度計画》

- 選定したスタートアップ開発戦略タスクフォースおよび創出されたベンチャー企業について、事例分析を進める。必要に応じて第三者による分析・評価を活用して公正な検討となるよう努める。

【中期計画（参考）】

- 研究評価の質を向上するため、現場見学会の開催や事前説明等の充実により、評価者が評価対象を把握、理解する機会を拡大する。

《平成23年度計画》

- 外部委員への事前説明を充実させるとともに、評価委員が評価対象となる研究ユニットを把握及び理解する機会として意見交換会、成果情報の提供等の充実を図る。
- 研究ユニット評価委員会に併せて現場見学会やポスターセッションを行い、また当該委員会の討議時間を十分に確保することにより、評価委員が評価対象となる研究ユニットをより深く理解する取り組みを行う。
- 研究ユニット評価委員会における指摘事項等に対する当該研究ユニットの対応状況を評価委員に把握させることにより、評価の質の向上を図る。
- 研究ユニット評価におけるデータベースの活用について、被評価者の負担軽減を図る観点から、引き続き検討する。また、研究ユニットの活動の構成・特徴をより一層的確に把握する、質の向上を含む指標の検討及び試行を進め、ファクトデータの収集・分析・活用の実施可能な枠組みを構築する。

【中期計画（参考）】

- 産総研ミッションに即した、より客観的かつ適切な評価軸へ見直しを行い、アウトカムの視点からの評価を充実させる。また、研究成果創出の最大化ならびに成果の社会還元に繋げるため、PDCA サイクルによる継続的な自己改革へ評価結果を適切に反映させる。

《平成23年度計画》

- 社会情勢等の環境変化に対応しつつ、研究開発やイノベーション創出に向けた取り組みを、産総研ミッションに照らして適切かつ客観的に評価する。
- 第3期研究関連等業務評価の基本方針に基づき、第3期中期計画「イノベーション推進、産業人材育成等に係

わる業務」に対する活動について、評価を実施する。

- ・評価結果を継続的な自己改革へ反映し、今後の研究及び経営判断に資するための取り組みを充実させる。
- ・国内外の評価関連学会への参加や評価システムに関する調査を実施し、評価制度の見直しに適宜活用する。

【中期計画（参考）】

- ・平成22年度末までに秋葉原事業所を廃止し、職員の配置を見直すとともに、業務の効率化を図る。
- 《平成23年度計画》
- ・なし

(2) 研究機器や設備の効率的な整備と活用

【中期計画（参考）】

- ・新たな事業所やサイト等の研究拠点を設置する場合は、現状の基幹設備状況や拠点設備等の汎用性を踏まえるとともに、省エネルギーの推進、類似の研究領域に係る施設を極力近接して配置するなど経済性、効率性を考慮した施設整備に努める。研究開発の進ちょく状況に応じて、無駄なく必要な研究スペース等を確保するものとする。また、研究開発の終了時には、施設の有効活用のための検討を行い、その上で施設の廃止又は不用資産の処分が適切と判断された場合は速やかに実施する。

《平成23年度計画》

- ・新たな研究拠点を設置する際は既存拠点との合理性を検討し、施設の設計と設備の導入においては経済性を考慮するとともに、汎用性の高い施設となるよう設計を行う。また、新たに設置する設備機器類については、高い省エネ性能を有するトップランナー機器を積極的に導入するとともに、効率的な空調制御システムの導入など、更なる省エネルギーの推進を図る。
- ・研究環境安全委員会等のツールを活用し、適切な施設整備の実現を図る。
- ・長期施設整備計画（マスタープラン）に基づき、第3期中に実施すべき施設整備として中期施設整備計画の詳細を決定し、老朽化が著しい建物等の閉鎖を実行に移す。
- ・平成22年度に作成した既存施設の有効活用のための基本方針に基づき、施設の仕様、老朽化の程度などの情報のデータベース化を推進し、安全を確保しながら建物の集約化及び閉鎖等を含めた施設の有効活用の方法を検討する。
- ・効率的な研究スペースの確保及びスペースの有効活用のため、引き続き、地域センターを含めた産総研全体のスペースの利用状況を考慮しながら定期的に配分審査を実施する。
- ・研究スペースの配分に際しては、効率的な配置及び類似の研究領域の集約化をふまえた配分とする。また、研究開発の段階に対応したスペース利用となるよう、

スペースの返納や、既存設備の有効活用等を促進する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研が保有する研究人材及び研究開発で活用する最先端の研究機器、設備等を社会と共有するための拠点（先端機器共用イノベーションプラットフォーム）の体制整備を行うとともに公開設備の範囲の拡大を行う。
- 《平成23年度計画》
- ・所内外への技術支援サービスを行う共用利用施設として、利便性の充実と新規チーム参加も含めたサービス内容の拡充に努めると共に、TIA 活動中のコアインフラとしての貢献を進める。

3. 職員が能力を最大限発揮するための取組

(1) 女性や外国人を含む優秀かつ多様な人材の確保及び育成

【中期計画（参考）】

- ・研究職については、研究活動に活力を与える任期付研究職員制度を持続的に発展させるために、多様な人材の確保に配慮しつつ、若手研究員の採用を促進する新たな制度を導入するなど、採用制度の見直しを行う。
- 《平成23年度計画》
- ・研究職については、優秀かつ多様な人材を確保するための方策を継続的に検討していく。

【中期計画（参考）】

- ・事務職については、産総研で求める人物像及び専門性を明確にした上で採用活動を実施し、優秀な人材確保に努める。また、特別な専門知識を必要とする特定の業務については、民間経験等を有する者の中途採用を積極的に推進する。
- 《平成23年度計画》
- ・引き続き各部署との協議を通して専門性についての検討を行う。
 - ・全国の主要大学等で就職説明会や効果が期待できる企業合同説明会に引き続き積極的に参加することにより、採用応募への勧誘と広報を行い、多様で優れた人材の確保に努める。
 - ・特別な専門知識が必要な特定の業務については、引き続き即戦力が必要な業務を調査し、中途採用制度を活用する等により人材の確保に努める。

【中期計画（参考）】

- ・定年により産総研を退職する人材については、関係法令を踏まえて、第2期に引き続き再雇用を行っていく。
- 《平成23年度計画》
- ・平成25年度から開始となる退職共済年金の報酬比例部分に係る支給開始年齢の引き上げ（3年ごとに1歳引き上げ）を踏まえつつ、必要に応じてシニアスタッフ制度の検討を行う。

- ・平成23年度末で定年退職する職員については、引き続き再雇用を行う。

【中期計画（参考）】

- ・人材の競争性、流動性、及び多様性をより一層高めるとともに、最適な研究者の構成、知財戦略の推進やベンチャー創出あるいは研究マネジメント等の分野における専門的な人材の活用を図るため、第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略としてまとめる。また、それに応じた人事システム、研究者の評価システムやキャリアパスの見直しを行うものとする。

《平成23年度計画》

- ・抽出した課題について引き続き検討を進め、人件費に係る様々な社会的要請を踏まえつつ、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高める等のための中長期的な人事戦略の策定に向けた検討を行う。

【中期計画（参考）】

- ・男女や国籍などの別にかかわらず個人の能力を存分に発揮できる環境の実現を目指し、共同参画を推進する。研究系の全採用者に占める女性の比率について第3期中期目標期間終了時までには第2期実績を上回る15%以上を確保し、更なる向上を目指す。また、外国人研究者の採用については、研究セキュリティをはじめコンプライアンスの観点に留意しつつ、積極的な採用に努める。

《平成23年度計画》

- ・ワーク・ライフ・バランス支援や、キャリア形成に向けた意欲触発支援を引き続き実施する。特に各種相談窓口を充実させる。これまでの男女共同参画の意識啓発の取組を発展させ、多様性活用（ダイバーシティ）意識の啓発及び浸透を行う。
- ・女性研究職をターゲットとしたリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を行い、女性研究者採用比率の向上を目指す。外国人研究者の採用についての課題を分析する。
- ・男女共同参画に関する取組の波及効果を高めるために、国、自治体及び他の研究教育機関等との連携関係をさらに発展していく。男女共同参画の取組を進める複数の研究教育機関等を組織化したコンソーシアムの活動を推進し、コンソーシアム向けのイベント等の開催に積極的に取り組む。

【中期計画（参考）】

- ・高度に専門化された研究職の能力向上に重要な要素は、意識啓発と優秀な研究マネージャによる指導であり、意識啓発や自己開発スキルに重点をおいた研修を契機として自己研鑽やOJTを通じた研究能力の一層の向上

を図る。研究開発マネジメント能力を高めるためには、研修での意識啓発やスキル蓄積に加えて新たなキャリアを積極的に経験させるなどの取組を行う。

《平成23年度計画》

- ・研究職の能力向上およびキャリアデザインを意識し、新人、若手、中堅研究職員研修を基礎として、年齢層・職層に対応した階層別研修の研修実施体制の整備を行う。特に、研究職のマネジメント能力およびモチベーションの向上を目指した研修の検討を行う。

【中期計画（参考）】

- ・研究支援業務における業務の専門性の深化に対応して、職員の専門性の蓄積を図るための研修（知財、ベンチャー、産学官、財務、能力開発など）やスキルアップのための研修（簿記、民法など）などを実施する。また、実際の産学官連携活動等の場での若手職員のOJTなど、産業界との連携を牽引できる人材育成の仕組みを構築し、産学官連携、国際標準化、知財管理等をマネージすることができる人材の育成に努める。

《平成23年度計画》

- ・産業界との連携を牽引できる人材を育成するため、引き続き若手職員についてOJTを行うことで、業務の効率化ならびに専門性の深化を図る。また、OJTリーダーとして指導を行うことによって指導力・マネジメント能力向上を目指す。
- ・プロフェッショナル研修の体系において、エキスパート研修については、現在の組織・業務体制の下、より効率的で高い効果を得られる研修体系に整備する。スキルアップ自己研鑽研修については、これまで実施してきた研修の見直しを行うとともに、職員のニーズや社会情勢等に即した研修を機動的に取り入れるなどして、より効率的で高い効果が得られる研修を実施する。また、平成22年度と同様に省庁等が行う外部研修への積極的な参加を呼びかける。平成22年度に引き続き、専門性向上に役立つ補助教材の貸し出しを行う。これらを実施することにより、専門性の高い事案に対応するための能力向上、職員のスキルアップを図る。

【中期計画（参考）】

- ・複数の研究成果を統合して「製品化」につなげる人材の育成においては、職種の別なく広範な育成研修を実施し、意識啓発とスキルアップを図る。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に引き続いて、「製品化」に向けた意識啓発に対応する内容を盛り込んだ階層別研修を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・職員の専門性向上のため、内部での研修、外部への出向研修を積極的に実施し、毎年度300名以上の職員が研修を受講するよう努める。

《平成23年度計画》

- ・プロフェッショナル研修の体系において、エキスパート研修については、現在の組織・業務体制の下、より効率的で高い効果を得られる研修体系に整備する。スキルアップ自己研鑽研修については、これまで実施してきた研修の見直しを行うとともに、職員のニーズや社会情勢等に即した研修を機動的に取り入れるなどして、より効率的で高い効果が得られる研修を実施するとともに、平成22年度と同様に省庁等が行う外部研修への積極的な参加を呼びかける。プロフェッショナル研修の延べ受講者数については、平成22年度実績の390名を目指す。

【中期計画（参考）】

- ・共同研究や技術研修の実施に伴う外部研究員の受け入れ及び産総研研究員の外部派遣などにより、外部人材との交流を通じた研究水準の向上及び研究成果の産業界への円滑な移転を推進するとともに、産業界や学会との人事交流並びに兼業も含む産総研からの人材の派遣等も実施する。

《平成23年度計画》

- ・共同研究制度、外来研究員制度、技術研究組合制度及び技術研修等の制度を活用した外部人材の受入を推進し、引き続き、産業界及び学生等の研究水準の向上と研究成果の効率的な移転に努める。また、共同研究制度や連携大学院制度、委員の委嘱、兼業等の制度を活用した人材の相互交流を積極的に実施する。【再掲】
- ・成果の普及及び職務上得た知見の社会への還元を行う必要性から、引き続き兼業活動を推進しつつ、兼業先との関わりによる産総研の組織損害等を未然に防止するために兼業等規程などに照らした適正な審査を行う。

(2) 職員の能力、職責及び実績の適切な評価

【中期計画（参考）】

- ・個人評価制度については、産総研のパフォーマンス向上に向けた職員の意欲を更に高めることを目的として、評価者と被評価者間のコミュニケーションを一層促進し、産総研ミッションを反映した中長期的視点を含んだ職員個々人の目標設定とその達成へのきめ細かな助言などを通じた効果的な活用を図る。研究活動のみならず成果普及活動を含めた産総研のミッション実現への貢献度や、職務遂行能力等を発揮した研究や業務運営の円滑化への貢献度等をより適切に評価できるよう見直しを行う。

《平成23年度計画》

- ・短期評価及び長期評価を円滑に実施し、評価者・被評価者間で中長期的視点についての意思疎通等を図り、キャリアパスへの反映やパフォーマンス向上に対して、より一層の促進効果が得られるよう、運営を行う。
- ・個人評価制度の効果的な活用を図るため、評価者のス

キル向上・評価傾向の理解等についての研修を実施する。

【中期計画（参考）】

- ・職員の職種や業務の性格等を勘案した上で、個人評価結果を業績手当や昇格等に、より適切に反映させるよう適宜見直しを行うとともに、職責手当の見直しを含め、職員の能力、職責及び実績をこれまで以上に給与に適切に反映するように検討する。

《平成23年度計画》

- ・職責手当、業績手当及び昇格等については、それぞれの財源等の見直しを含め、職員の能力・職責・実績をより適切に反映する仕組みの検討を引き続き行う。

4. 国民からの信頼の確保・向上

(1) コンプライアンスの推進

【中期計画（参考）】

- ・定期的な研修及びセルフチェック等の実施を通して、参加型コンプライアンスを推進し、役職員等の意識向上を図るとともに、リスク管理活動などの取組において、PDCA サイクルを有効に機能させることにより、全所的なコンプライアンスの徹底を図る。

《平成23年度計画》

- ・全職員等のコンプライアンスに対する意識向上に向け、新規採用職員研修、職員基礎研修、契約職員基礎研修、セルフチェックの実施等によって、参加型コンプライアンスの推進を図る。
- ・コンプライアンス推進本部と他部署が実施するセルフチェックとの統合化や統一化を検討し、より効率的なセルフチェックの実施を図る。
- ・各部署が所掌する規程類等の所内イントラへの掲載ルールを明確化するとともに、職員等による規程類の制定、改正等について、作業の利便性向上が図られるよう所内イントラによる参考情報の提供やマニュアル整備等に努める。
- ・役職員が安心して産学官連携活動に取り組めるよう、利益相反マネージメントを実施する。
- ・他の独立行政法人や国立大学法人等の利益相反マネージメントの動向を把握し、マネージメント手法に反映することで、時宜にあったマネージメントに努める。
- ・各部署等におけるリスク管理活動プランの策定及び自己評価等を通じ、リスク管理のPDCA サイクルを着実に遂行する。
- ・危機案件やヒヤリハット情報等の蓄積と整理、リスクテンプレートの改訂の準備を進めるなど、リスク管理手法の向上を図る。
- ・内部監査等を活用してリスク管理活動のモニタリングを行い、その結果を各部署等にフィードバックすることにより、リスク管理活動の向上に努める。
- ・内部監査や監事監査の支援業務を通じ、内部統制の適

用状況やリスクの把握に努める。

- ・監査結果を遅滞なく業務を所掌する部署にフィードバックし、規程やマニュアル等の見直しを行うことにより、業務プロセスの適正化を図る。
- ・安全保障輸出管理の観点では、関連法令の改正等の情報を周知徹底する。昨年10月の組織再編に伴う輸出管理体制の変更が円滑に行われるよう、地域センターを含めた職員への勉強会、研修会を充実する。また、大学と円滑な共同研究実施のため、昨年4月に義務付けられた大学での輸出管理体制構築への支援を行う。

【中期計画（参考）】

- ・産総研の諸活動の社会への説明責任を的確に果たすため、保有する情報の提供の施策に関する充実を図るとともに、開示請求への適切かつ迅速な対応を行う。また、個人の権利、利益を保護するため、産総研における個人情報の適正な取扱いをより一層推進するとともに、個人情報の開示請求等に適切かつ迅速に対応する。情報セキュリティポリシーの適正な運用を継続維持し、セキュリティや利便性の高いシステムの構築を目指す。

《平成23年度計画》

- ・情報公開窓口の円滑な運用を行うとともに、開示請求及び問い合わせ等に適切に対応する。
- ・ホームページを活用した法令に基づく公表事項等の情報提供について、最新の情報を掲載するとともに、情報公開窓口における研究成果資料の整備等を行い、情報提供の一層の推進を図る。
- ・法人文書ファイルの検索方法等について、ユーザーの利便性の向上を図る。
- ・個人情報保護窓口及び苦情相談窓口の円滑な運用を行うとともに、開示請求等に適切に対応する。
- ・個人情報ファイルの検索方法等について、ユーザーの利便性の向上を図る。
- ・個人情報に関する規程やガイドライン等の理解をより効果的に促進するため、個人情報保護ハンドブックの改訂を行う。
- ・情報セキュリティポリシーの適正な運用を継続維持し、業務遂行に必要なセキュリティ水準の向上と対策を効果的、効率的に実施する。また、セキュリティや利便性の高いシステムの構築のため、産総研ネットワーク障害時の可用性確保及び業務システムの改修を引き続き行う。

(2) 安全衛生及び周辺環境への配慮

【中期計画（参考）】

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、PDCAサイクルによる継続的な安全管理活動を推進するとともに、安全衛生管理体制の維持強化を図り、業務を安全かつ円滑に遂行できる快適な職場環境づくりを進める。

《平成23年度計画》

- ・事故及び災害等の発生を未然に防止するため、「環境安全マネジメントシステム」のより実効的運用を図る。特に、事故の再発防止策やヒヤリハット報告から得られる情報を充実させ、事故件数の低減及び人的被害の最小化を図る。具体的には、各事業所における環境安全マネジメント内部監査への参加・支援を積極的に実施するとともに、各事業所の改善点や評価点の情報を共有し、各事業所間の運用レベルの均一化及びレベルアップを図る。
- ・ライフサイエンス実験管理室においては、新たに情報系人間工学実験を審議する委員会を設置し、既存の7つの委員会と合わせて着実に運営するとともに、ヒト由来試料使用実験、組換え DNA 実験、動物実験、生物剤毒素使用実験現場の現地調査を継続して実施する。
- ・前年度から運用を開始した e-ラーニングシステムについては、新たなコンテンツを追加して教育訓練の内容を充実する。また、外部有識者による講演会を開催し、倫理、安全性の確保及び最新の情報の周知を図る。
- ・前年度までに基盤を構築した放射線業務従事者の全国一元管理システムの信頼性を向上させるとともに、各事業所における放射線管理体制を強化するための支援を行なう。また、前年度に引き続き核燃料物質の集約化作業を推進する。
- ・多様化するエックス線発生装置の利用に関して、法令遵守の観点から、事業所と連携して利用者への指導・教育を推進する。

【中期計画（参考）】

- ・研究活動に伴い周辺環境に影響が生じないよう、PDCA サイクルによる環境配慮活動を推進するとともに、活動の成果等を環境報告書として取りまとめ毎年公表する。

《平成23年度計画》

- ・環境配慮活動を推進するため「環境安全マネジメントシステム」の運用を推進する。特に、環境負荷が大きい環境事故について対策の強化を図る。
- ・環境配慮活動の取組及び実績について、「産総研レポート」として公表する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研全体としてのエネルギー消費、温室効果ガス排出についての実情分析を行い、現状を定量的に把握する。当該分析結果を活用し、エネルギー多消費型施設及び設備の省エネルギー化を推進するとともに、高効率の機器を積極的に導入することにより、エネルギーの削減を図る。

《平成23年度計画》

- ・産総研全体のエネルギー消費、温室効果ガス排出についての実情分析を行うため、引き続き、設備及び機器

毎に定量的に把握する。また、大幅なエネルギー削減が期待できるクリーンルームや恒温恒湿室などのエネルギー多消費施設及び設備を中心とした省エネチューニングや共有による集約化を行い、エネルギーの削減を推進する。併せて、老朽化対策などの施設整備に際しては、引き続き積極的な高効率機器の導入を行い、エネルギーの削減を図る。

- ・産総研が実施した省エネ対策について、内外への PR 活動を行う。

Ⅲ. 財務内容の改善に関する事項

1. 予算（人件費の見積もりを含む）【別表 4】

【中期計画（参考）】

（参考）

[運営費交付金の算定ルール]

毎年度の運営費交付金（G（y））については、以下の数式により決定する。

$$G(y) \text{ (運営費交付金)} \\ = \{ \{ (Aa(y-1) - \delta a(y-1)) \times \beta + (Ab(y-1) \times \varepsilon) \} \times \alpha a + \delta a(y) \} + \{ \{ (Ba(y-1) - \delta b(y-1)) \times \beta + (Bb(y-1) \times \varepsilon) \} \times \alpha b \times \gamma + \delta b(y) \} - C$$

- ・G（y）は当該年度における運営費交付金額。
- ・Aa（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分の A 分類人件費相当分以外の方。
- ・Ab（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち一般管理費相当分の A 分類人件費相当分。
- ・Ba（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分の A 分類人件費相当分以外の方。
- ・Bb（y-1）は直前の年度における運営費交付金対象事業に係る経費※のうち業務経費相当分の A 分類人件費相当分。
- ・C は、当該年度における自己収入（受取利息等）見込額。

※運営費交付金対象事業に係る経費とは、運営費交付金及び自己収入（受取利息等）によりまかなわれる事業である。

- ・ αa 、 αb 、 β 、 γ 、 ε については、以下の諸点を勘案した上で、各年度の予算編成過程において、当該年度における具体的な係数値を決定する。

αa （一般管理費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比3%以上の削減を達成する。

αb （業務経費の効率化係数）：毎年度、平均で前年度比1%以上の効率化を達成する。

β （消費者物価指数）：前年度における実績値を使用する。

γ （政策係数）：法人の研究進捗状況や財務状況、新

たな政策ニーズや技術シーズへの対応の必要性、独立行政法人評価委員会による評価等を総合的に勘案し、具体的な伸び率を決定する。

- ・ δa （y）、 δb （y）については、新規施設の竣工に伴う移転、法令改正に伴い必要となる措置、事故の発生等の事由により、特定の年度に一時的に発生する資金需要について必要に応じ計上する。 δa （y-1）、 δb （y-1）は、直前の年度における δa （y）、 δb （y）。
- ・ ε （人件費調整係数）

2. 収支計画【別表 5】

平成23年度貸借対照表及び損益計算書によって明示する。

（1）運営費交付金及び外部資金の効果的な使用

【中期計画（参考）】

- ・産総研の限られたリソースを有効に活用し、相対的に優先度が低い研究プロジェクトにリソースを割くことがないように、外部資金の獲得に際しての審査に当たっては、以下の点に留意するものとする。
- ①外部資金の獲得に当たっては、それによる研究開発と実施中の研究開発プロジェクト等との関係・位置付けを明確にするとともに、産総研のミッションに照らして、産総研として真に優先的、重点的に取り組むべき研究開発とする。

- ②特定の研究者に過剰に資金が集中することや他の研究開発課題の進捗よくに悪影響を与えることがないように研究者の時間配分を的確に把握、管理する。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度においては、研究テーマデータベースシステム（平成23年度本格稼働）を活用して、外部資金で行う研究開発が産総研のミッションに照らして、優先的、重点的に取り組むべきものになるよう、外部資金獲得に際しての審査を継続して行うとともに、研究者の研究開発への取組状況を把握、管理する。

【中期計画（参考）】

- ・外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、個々の外部資金の性格に応じて、その有効性を定期的に検証し、その結果を踏まえ、外部資金の獲得による研究開発の在り方について、一層の効率化、重点化の観点から、所要の見直しを行うものとする。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度においては、研究テーマデータベースシステム（平成23年度本格稼働）を活用して、外部資金による研究開発が産総研の研究開発活動にどのように寄与、貢献しているのか、個々の外部資金の性格に応じて、その有効性を定期的に検証する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研の事業について、個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけを一層明確化するとともに、民間企業における自社内研究テーマと産総研に期待する共同研究ニーズの的確な把握のための体制整備等を行う。《平成23年度計画》
- ・平成23年度においては、個々の目的や性格に照らして、運営費交付金で行う研究と外部資金で行う研究との研究戦略上の位置づけの一層の明確化を目指し、研究テーマデータベースを活用して22年度の研究戦略と各研究テーマの関連性の把握を試る。

【中期計画（参考）】

- ・大型の外部資金の獲得に当たっては内部の人材を広く集積させる組織体制を構築し、所内のプロジェクト責任者を中心として体制を組む。また、外部資金の獲得の際には、特に民間資金の場合は産総研のこれまでの投入資源を踏まえてユニット内で決定する。《平成23年度計画》
- ・平成23年度においても、プロジェクト責任者を中心とした体制により大型の外部資金の獲得に努めるとともに、民間資金については、各ユニットにおいて、これまでの投入資源を踏まえつつ獲得を図る。

(2) 共同研究等を通じた自己収入の増加

【中期計画（参考）】

- ・企業との共同研究などの促進のための外部資金の獲得に対するインセンティブ、国益に沿った形での海外からの資金獲得、研究施設の外部利用等の際の受益者負担の一層の適正化等の検討を行う。《平成23年度計画》
- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを活用する形で実施される外部資金による研究規模の拡大を図るため、企業との共同研究などの促進のための外部資金の獲得に対するインセンティブ制度の改善を適宜図る。また、国益に沿った海外からの資金の受入及び研究施設の外部利用等の際の受益者負担に係る制度改善等の一層の適正化に向けた検討を引き続き実施する。

【中期計画（参考）】

- ・産総研として取得し管理すべき知的財産権に関する方針を策定し、コアとなる技術に加え、その周辺技術や応用技術についても戦略的に特許を取得することで効果的に技術移転を行う。また、成果移転対価の受領方法を柔軟化する。《平成23年度計画》
- ・引き続き、研究成果移転対価の受領に関するタスクフォースにおいて、産業界への技術移転を活性化するために、研究成果の移転の対価を金銭以外の財産でも受

領を可能とするための審査委員会の設置・妥当性等の事前審査を行う運用の構築を検討する。【再掲】

【中期計画（参考）】

- ・オープンイノベーションの促進、共同研究等連携による地域発イノベーション創出を目指したコーディネーション活動の全国規模での展開、強化を通じた取組も行う。

《平成23年度計画》

- ・つくばと地域センターに配置したイノベーションコーディネータの全国的なネットワーク機能の活用と、産総研研究者と企業、大学、公設試験研究機関等との有機的な結合を図り、産学官連携共同研究施設（オープンスペースラボ）等と共同研究制度等の産学官連携制度の活用により、オープンイノベーションを促進する。
- ・地域発イノベーションの創出を目指し、産業技術連携推進会議を活用した各地域の技術的共通課題の抽出と、地域産業界と連携しての調査研究を全国規模で展開し、強化していく。

【中期計画（参考）】

- ・技術相談、技術研修にあたっては、受益者負担の観点から制度の見直しを行う。

《平成23年度計画》

- ・技術相談及び技術研修の実施にあたり、検討準備チームによる検討を継続し、適正な課金制度の方針を立てる。

【中期計画（参考）】

- ・このように従来以上の外部資金獲得可能性を検討し、外部資金の一層の獲得を進める。

《平成23年度計画》

- ・「人」や「場」等の産総研のリソースを提供することで、引き続き、外部資金による研究規模の拡大を目指す。また、資金提供型共同研究、受託研究、技術研修等の制度について、柔軟性の向上とともに受益者負担の観点も踏まえ、検討チームによる見直しを行い、方針を立てる。

3. 資金計画【別表6】

IV. 短期借入金の限度額

【中期計画（参考）】

(第3期：19,220,000,000円)

- ・想定される理由：年度当初における国からの運営費交付金の受け入れが最大3ヶ月遅延した場合における産総研職員への人件費の遅配及び産総研の事業費支払い遅延を回避する。

《平成23年度計画》

- ・なし

V. 重要な財産の譲渡・担保計画

【中期計画（参考）】

次の不要資産を処分する。

- ・九州センター直方サイトの土地（福岡県直方市、22,907m²）及び建物
《平成23年度計画》
- ・なし

VI. 剰余金の使途

【中期計画（参考）】

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等
《平成23年度計画》

剰余金が発生した時の使途は以下の通りとする。

- ・用地の取得
- ・施設の新営、増改築及び改修
- ・任期付職員の新規雇用 等

VII. その他業務運営に関する重要事項

1. 施設及び設備に関する計画

【中期計画（参考）】

- ・施設整備に際しては、長期的な展望に基づき、安全で良好な研究環境の構築、ライフサイクルコストの低減、投資効果と資産の活用最適性に配慮した整備を計画的に実施する。

《平成23年度計画》

- ①【平成21年度施設整備費補助金（当初）繰り越し分】
 - ・老朽化対策として、空調設備改修の整備事業を引き続き実施する。 総額14.0億円
- ②【平成22年度施設整備費補助金（当初）繰り越し分】
 - ・老朽化対策として、耐震化改修の整備事業を引き続き実施する。
つくばセンター
第5事業所、西事業所他（平成21、22、23年度の3ヵ年国庫債務負担行為：22年度分として総額11.2億円）
- ③【平成22年度施設整備費補助金（1次補正）】
 - ・新営棟建設として、世界的産学官連携研究センター整備事業を引き続き実施する。 総額29.9億円
つくばセンター 西事業所
- ④【平成23年度施設整備費補助金（当初）】
 - ・老朽化対策として、耐震化改修の整備事業を引き続き実施する。
つくばセンター
第5事業所、西事業所他（平成21、22、23年度の3ヵ年国庫債務負担行為：23年度分として総額14.9億円）
 - ・老朽化対策として、石綿関連改修の整備事業を実施する。 総額1.0億円

2. 人事に関する計画

【中期計画（参考）】

- ・第3期中期目標期間において、第2期中期目標期間にまとめた人材開発戦略会議の報告の内容を具体化しつつ、新たな中長期的な人事戦略とし、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるとともに、研究マネジメント等様々な分野における専門的な人材の確保、育成に取り組む。

（参考1）

期初の常勤職員数 3,190人

期末の常勤職員数の見積もり：期初と同程度の範囲で人件費5%削減計画を踏まえ弾力的に対応する。

※任期付職員については、受託業務等の規模や研究開発力強化法の趣旨に則って必要人員の追加が有り得る。

（参考2）第3期中期目標期間中の

人件費総額
中期目標期間中の総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込み：138,236百万円

なお、総人件費改革対象の常勤役職員の人件費総額見込みと総人件費改革の取組の削減対象外となる受託研究費等により雇用される任期付研究員の人件費との合計額は142,077百万円である。（受託業務等の獲得状況により増減があり得る。）

ただし、上記の額は、役員報酬並びに職員基本給、職員諸手当、超過勤務手当、退職者給与及び国際機関派遣職員給与に相当する範囲の費用である。

《平成23年度計画》

- ・抽出した課題について引き続き検討を進め、人件費に係る様々な社会的要請を踏まえつつ、人材の競争性、流動性及び多様性をより一層高めるための中長期的な人事戦略の策定に向けた検討を行う。【再掲】

【中期計画（参考）】

- ・研究職はより若手の研究者、事務職は求める専門性の視点での採用を検討、推進する。また、女性研究者や外国人研究者の採用も積極的に行う。

《平成23年度計画》

- ・研究職については、優秀かつ多様な人材を確保するための方策を継続的に検討していく。【再掲】

- ・女性研究職をターゲットとしたリクルート活動など、採用応募への勧誘と広報を引き続き行い、女性研究者採用比率の向上を目指す。外国人研究者の採用について、積極的な採用に努める。

【中期計画（参考）】

- ・また、研究職個々人の研究開発能力の向上とともに、研究開発マネジメントの人材を育成し、事務職においては専門性の蓄積を重視した人事ローテーションを実施することにより専門家人材を育成する。

《平成23年度計画》

- ・事務職については、平成23年度も平成22年度に引き続

き、人事ヒアリング等を活用し、各部署からの意見、要望を聴取するとともに、所として専門性の必要な部署の把握に努め、専門家人材育成を念頭に適切な人事配置を実施していく。

3. 積立金の処分に関する事項

【中期計画（参考）】

・なし

《平成23年度計画》

・なし

別表1 鉱工業の科学技術

I. グリーン・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【中期計画（参考）】

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

1. 再生可能エネルギーの導入拡大技術の開発

【中期計画（参考）】

再生可能エネルギーは枯渇の心配がなく、低炭素社会の構築に向けて導入拡大が特に必要とされるエネルギーである。このため、再生可能エネルギー（太陽光、バイオマス、風力、地熱等）を最大限有効利用するための技術の開発を行う。また、再生可能エネルギーの需要と供給を調整し、末端最終ユーザへの安定供給を行うために必要なエネルギー貯蔵、パワーエレクトロニクス、エネルギーネットワークにおける統合制御技術の開発を行う。

1-(1) 太陽光発電の効率、信頼性の向上技術

【中期計画（参考）】

・太陽光発電技術に関して、共通基盤技術及び長寿命化や発電効率の向上等に関する技術の開発を行う。具体的には、太陽光発電普及に不可欠な基準セル校正技術、評価技術、診断技術等の基盤技術開発を行い、中立機関としてその技術を産業界に提供するとともに、標準化に向けた活動を行う。また、長寿命化、高信頼性化のために構成部材、システム技術等の開発を行うとともに寿命の検証のための評価技術の開発を行う。

1-(1)-① 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化（IV-3-(1)-②へ再掲）

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。

《平成23年度計画》

・一次及び二次基準セル、基準モジュールの校正技術、新型太陽電池評価技術の確立に向けた取り組みを引き続き推進する。米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定等の連携による国際整合性を推進する。太陽電池長期信頼性研究を加速推進する。関連する JIS ならびに IEC 規格の策定に引き続き貢献する。

1-(1)-② 太陽光発電の長寿命化及び高信頼性化

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システムの寿命及び信頼性の向上のために、太陽電池モジュール構成部材、システム構成部材、システム運用技術等を開発する。新規部材を用いること等により、太陽電池モジュールの寿命を現行の20年から30年に向上させるとともに、それを検証するための加速試験法等の評価技術を開発する。

《平成23年度計画》

・平成22年度に引き続き、コンソーシアム形式による民間企業等との共同研究により、新規モジュール部材を太陽電池パネルに適用し、IEC で規定された信頼性試験を行い、その適合性を評価するとともに、劣化するものについては劣化要因を明らかにする。さらに、既存モジュールの屋外曝露試験、加速試験を通じて劣化要因を抽出するとともに、劣化要因解明のためのテストモジュールを開発する。これらの知見をもとに、屋外曝露時に発現する劣化を再現可能な新規加速試験法を開発する。

1-(1)-③ 太陽光発電の高効率化

【中期計画（参考）】

・太陽光発電システムの低コスト化に直結する発電効率の大幅な向上を目指し、結晶シリコン、薄膜シリコン、化合物薄膜、有機材料、それぞれの太陽電池デバイス材料の性能に関して、相対値で10%以上の効率向上のため、表面再結合の抑制と高度光閉じ込めにより、安定で高性能な新材料や、それを用いた多接合デバイスを開発する。

《平成23年度計画》

・1)企業への技術移転を目指して、産総研で開発したセル並びにサブモジュール技術の向上を図る。小面積セルの性能向上を目指して、プロセスやデバイス構造の

検討を行う。

- 2) 薄膜シリコンオールジャパン開発体制にて1.5m²級の基板上に薄膜シリコンを高速かつ高品質に形成する技術を開発する。同時に10cm角程度の基板上に多接合太陽電池を形成し、その高効率化を図る。
- 3) 有機薄膜太陽電池の変換効率において、セルで6%、モジュールで3%の達成を目指す。耐久性に関しては、500時間で相対低下効率10%以下を目指す。単結晶有機薄膜太陽電池では、励起子拡散長および変換効率の向上に取り組み、本太陽電池の基盤技術の確立を目指す。色素増感太陽電池では、有機色素を用いたセルで変換効率9%を目指す。また、有機系太陽電池の発電機構および劣化機構の解明の為、構造および物性測定法の開発を行う。
- 4) 革新的太陽電池技術では、任意の薄膜太陽電池を張り合わせるスマートスタック技術の開発を進める。

1-(2) 多様な再生可能エネルギーの有効利用技術

【中期計画（参考）】

- ・温暖化防止や新たなエネルギー源の確保のため、バイオマス資源、風力、地熱及び次世代太陽光利用等、多様な再生可能エネルギーの利用に必要な要素技術、評価技術等の開発を行う。
具体的には、非食料バイオマス資源を原料とする燃料製造技術、高品質化技術等の開発を行う。また、我が国の気象条件を考慮した、安全性や信頼性に優れた風力発電のための技術の開発を行う。地熱資源開発のための評価技術、特に低温地熱資源のポテンシャル評価技術の開発を行い、地熱発電及び地中熱利用システムの開発普及に寄与する。さらに、多様な再生可能エネルギーについての情報を収集し、必要に応じて新たな技術の開発に着手する。

1-(2)-① バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発（I-3-(1)-④へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換（酵素糖化、発酵）技術、熱化学変換（ガス化、触媒合成）技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0（産出エネルギー／投入エネルギー）以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。
油脂系バイオマスの化学変換（触媒存在下の熱分解や水素化処理及びそれらの組み合わせ処理）により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料（重量比酸素分0.1%未満）を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料（BDF）品質を満たすために、第1世代 BDF の高品質化技術（酸化安定性10h 以上）等を開発する。同時

に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

《平成23年度計画》

- ・バイオエタノール一貫プロセスにおいては、エネルギー収支2.0以上となる低エネルギー非硫酸処理、酵素糖化、エタノール発酵個別要素技術を開発する。BTL トータルプロセスにおいては、触媒種、液化反応条件、リアクター等の改良により液体燃料収率とエネルギー収支の向上を達成する。また、持続可能なバイオマス利用評価技術の精緻化と国際標準化を検討する。
 - ・JST-JICA 事業でタイに設置されたパイロットプラントを用いた高品質 BDF 製造実証研究を支援する。特に、BDF 製品が東アジアサミット推奨 BDF 品質を満たすかどうかを燃料分析面で支援すると共に、BDF の金属残留量低減技術のパイロットプラント導入を目指し、金属除去技術を開発する。また、油脂系バイオマスとしてジャトロファ残渣の急速熱分解用触媒および熱分解生成油中の含酸素化合物脱酸素用触媒のさらなる高性能化を図る。
 - ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進する。平成23年度においては以下を実施する。
- 1) 東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業において引き続きワーキンググループ（WG）を運営し、参加各国での分析可能ラボのリストアップ、実市場でのバイオディーゼル燃料品質管理方法の検討などを実施する。
 - 2) pH 測定方法については、規格値の決定に必要なデータの取得し JIS 化へ反映する。また、ISO/TC28/SC7 で測定方法の議論が進んでいる「酸化度」と「電気伝導度」の測定方法の詳細なデータ取得を行う。

1-(2)-② 風力発電の高度化と信頼性向上

【中期計画（参考）】

- ・我が国の厳しい気象や風特性を反映した風特性モデルを開発し、安全性と信頼性に優れた普遍的な風車技術基準を IEC 国際標準として提案する。また、高度な風洞実験やシミュレーション技術を援用することにより、風速のリモートセンシング技術の精度と信頼性を向上させ、超大形風車ウィンドファームの発電量を数パーセント以下の不確かさで評価する技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・提案する我が国の厳しい風特性及び気象条件を包含した普遍的な風特性モデルを IEC 国際標準として確実に採用されるようにするため、方位別の地形の複雑度と乱流強度、ガスト特性との関係性を評価することによって、風特性モデルの適合性評価による更なる改良と普遍化を実施する。風速のリモートセンシング技術を用い複雑地形における風力発電の年間発電量評価手法を開発する。

1-(2)-③ 地熱資源のポテンシャル評価（別表2-2-(2)-②の一部を再掲）

【中期計画（参考）】

- 再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。

《平成23年度計画》

- 地理情報システムを用いた高精度の地熱資源ポテンシャル評価の研究においては、温泉発電資源評価手法の検討等の平成22年度の検討で抽出された事項の改良を行う。地熱開発促進にむけた地熱利用と温泉保全の両立の研究では、温泉発電システムの研究（中低温熱水系資源対象）及び温泉共生型地熱貯留層管理システム開発（高温熱水系資源対象）を継続し、モニタリングデータ収集と解析、モデル改良、スケール抑制技術の研究等を実施する。さらに、地熱資源開発に係る国際的な共同研究や情報交換活動を推進する。
- 地中熱の利用促進を目指し、全国規模で地下水賦存量データを基に地中熱利用適地マップの作成手法の開発に着手する。また、地中熱のポテンシャル評価手法の開発を引き続き行い、その手法の高度化を目指す。さらに、タイ国バンコクにおいて地中熱による冷房の実証実験を行い、熱帯-亜熱帯地域における地中熱利用の高効率化及び低コスト化を目的とした研究に着手する。一方、地下水汲み上げ方式の地中熱利用システムについて、地下水の揚水及び還元に伴う影響評価を把握するためのモニタリング手法を調査する。

1-(2)-④ 次世代型太陽光エネルギー利用技術

【中期計画（参考）】

- 太陽光エネルギーを直接利用した水の分解により水素を製造する、可視光応答性の光触媒や光電極による分解プロセスの効率向上を目的とした、光電気化学反応技術を開発する。また、人工光合成システムの経済性や実現可能性を検証する。

色素増感太陽電池の高性能化と耐久性向上を目的として、増感色素や半導体電極、電解質、対極、封止材、セル構造等の改良を図る。色素増感太陽電池の早期実用化への貢献を目指し、新規色素や半導体を30種類以上開発し、データベース化する。

《平成23年度計画》

- 多孔質半導体光電極の高性能化のために、異なる半導体層の多層成膜条件や電解液組成条件を変えて検討する。また光触媒の性能向上のために、より長波長を使える新規半導体開発とその表面処理による量子収率向上を検討する。

- 色素増感太陽電池の早期実用化のため、高性能でかつ耐久性のある新規ルテニウム錯体色素を多数開発する。特に近赤外光に感度をもつ色素の基本特性及びその色素を用いた電池特性の基本情報の集積を行うとともに、計算科学などの手法を用いて高性能化に強く関係する因子を特定する。

1-(3) 高効率なエネルギーマネジメントシステム

【中期計画（参考）】

- 自然エネルギーの導入拡大等による出力変動を吸収して安定した電力を供給するための技術の開発を行う。具体的には、エネルギー貯蔵技術、パワーエレクトロニクス技術、情報通信技術等を活用して、地域の電力網における電力供給を安定させるためのエネルギーネットワーク技術の開発を行う。また、高効率電力ネットワークシステムに必要となる電力変換器の高効率化と高密度化を実現する素子の開発を行うとともに、その量産化、集積化及び信頼性向上に必要な技術の開発を行う。

1-(3)-① エネルギーネットワーク技術の開発（1-2-(2)-①へ一部再掲）

【中期計画（参考）】

- 太陽電池等の再生可能エネルギー機器が高密度に導入された住宅地域のエネルギーネットワークを設計、評価する技術及びネットワークを効率的に運用するためのマネジメント技術を開発する。数百戸規模の住宅における実用化を目指して、数十戸規模の住宅を対象とした研究を行う。また、電力系統の再生可能エネルギー発電受入れ可能量を大幅に拡大するための負荷制御技術等を、試作器の開発等により実証する。電力計に内蔵される電力線通信機器（PLC）を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLCによるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用PLCを開発する。

《平成23年度計画》

- 通信により直接負荷制御可能なヒートポンプ給湯器について、実住宅の使用環境で試験し機器性能と制御手法の有効性を検証する。一定地域に導入された太陽光発電の面的な出力予測手法のプロトタイプを開発する。柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、コージェネレーション、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅エネルギーネットワークの統合マネジメント実験を実施する。
- 直流用PLCにより太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にするため、既存設備に追加設置を可能とする発電モニタ

通信装置の方式を検討する。またモニタした発電状況から、パネルの不具合検知の方式について検討する。キロヘルツ帯 PLC では、その通信性能の検証を進める。

1-(3)-② 電力変換エレクトロニクス技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・電力エネルギーの高効率利用を可能とする SiC や GaN 等の新規半導体材料を用いた高性能パワー素子モジュール及びそれらを用いた電力変換エレクトロニクス技術を開発する。具体的には、SiC、GaN 素子の普及に必要な低コスト大口径高品質ウェハ製造技術、高信頼でより低損失高耐圧なパワー素子技術とその量産化技術（50A 級素子歩留まり70%）、高機能を実現する10素子規模の集積化技術、200～250℃の高温実装技術や、25～30W/cm³の高出力パワー密度化技術を統合した回路設計、製作技術を開発する。省エネルギーに効果的な次世代ダイヤモンドパワーデバイスの実用化を目指して、結晶欠陥評価技術の高度化により低欠陥高品質エピタキシャル膜の製造技術を開発する。また、実用的な縦型構造を有し、低損失かつ冷却フリーで250℃において動作するパワーダイオードを開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・SiC や GaN 等を用いた高性能パワー素子およびそれらを用いた電力変換器技術を開発する。
- 1) 新規高圧液相成長法では、装置特性を把握し良好な結晶成長条件の絞り込みを試みる。大口径化対応技術では、平成22年度に導入した新規加工装置を稼働し加工特性の検証および基礎パラメータの見定めを行う。
 - 2) 3kV を超える高耐圧 SiC パワースイッチング素子を実現するための耐圧構造等の要素技術を開発するとともに、試作 SiC パワーデバイスの各種応用分野への適用を検討する。また、1kV 級 SiC トランジスタ (MOSFET) の量産レベル試作を開始する。
 - 3) Si 基板上の GaN 集積パワーデバイスの基礎技術を開発し、スイッチング特性を評価する。
 - 4) 200～250℃級の接合温度に対応した、出力パワー密度 20W/cm³を超える電力変換器を実現するための、実装、回路、およびシミュレーション技術を開発する。
- ・縦型構造で耐圧2kV のパワーダイオードを設計し試作する。p-/p+構造を可能とするドーピング濃度制御技術を確認する。エピ欠陥評価技術として、ラマン散乱、CL などの手法による欠陥評価技術と X 線トポグラフィ法によって得られた欠陥種との相関を得る。

2. 省エネルギーによる低炭素化技術の開発

【中期計画（参考）】

省エネルギーによる温室効果ガス削減は、再生可能エネルギー導入に比べて、直接的かつ早期の効果が期待さ

れている。運輸部門での省エネルギーのため、自動車等輸送機器の効率向上のための技術及び中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を動的に行うための技術の開発を行う。また、民生部門での省エネルギーのため、戸建て住宅等のエネルギーを効率的に運用するマネジメントシステムの開発とともに、高性能蓄電デバイス、燃料電池、省エネルギー部材の開発を行う。さらに、将来のエネルギー消費増加の要因になることが懸念される情報通信にかかわる省エネルギーのため、電子デバイス、集積回路、ディスプレイ、入出力機器、光ネットワークの高機能化と省エネルギー技術の開発を行う。

2-(1) 運輸システムの省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

- ・運輸部門での省エネルギーによる温室効果ガス削減に貢献するため、次世代自動車等輸送機器のエネルギー貯蔵、高効率化技術や新たな運輸システム技術の開発を行う。具体的には、次世代自動車用蓄電デバイスの高性能化、低コスト化につながる材料の開発を行う。燃料電池自動車用に、燃料電池の低コスト化、耐久性の向上に必要な先端部材の開発と反応解析、信頼性試験等の技術開発を行うとともに、安全な高圧水素貯蔵システムの開発を行う。輸送機器の軽量化のための軽量合金の高性能部材化に向けた総合的な技術開発、低燃費と同時に排気ガス規制を満たす自動車のエンジンシステム高度化技術の開発を行う。上記の輸送機器の効率向上に加えて、運輸システム全体の省エネルギー化のため、情報通信機器を用いた市街地移動システムに関する技術の開発を行う。

2-(1)-① 次世代自動車用高エネルギー密度蓄電デバイスの開発 (IV-1-(1)-④へ一部再掲)

【中期計画（参考）】

- ・電気自動車やプラグインハイブリッド自動車等の次世代自動車普及の鍵となる蓄電池について、安全と低コストを兼ね備えた高エネルギー密度電池（単電池で250Wh/kg 以上）の設計可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）を開発する。また、革新型蓄電池系（空気電池等）の実用可能性を見極めるための性能評価を行う。さらに、未確立である蓄電池の寿命検知と診断解析技術の確立を目指し、電池の寿命に最も影響を及ぼす電池材料の劣化因子を確定する。新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。エネルギー密度500Wh/kg 以上の革新型蓄電池の開発を目指し、ハイブリット電解質を利用した二次電池の固体電解質の耐久性を向上させる。さらに、安全性に優れた準固体型及び全固体型のリチウム-空気電池を開発し、単セルでの動作を実証する。

《平成23年度計画》

- 酸化物系正極材料については Li を多く含み、Fe、Mn、Ti を主体とする材料の合成方法の最適化を進め、遷移金属の組成比および価数を調整することで低不可逆容量かつ初期容量200mAh/g 以上の高容量化を目指す。硫黄系正極材料は固体電解質電池系で理論容量の80%以上得られる電極を作成し、これまで十分な実効容量の得られていなかった液体電解質系でも効果を確認する。負極材料については Mg にもその場観察を適用して形態制御を行い、Li と Mg の析出形態制御可能かつ安全性の高い電解質系で充放電効率を確認する。高容量シリコン系材料については、従来の黒鉛系負極の10倍以上の容量（3000mAh/g）となる負極材料を開発する。空気電池における非貴金属系の可逆空気極触媒を探索する。
- プラグインハイブリッド自動車仕様を模した小容量セルについて進めている劣化挙動の定量的な解析の精度向上を進める。また、電極表面改質した電極材料を用いた小容量セルを作製し、劣化抑制効果を定量的に示す。小容量セルについて、電池の濫用時を想定した環境での反応生成物の評価を継続する。
- 電池標準構成モデルとして、正極活物質2種類、負極活物質2種類の少なくとも4種類を策定するとともに、電極に関わる材料については、相対評価を可能とする電極製造条件の探索・検討を継続する。これらから、評価基準書を案出し、相対的な評価が可能となる基盤の構築を行う。
- 高エネルギー密度電池（単電池で250Wh/kg 以上）の設計が可能な電池機能材料（正極材料、負極材料等）の開発において、現在使っている正極材料或は負極材料より高い容量を有する活物質を開発する。また、革新型蓄電池の開発においては、エネルギー密度で500Wh/kg を実現するため、ハイブリッド電解質を利用した二次電池の開発と共に、新規リチウム-空気電池に使える安価な新型触媒の開発、生成物質の回収、全固体型リチウム-空気電池の構築などを検討する。

2-(1)-② 燃料電池自動車用水素貯蔵技術の開発

【中期計画（参考）】

- 水素貯蔵材料の開発を目的として、構造解析技術、特に水素吸蔵状態を「その場観察」できる手法（「その場」X線・中性子回折、陽電子消滅、核磁気共鳴等）を開発する。この技術を用いて、材料の水素貯蔵特性と反応機構を解明し、得られた知見から、高い貯蔵密度（重量比5%、50g/リットル）と優れた繰り返し特性を有する材料の設計技術を開発する。安全な高圧水素利用システムを開発するため、水素材料強度データベース及び水素破面と組織データベースを構築する。また、燃料電池車や水素ステーションの高圧水素容器開発指針、水素輸送技術開発指針を関連

業界に提案し、評価設計手法、及び実証実験手法を開発する。さらに、水素関連機器の開発促進と安全性向上に寄与するために、水素と高分子材料の関係や水素とトライボロジーの関係を解明するとともに、その利用普及を進めるため、水素基礎物性データベースを構築する。

《平成23年度計画》

- ロスアラモス研での経験を活かして J-PARC においても「その場」中性子回折実験を進め、材料中の水素位置の解明につなげる。放射光 X 線を活用した水素吸蔵、放出過程の構造変化の観測をさらに進める。陽電子消滅、核磁気共鳴等の手法について、「その場観察」法の改良と測定をさらに進める。各手法を用いた V 系材料、Mg 系材料などの構造解析を進め、反応機構の解明に着手する。
- 燃料電池車や水素ステーションの高圧水素容器開発指針を提案し、国際標準策定に資するために、120MPa の高圧水素下における疲労試験などを行って水素材料強度データ及び水素破面と組織データの測定・解析を進め、これらのデータベースを拡充していく。また、実運用された水素ステーション構成部品の分析調査を行い、水素インフラの製造・開発・品質保証のための技術指針を示す。高圧水素による O リング破壊因子を明確化し、ゴム組成などの材料設計にフィードバックさせる。また、水素中評価試験機により実部材の摩擦摩耗データなどの蓄積を進め、水素中トライボロジーのデータベース（トライボアトラス）として整理する。さらに、高圧水素領域（100MPa、500℃まで）での、PVT データ、粘性係数、熱伝導率などの測定を行い、水素インフラの設計に利用可能な EXCEL 版の水素物性データベースシステムを拡充し、関連業界への普及を図る。
- 水素関連機器の安全性向上に資するために、圧力や亀裂などの検出が可能なセンサシステムの開発を目指し、金属・酸化物材料およびその薄膜構造体を作製し、電気的性質を調べる。さらに、走査型プローブ顕微鏡（SPM）やナノインデンテーション等を用いて、微小領域における吸着水素の材料物性への影響について解明を進める。

2-(1)-③ 軽量合金による輸送機器の軽量化技術の開発

【中期計画（参考）】

- 省エネルギーに有効な輸送機器の軽量化を可能にするため、マグネシウム等の軽量合金の特性向上を図るとともに、金属材料の耐食性試験（JISZ2371）を基に規定される塩水噴霧/高温乾燥/高温湿潤の複合サイクル試験において300時間以上耐久可能な低コスト表面処理技術を開発する。また、強度と剛性を低下させ

ずに常温プレス加工性を改善し、高い比強度（引っ張り強さ／比重：160MPa以上）とアルミニウム合金並みの成形性を示すマグネシウム合金圧延材を開発する。《平成23年度計画》

- ・輸送機器に適用可能な立体形状を有する Mg 合金製大型部材（メートルスケール）を対象として、180時間の複合サイクル試験（塩水噴霧／高温乾燥／高温湿潤）に耐える低コストプロセスを開発する。汎用圧延機（等速圧延機）により、優れた制振性を保持しつつ優れた成形性（エリクセン値7.0以上）を発現できる制振 Mg 合金（M1合金等）組織制御プロセスを開発する。Mg 合金の組織制御による高機能化及び2次加工等の基盤技術を引き続き整備する。また、連続鋳造技術に電磁振動を組み合わせ、鋳造組織を均質に微細化した Mg 合金ビレット鋳造の基盤技術を確立し、機械振動による鋳造欠陥低減とダイキャストへの適用を行う。

2-(1)-④ 自動車エンジンシステムの高度化技術

【中期計画（参考）】

- ・新たな排出ガス規制値を満たしつつ、燃費の向上を目指し、新燃料と駆動システムの最適化、燃焼制御技術の向上、排出ガス浄化技術の高度化により、超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム、及びこれらを評価する計測技術を開発する。また、低品質燃料から低硫黄・低芳香族燃料（硫黄分1～2ppm 未満）や高 H/C（水素／炭素原子比）の高品質燃料を製造する技術等を開発し、市場導入に必要な燃料品質等の評価を行う。《平成23年度計画》
- ・超低環境負荷ディーゼルエンジンシステム、及びこれらを評価する計測技術を開発する。平成23年度においては以下を実施する。
 - 1) ディーゼル噴霧火炎のシミュレーションやエンジン試験を実施し、燃料噴射圧が燃焼効率および機械効率等に及ぼす影響の解析を実施する。
 - 2) 自動車用ジメチルエーテル（DME）燃料標準化に必要な分析方法と、着臭剤や潤滑性向上剤等の検討を実施する。
 - 3) 新たな試作コンバータのエンジン排ガスによる特性評価を行い、さらに、触媒およびコンバータの改良を行う。これらの結果より、特殊自動車に適した NOx、粒子状物質を同時低減できる多機能一体型コンバータ技術を提案する。
- ・低硫黄（S<1～2ppm）燃料製造用脱硫触媒の製品価値を向上させるため、脱硫触媒の再生技術を開発する。また、トラップグリースなどの低品質廃棄物からの高 H/C の高品質燃料を製造するための硫化物系触媒の高性能化を図るとともに、石油系基材との共処理を検討し、低品質廃棄物の影響を明らかにする。

2-(1)-⑤ 市街地移動システム技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・低炭素社会実現に貢献する都市計画の1つであるコンパクトシティ構想に貢献するための技術として、中心市街地での搭乗移動や物流搬送等を自律的に行うための研究開発を行う。具体的には、パーソナルモビリティによる市街地における長距離自律走行（3km以上）と協調に基づく高効率化、施設等で試験運用可能なレベルの自律・協調搬送システム、高効率な搬送経路計画のための市街地等広範囲環境情報取得技術を開発する。《平成23年度計画》
- ・自律走行車いす等を対象に以下の研究開発を行う。
 - 1) 市街地屋外環境における対人安全性を配慮した高信頼自律走行技術を開発し、つくば市中心市街地において、自律走行車いすによる2km以上の自律走行を実現する。
 - 2) 各電動車いす間通信を含む協調走行に関する技術を開発し、複数の電動車いすによる時速4km/h以上の協調走行を実現する。
 - 3) 広域センサネットワークを利用することにより、2km以上の走行ルート周辺の地図情報の自動取得・蓄積を行う技術を開発する。サーバから各車いすへの地図情報送信技術を開発する。

2-(2) 住宅、ビル、工場の省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

- ・民生部門での温室効果ガス削減に貢献するため、住宅、ビル、工場等での省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、戸建て住宅等におけるエネルギーの負荷平準化に不可欠なエネルギーマネジメントシステム、蓄電デバイスである二次電池及びキャパシタの高エネルギー密度化技術の開発を行う。また、定置用燃料電池の耐久性と信頼性の向上に資する基盤技術と、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術の開発を行う。未利用熱エネルギーの有効利用のため、熱発電システムの発電効率、信頼性の向上や長寿命化のための材料技術の開発を行うとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法の開発を行う。加えて、省エネルギーと快適性の両立を目的とした調光窓材、外壁材等の建築部材及び家電部材の開発を行う。

2-(2)-① エネルギーマネジメントシステムのための技術開発（I-1-(3)-①を一部再掲）

【中期計画（参考）】

- ・戸建て住宅に関して二酸化炭素削減率20%の達成を目標として、戸別・集合住宅又はビル・地域単位でのエネルギーを効率的に運用するためのエネルギーマネジメント技術を開発する。重要な要素技術として、負荷

平準化に不可欠な高エネルギー密度化を可能とする蓄電デバイス（二次電池で250Wh/kg、キャパシタで18Wh/kg）を開発する。また、電力マネジメントに必須の電力変換器について、高密度化、耐高温化のためのダイヤモンド半導体等新材料を含む電力変換デバイスを開発する。

電力計に内蔵される電力線通信機器（PLC）を開発し、家電や太陽光発電装置等との通信、制御を実現することにより、PLCによるエネルギーマネジメントの有効性を実証する。また、発電システム効率の5%向上を図るため、太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にする直流用PLCを開発する。

《平成23年度計画》

- ・柱上変圧器下流の複数住宅を対象とする、太陽光発電、太陽熱温水器、コージェネレーション、ヒートポンプ、蓄電デバイス等から構成される住宅用エネルギーネットワークの統合マネジメント実験を実施する。シミュレーションモデルにより実験結果の解析、システム計測要件の検討、通信仕様の検討、システム評価手法の確立、等に取り組む。
- ・カーボンナノチューブキャパシタについては、引き続き18Wh/kg以上のエネルギー密度を達成するための電極材料改質技術の研究を行うとともに、普及型高出力水系キャパシタ用電極材料の開発を行う。
- ・ダイヤモンド特有の高密度不純物伝導現象を利用し、ショットキーPN（SPN）ダイオードの特性を向上させるとともに、トランジスタの開発を行う。また、電力変換器の信頼性に関して、特に高パワー密度統合設計技術の開発を目指して、熱および電気の統合化に取り組む。
- ・直流用PLCにより太陽光発電パネルのメンテナンス時期と故障を検知し、パネル単位での制御を可能にするため、既存設備に追加設置を可能とする発電モニタ通信装置の方式を検討する。またモニタした発電状況から、パネルの不具合検知の方式について検討する。キロヘルツ帯PLCでは、その通信性能の検証を進める。

2-(2)-② 燃料電池による高効率エネルギー利用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・固体酸化物形燃料電池（SOFC）の高耐久性、高信頼性（電圧劣化率10%/40,000h、250回のサイクル）に資するため、ppmレベルの不純物による劣化現象及び機構を解明し、その対策技術を開発する。また、燃料多様化、高効率・低コスト化のための新規材料、評価技術を開発する。
- 50%を超える発電効率を目指し、90%以上まで燃料利用率を向上させる技術、排熱有効利用技術等の要素技

術を開発する。また、SOFCシステムからの二酸化炭素回収システムとSOFCを組み合わせたゼロエミッションシステムの性能を評価する。

家庭用燃料電池コージェネレーションの普及のために固体高分子形燃料電池の大幅な低コスト化と高耐久化の両立を目指し、白金使用量を1/10に低減できる電極材料技術を開発する。さらに、アルコールを燃料とするダイレクト燃料電池へ展開できる材料系を開発する。大きな熱需要が見込まれる建物を対象として、高効率な水素製造技術、貯蔵技術、供給技術、燃料電池等からなるシステムを開発する。

《平成23年度計画》

- ・発電効率の向上に関連しSOFC自体での燃料利用率の向上、アノード排ガスをリサイクルによる利用率の向上等についてスタックレベルでの可能性と向上のための課題を明らかにする。また、SOFCからの炭酸ガス回収について引き続き各種炭酸ガス回収技術のSOFCとの適合性調査を行う。
- ・スタックメーカーで耐久試験した試料に含まれる不純物濃度解析により劣化要因を解明し、劣化機構を明らかにする。スタック電圧劣化率0.25%/1000h以下を再現よく達成する方策を提案する。不純物による加速劣化試験法を検討するため、SO₂及びCrO₃不純物の空気極への劣化を定量的に扱うことを検討する。新規劣化解析技術の開発を進展させる。
- ・不純物ドーピング制御した酸素欠損型チタン酸化物担体を開発し、担持した白金触媒の活性および安定性との関係を明らかにする。ロジウムポルフィリン錯体を白金ルテニウム触媒との複合化の手法を改良し、1000ppm COの存在下で、従来の白金ルテニウム触媒の活性を上回る耐COアノード触媒を開発する。ダイレクト燃料電池に関して、ボロハイドライドや次亜リン酸などの酸化電位の低い燃料について、水素発生を抑え、電気化学的酸化反応に対する選択性の高い触媒を開発する。さらに、アルコール酸化に対応できる錯体系触媒を開発する。
- ・CO₂濃度の影響を見極めつつ、Ptの安価な元素での置換及び低貴金属使用量でも反応活性の高い担体の探索を進める。また、水素貯蔵量6.0wt%を超える新規高密度水素化物の探索のために、数百℃-数GPaの高温高圧水素雰囲気下にて他遷移金属元素・組成におけるマグネシウム-遷移金属系水素貯蔵材料の合成を検討する。
- ・水素吸蔵合金を用いた定置用の水素貯蔵装置の普及には低コスト化、脱レアースが必要であることから、適した合金を選定し特性調査を行い、問題点を明らかにし実用化に近づける。可逆セルについてはガス拡散層（GDL）機能の高度化を図るべく、マイクロポーラス層の付加などによるGDL構造の最適化を行い、その効果を実験的に検証する。液体水素貯蔵管理につ

いては火炎抑止器の設置等による安全性の確保の後、液化機からの液体水素取り出し試験を行う。

2-(2)-③ 未利用熱エネルギーの高度利用技術の開発 【中期計画（参考）】

- ・熱電発電システムの経済性の改善に資する発電効率向上や高耐久、長寿命化のための材料技術を開発する。例えば、発電効率13%以上の実現に必要な要素技術を開発するとともに、材料及び発電モジュールの評価方法や寿命予測手法を開発する。
- 未利用熱から80～200℃の高温水や蒸気を成績係数（COP）3以上の効率で生成し、需要に適応した供給を可能とするシステムを目指し、作動媒体の圧縮作用と吸収作用を併用するヒートポンプ技術やカプセル型の潜熱蓄熱及び熱輸送技術を開発する。また、常温近傍でCOP5以上の冷暖房及び給湯を可能とする直膨式の地中熱交換の基盤技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・熱電発電システムに関する研究を行う。
- 1) 熱電モジュールを1kW級固体酸化物形燃料電池（SOFC）に実装した場合のシステム効率向上への寄与をより正確に推定するため、模擬排熱装置を利用した発電試験を実施する。
 - 2) モジュールの評価技術については長時間試験装置の立ち上げを行い、長時間発電試験によるモジュールの劣化機構のデータ取得を開始する。
 - 3) 熱電材料の高効率化においては、さらに高効率熱電モジュールの実現に向けて、硫化物系材料およびニクタイト系材料の置換元素を複数テストし、有望な材料系をスクリーニングする。
- ・循環水の加温を行なう二段圧縮システムの効率を高めるための検討を、膨張時の動力回収を中心に行なう。また、低質蒸気を120℃程度に再生する吸収圧縮ハイブリッドサイクル、および生成した熱を貯蔵できる樹脂カプセル型の変換蓄熱体を試作し、特性を実験的に明らかにする。また、引き続き地中での冷媒の直接膨張／凝縮熱交換特性に及ぼす冷媒圧力の影響を実験的に明らかにする。

2-(2)-④ 省エネルギー型建築部材及び家電部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギーと快適性の両立を目的とした建築部材を開発する。具体的には、調光窓材、木質材料、調湿材料、外壁材等の機能向上を図るとともに、実使用環境での省エネルギー性能評価データを蓄積する。調湿材料については、相対湿度60%前後での吸放湿挙動に優れた材料を内装建材に応用する技術、調光窓材については、透明／鏡状態のスイッチングに対する耐久性を10,000回以上（1日当たりの透明／鏡状態のスイッチ

ングを1回とした場合、20年以上に相当）にする技術を開発する。

照明の省エネルギー化による希土類蛍光灯の需要増に対応し、Tb（テルビウム）、Eu（ユウロピウム）の使用量を40%低減するため、ランプの光利用効率を30%向上させるガラス部材や蛍光体の使用量を10%低減できる3波長蛍光体の分離、再利用技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・調光ミラーについては、耐久性を向上するとともに新規調光ミラー材料を用いた調光ガラスの実用面積化を図る。木質材料についてはさらに形状付与加工の短時間化ならびに形状安定性向上を図る。調湿材料については、ハスクレイを内装材として用いるため、建材化技術の検討を行う。保水セラミックスについては、実用化を目的とした耐久性・凍害性の向上を進める。外部からの依頼も含めた各種建材について、環境調和型建材実験棟での評価を進める。
- ・ランプの光利用効率を30%以上向上させるガラス部材の開発を目的として、発光シリカの高輝度化を図り15%以上光束を向上させる保護膜を得る。また、ガラス管表面加工技術については、従来のガラス管より光取り出し効率が10%以上向上する皮膜を開発する。蛍光体の分離については、昨年度解明された分離条件を再検証しつつ、実用化のための課題を明確にする。

2-(3) 情報通信の省エネルギー技術

【中期計画（参考）】

- ・エネルギー消費の増加要因となることが懸念される情報通信の省エネルギー技術の開発を行う。具体的には、電子デバイス及び集積回路の省エネルギー技術、ディスプレイ及び入出力機器の高機能化と省エネルギーのための複合構造光学素子等の技術開発を行う。また、大容量情報伝送の省エネルギー化のための光ネットワーク技術の開発や、情報処理システムの省エネルギー化に資するソフトウェア制御技術の開発を行う。特に、コンピュータの待機電力を1/5に削減可能な不揮発性メモリ技術や既存のネットワークルータと比べてスループットあたり3桁消費電力の低い光パスネットワークによる伝送技術の開発を行う。

2-(3)-① 電子デバイス及び集積回路の省エネルギー化

【中期計画（参考）】

- ・情報通信機器を構成する集積回路デバイスの低消費電力化技術を開発する。具体的には、処理待ち時間に情報を保持するために必要な電力が1/10以下となるSRAM、1V以下で動作可能なアナログ回路、データセンタのストレージ用強誘電体フラッシュメモリ、無線ネットワーク用途のモノリシック集積デバイス等を

開発するとともに、3次元 LSI 積層実装技術を活用した超並列バス・マルチコアアーキテクチャーと高熱伝導構造の採用による低消費電力 LSI 実装システムを開発する。

コンピュータの待機電力を1/5に削減可能にするために、スピントロニクスとナノテクノロジーを融合したナノスピントロニクス技術を用い、DRAM や SRAM の置き換えを可能とする不揮発性メモリ技術を開発する。

コンピュータの消費電力を削減するために、半導体ロジックの動作電圧を0.5V 以下に、不揮発性メモリの書き込みエネルギーをビット当たり0.5nJ 以下に低減させることを目指して、ナノレベルの新デバイス技術及び計測技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・低消費電力、高動作余裕の集積回路実現の要となる特性ばらつきフリーX MOS 実現を目指し、新規な材料および CMOS プロセス開発を行う。周辺回路も含めた X MOS-SRAM 及びアナログ回路を試作し、低消費電力性の観点での X MOS の優位性を実証する。
- ・強誘電体フラッシュメモリのための強誘電体ゲート FET (FeFET) の微細化、集積化技術を研究し、FeFET ゲート長が1 μm で64kb 規模の信頼性評価のための強誘電体フラッシュメモリを開発する。また、電子ビーム露光技術を用いてゲート長90nm の FeFET を作製するための要素技術を開発する。
- ・シリコン基板上のモノリシック集積ガリウムヒ素半導体デバイスの作製技術の高度化を進めるとともに、配線などデバイス作製プロセス起因の特性ばらつきを分離評価する技術を開発し、500個以上の素子でモノリシック集積ガリウムヒ素半導体デバイスの特性ばらつきに関する知見を得る。
- ・昨年度試作したシリコン貫通電極を介したインターフェイス回路デバイスにより積層組立、動作実証を進める。また、新しい高熱伝導ヒートスプレッド層の放熱効果をホットスポット模擬デバイスと組み合わせて実証を進める。
- ・垂直磁化 MTJ 素子を用いて、1MA/平方 cm 台の低電流によるスピントルク磁化反転を実現するとともに、記憶層としてダンピング定数と飽和磁化の低い新規合金の開発を行う。また、垂直磁化 MTJ 素子の低抵抗化と高 MR 比化をすすめ、3 Ω 平方ミクロン以下の低抵抗と150%を越える MR 比の両立を目指す。さらに、1ナノ秒以下の高速スピントルク磁化反転を実現する。
- ・従来の半導体ロジックの低電圧限界を打破するために、新動作原理トランジスタの研究開発を継続する。平成23年度は、シミュレーションと連携したトンネルトランジスタの試作により、急峻な電流立ち上がり特性を維持しながらオン電流を向上させるための構造および材料の要件を明らかにする。
- ・CVD/ALD プロセスにより形成した希土類金属を含む高誘電率酸化物薄膜について、従来法である物理的蒸着法 (PVD) による膜の性能を基準として、電気特性の達成度を定量的に評価し、その結果を基に、量産を視野に入れた薄膜形成プロセスの開発指針を提示する。
- ・超格子構造による相変化メモリの動作エネルギー低減が実証されたことに基づき、GeSbTe の組成比および構成元素の異なる組み合わせによる超格子構造の可能性を確かめ、0.1nJ 以下で動作する低消費電力型相変化メモリの実証を行う。
- ・平成22年度までに開発した電界による酸素欠損分布制御技術を高度化し、酸化物をチャネル層にした3端子素子を作製し、そのトランジスタ特性の評価を行う。ON/OFF 比10の4乗以上を目標とする。

2-(3)-② ディスプレイ及び入出力機器の省エネルギー化

【中期計画 (参考)】

- ・ディスプレイ及び入出力素子作製技術の高度化のための省資源、低消費電力製造プロセスとして、ナノプリント、ナノモールド法等のデバイスの低温形成、印刷形成技術を開発する。これを用いて、10 cm^2/Vs 以上の電荷移動度を有する塗布形成半導体、150 $^{\circ}\text{C}$ 以下の低温焼結で7MV/cm 以上の絶縁耐圧を示す塗布形成絶縁層及び10-6 Ωcm 台の抵抗率を示す塗布形成導電材料の開発や、大面積パターンング技術の開発により、超低消費電力 (1インチあたり1W 以下) 薄型軽量ディスプレイの実現を可能にする技術や印刷光エレクトロニクス素子を開発するとともに、情報家電の小型、省エネルギー化に向けた複合構造光学素子を開発する。

《平成23年度計画》

- ・次世代ディスプレイ、入出力素子の要素技術開発として以下の技術開発を行う。
 - 1) フレキシブルデバイス用配線技術として、1000時間以上の耐久性を示すアルミニウムベース配線をフレキシブル基板上に印刷形成する技術を開発する。
 - 2) 高効率大画面有機 EL ディスプレイの製造技術として、低接触抵抗化をもたらすカソード電極を、損傷度5%以下で形成する技術を開発する。
 - 3) 高効率光電変換デバイスの配線・電極の印刷形成技術として、加工温度150 $^{\circ}\text{C}$ 以下で抵抗率50 $\mu\Omega\text{cm}$ 以下を示すスクリーン印刷用銅ベースインクを開発する。
- ・低消費電力ディスプレイ用光源として白色偏光 EL 素子を開発し、素子構造、色素導入方法の検討により純白色発光を目指す。
- ・低エネルギー消費型の光学素子製造技術であるナノインプリント法で用いる光学ガラスの屈伏点温度の低下を目指し、ガラス組成と屈伏点温度、屈折率、透過率

の相関性を検討する。また、波長550nm 以下で2000GM を越える二光子吸収体を開発する。

2-(3)-③ 光ネットワークによる情報通信の省エネルギー化 (Ⅲ-1- (1) -③へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・高精細映像等の巨大コンテンツを送送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワーク技術を開発する。具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術、及び光パスシステム化技術を開発する。また、1Tb/s 以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・光パスネットワークに向けて、光スイッチでは、シリコンフォトニクス光スイッチの大規模化とインテリジェント化を目指した電子回路集積を進める。また、波長選択性スイッチでは、ネットワークでの多様な要請にこたえるために、多入力化、多出力の設計を行う。システム、機器レベルでは、パラメトリック分散補償のためのモニタ技術、ノード技術の研究開発に着手する。超大容量伝送では、集積化サブバンド間遷移スイッチの高性能化を進める
- ・オンオフ変調から4値位相変調のフォーマット変換の最適化と特性評価を行う。光信号波形測定の基盤技術となるキャリア抽出技術の方式検討を行う。

2-(3)-④ ソフトウェア制御による情報処理システムの省エネルギー化

【中期計画 (参考)】

- ・情報処理システムで用いられる計算機、ストレージ、ネットワーク等の資源について、ミドルウェア技術によりエネルギー指標に基づく資源の選択を実現し、物理資源の利用効率を向上させ、30%の消費電力削減を目指す。利用者の利便性を損なうことなく省エネルギーを実現するため、その時々々の需要や環境に応じてエネルギー消費の小さな資源を使う等、資源の選択や利用法の最適化を行うミドルウェア技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ミドルウェア技術による消費電力削減のため以下の研究開発を行う。
- 1) 計算機 (サーバ) の資源については、十数台の規模システムを用いて本機構の試験運用を行い、消費電力の削減量として30%が実現可能か評価する。
 - 2) ストレージとネットワークの資源管理については、ユーザ・コンテンツ・ネットワークの利用状況の蓄積と管理技術の開発に着手する。また、性能保証分散スト

レージを実現するソフトウェアをオープンソースとして公開する。

- 3) 複数種類のネットワークから、より低消費電力なネットワークを選択する方式を開発し、ネットワークパス設定機構とネットワーク選択機構を組み合わせた実験を行う。

3. 資源の確保と高度利用技術の開発

【中期計画 (参考)】

物質循環型社会の実現のためには、炭素資源、鉱物資源等、多様な資源の確保とその有効利用が不可欠である。そのため、バイオマス資源等、再生可能資源を原料とする化学品及び燃料製造プロセスの構築に向けて、バイオ変換、化学変換、分離精製等の技術の高度化を図る。また、化石資源 (石炭、メタンハイドレート等) や鉱物資源 (レアメタル、貴金属等) 等、枯渇性資源を高度に利用する技術や省使用化技術、リサイクル技術、代替技術等の開発を行う。

3-(1) バイオマスの利用拡大

【中期計画 (参考)】

- ・化学品製造等において、石油に代表される枯渇性資源ではなく再生可能資源を効果的に活用するための技術の開発を行う。具体的には、バイオマスを原料とする機能性化学品及び燃料製造プロセスの拡大に必要な酵素や微生物等によるバイオ変換、触媒による化学変換、分離精製、熱化学変換 (ガス化、触媒合成) 等の基盤技術と高度化技術の開発を行う。また、全体プロセスの設計と燃料品質等の標準化の提案を行う。

3-(1)-① バイオマスを利用する材料及びプロセス技術

【中期計画 (参考)】

- ・バイオマスから、酵素や微生物等によるバイオ変換や触媒による化学変換と分離、精製、濃縮技術等を用い、基幹化学物質やグリセリン誘導体等の機能性化学品を効率よく生産するプロセス技術を開発する。特に、グリセリン利用においては、変換効率70%以上の技術を開発する。また、製品中のバイオマス由来の炭素が含まれている割合を認証するための評価方法を開発し、国際標準規格策定に向けた提案を行う。さらに、バイオエタノール等の再生可能資源由来物質を原料として低級炭化水素や芳香族等を生産するバイオリファイナリーについて、要素技術及びプロセス技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・微生物の育種及び培養技術により機能性バイオ素材の効率的な生産系の開発を継続するとともに、機能性化学品への用途開拓を行い、特にグリセリン誘導体の製造開発では、副生グリセリン中の不純物がグリセリン誘導体生産等に及ぼす影響について検討する。また、

- 平成22年度に開発した無機分離膜をブタノール発酵液からのブタノール回収に利用し、発酵副産物の分離膜への影響を検討する。
- ・非可食炭水化物系バイオマスの化学変換による高効率な機能性化学品合成を実現するために、繰り返し再利用可能なレブリン酸合成用ハイブリッド酸触媒を開発する。また、微結晶セルロースから乳酸を収率50%以上で合成可能な触媒系を開発する。
 - ・バイオエタノールからプロピレン等のオレフィンを製造するための触媒システム及び反応システムの開発について、ベンチプロセスで使用するジルコニア系酸化物触媒の性能改良を行う。また、ベンチプロセス運転に向けて各種エンジニアリングデータを取得し、触媒反応装置及び反応条件等の最適化を行う。
 - ・種々のバイオマス原料から、グリーン化学反応、マイクロ波反応、光化学反応等を用いて効率的な機能性バイオマスプラスチックを製造する方法について検討する。バイオマス由来ポリマーの実用化を目指し、マイクロ波駆動重合法のスケールアップを検討する。また、バイオマス由来度測定に関するサンプル調製法を検討することにより、ISO 新規提案を第2段階に進める。

3-(1)-② 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明 (I-5-(3)-①を再掲)

【中期計画(参考)】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・環境ゲノムを対象としたスクリーニングでは、ライブラリーを作成する際に用いられる宿主の遺伝子発現バイアスが最も大きな障壁となっている。この問題に対処するために、大腸菌を宿主とし、遺伝子発現バイアスを低減する方法論並びにそのような特性を持つ大腸菌宿主を創成する。
 - ・酵母による機能性脂質生産系において、脂質生産性の向上に重要な脂質合成酵素 DGAT の活性制御に関わる分子内領域の解析を行う。高度不飽和脂肪酸合成系の律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和化過程の生産性向上について、培養条件や脂質代謝因子から検討するとともに、機能性脂質やその誘導体の生産性向上や代謝に関与した因子の開発を行う。また、グリセロール誘導体からの新規重合性ケテンアセタールの合成法を確立し、収率向上を目指す。さらにイタコン酸誘導体ポリマーを活用した複合材料を調製する。
 - ・平成22年度に取得したセルラーゼ遺伝子のうち、特に特性の優れたものに着目し、その活性や生化学的特性を明らかにする。

- ・大規模メタゲノム配列データから酵素を中核とした高機能遺伝子の推定を行う研究を継続する。具体的にはマリンメタゲノム、土壌メタゲノムなど豊富な天然資源ゲノム配列からデータの特性に合わせた自動配列解析パイプラインの構築を継続する。
- ・麹菌2次代謝関連遺伝子の網羅的予測と発現情報解析から、予測2次代謝遺伝子の機能解析のための基盤技術開発を行う。

- 1) 麹菌における2次代謝関連遺伝子の予測手法の改善により、より多くの2次代謝関連遺伝子の検出を目指す。
- 2) 放線菌ゲノムについて、1)で開発した予測手法を適用し、2次代謝関連遺伝子を予測する。

- ・極限環境微生物より産業上有用な機能探索を行う。

- 1) 極地産菌類より凍結耐性の高い、あるいは凍結状態で増殖可能な菌類の探索を行い、その生理的機構を明らかにする。
- 2) 南極産菌類の低温増殖性を利用した廃水処理を検証する。
- 3) 耐塩性酵素の立体構造を明らかにし、その構造ホモログで食塩感受性酵素のものと比較することで、酵素の耐塩性付与技術を検討する。
- 4) 昆虫腸内微生物叢の群集構造の解析とその機能を明らかにする。

- ・共生微生物のゲノム情報に基づいて、害虫化、植物適応、外観変化などの生物機能を担う分子基盤を解明する。

3-(1)-③ 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化 (I-5-(3)-②を再掲)

【中期計画(参考)】

- ・バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・システム生物学を活用し、宿主となる酵母のバイオプロセスの改変を行ない、糖鎖関連分子の大量発現技術を開発すると共に、酵母や大腸菌などの細胞を用いて医療用生物製剤の原料となる物質の生産を安価に行なう生産技術を開発する。
- ・二次代謝系遺伝子、脂質、タンパク質等の生産性向上に必要な新規の標的遺伝子を高精度に予測する技術の開発、およびそれを利用した高効率生産系の開発を実施する。脂質や二次代謝物質の生合成経路を利用して、バイオ燃料生産などに必要な新規な化合物の生産および生産効率の向上技術を開発する。
- ・高温下でバイオマスを糖化することを目的に、既存の融合酵素を改良し、分解活性をさらに改善することを目指す。また、既存の単糖化用耐熱性糖質分解酵素の

構造解析を行い、機能改善法を検討し、耐熱性人工糖質分解酵素創製に資する方法論に関する基盤技術の開発を進める。

- ・木質系バイオマスの化学原料化（単糖の生成）を目的として、前年度明らかにした選択抽出条件で得られたオリゴ糖成分について、有機酸（酢酸、ギ酸）による加水分解挙動を明らかにする。具体的には、水熱反応で得られたオリゴ糖成分の有機酸による加水分解反応を回分式反応器で行い、その分解機構および最適分解条件を明らかにする。
- ・高付加価値を有する種々の細胞を高品質保存する技術を開発するために、超強力細胞保護ペプチド（CPP）の効果をウシ黒毛和種の受精卵および精子、またマウス、ラット、ヒト由来の種々の細胞について解析する。また、より優れた細胞保護効果を有するCPPを探索する。
- ・化学合成したDNAを電極上に固定化し、電気伝導体として機能するために必要な構造を調べる。さらにDNAの電気伝導性を制御する技術を開発する。
- ・微生物による物質生産に有用なシトクロムP450酵素、およびその酵素活性に必須の電子伝達タンパク質の立体構造情報を取得し、酵素の基質認識および電子伝達機構の詳細を明らかにする。また、より高効率な物質代謝を可能にするために、それら構造情報に基づいた分子種の選定、および高機能変異体の作製を検討する。さらに、ロドコッカス属放線菌を脂溶性物質の変換反応場として活用するため、ビタミンDをモデル基質として基質透過性の高い高変換型細胞の創製を目指した技術の開発を進める。
- ・酵母低温発現系を用いたタンパク質発現系の高度化を目指し、複数の酵素タンパク質を発現調節できる系の構築を行う。具体的には代謝酵素群の適切な発現バランスを見出す実験を行い、発現バランスを制御することによって代謝産物生産を改善する技術について検証する。
- ・マイクロ波の化学分野における利用、効果の解明を指向し、これまでのペプチド合成研究、糖鎖合成研究に加え、酵素反応研究やナノ粒子上核酸合成研究などについても検証を行う。また、前年度に合成したライブラリなどの化合物の活性試験を実施する。

3-(1)-④ バイオマスからの液体燃料製造及び利用技術の開発（I-1-(2)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・バイオ燃料製造技術の早期実用化を目指して、高効率バイオ変換（酵素糖化、発酵）技術、熱化学変換（ガス化、触媒合成）技術、及びトータルバイオマス利用評価技術を開発する。特に、エネルギー収支2.0（産出エネルギー／投入エネルギー）以上の高効率バイオ燃料製造プロセスの基盤技術を開発する。

油脂系バイオマスの化学変換（触媒存在下の熱分解や水素化処理、及びそれらの組み合わせ処理）により、低酸素の自動車用炭化水素系燃料（重量比酸素分0.1%未満）を製造する第2世代バイオ燃料製造技術を開発する。また、東アジアサミット推奨及び世界燃料憲章提案の脂肪酸メチルエステル型バイオディーゼル燃料（BDF）品質を満たすために、第1世代BDFの高品質化技術（酸化安定性10h以上）等を開発する。同時に、市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を行う。

《平成23年度計画》

- ・バイオエタノール一貫プロセスにおいては、エネルギー収支2.0以上となる低エネルギー非硫酸処理、酵素糖化、エタノール発酵個別要素技術を開発する。BTLトータルプロセスにおいては、触媒種、液化反応条件、リアクター等の改良により液体燃料収率とエネルギー収支の向上を達成する。また、持続可能なバイオマス利用評価技術の精緻化と国際標準化を検討する。
- ・JST-JICA事業でタイに設置されたパイロットプラントを用いた高品質BDF製造実証研究を支援する。特に、BDF製品が東アジアサミット推奨BDF品質を満たすかどうかを燃料分析面で支援すると共に、BDFの金属残留量低減技術のパイロットプラント導入を目指し、金属除去技術を開発する。また、油脂系バイオマスとしてジャトロファ残渣の急速熱分解用触媒および熱分解生成油中の含酸素化合物脱酸素用触媒のさらなる高性能化を図る。
- ・市場導入に必要な燃料品質等の国内外の標準化を推進する。平成23年度においては以下を実施する。
 - 1) 東アジア・アセアン経済研究センター（ERIA）事業において引き続きワーキンググループ（WG）を運営し、参加各国での分析可能ラボのリストアップ、実市場でのバイオディーゼル燃料品質管理方法の検討などを実施する。
 - 2) pH測定方法については、規格値の決定に必要なデータの取得しJIS化へ反映する。また、ISO/TC28/SC7で測定方法の議論が進んでいる「酸化度」と「電気伝導度」の測定方法の詳細なデータ取得を行う。

3-(2) 化石資源の開発技術と高度利用技術

【中期計画（参考）】

- ・天然ガスや石炭等の化石資源の確保と高度な転換、利用に資する技術の開発を行う。具体的には、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから天然ガスを効率的に生産するため、分解採取手法の高度化等の技術開発を行う。また、引き続き世界的主力エネルギー源の一つである石炭の有効利用のため、次世代石炭ガス化プロセス等にかかわる基盤技術の開発を行う。

3-(2)-① メタンハイドレートからの天然ガス生産技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・我が国周辺海域等に賦存し、将来の天然ガス資源として期待されているメタンハイドレートから安定かつ大量に天然ガスを生産する分解採取手法を開発する。このため、分解採取手法の高度化、想定される生産障害の評価、メタンハイドレート貯留層モデルの構築、生産時の地層挙動の評価及び生産挙動を予測するシミュレータ等を開発する。メタンハイドレート貯留層特性に応じた天然ガス生産手法を最適化するため、室内産出試験設備等によりフィールドへの適用性を評価する。《平成23年度計画》
- ・平成22年度に引き続き貯留層特性に応じて生産量を最大化させる生産手法・生産条件を評価する。
 - 1) 坑底圧を3MPa以下とする強減圧生産法について生産量を最大化する減圧度と貯留層特性の関係について詳細に解析する。
 - 2) 通電加熱法における孔隙径分布、孔隙内の海水飽和率、ガス飽和率を因子とした地層温度増加の効果を評価する。
 - 3) サイクリック減圧法の長期的な生産性を解析し、回収率のサイクリック周期などに対する関係を解析する。
 - 4) 大型室内産出試験装置を用いた実験により貯留層特性と最適坑底圧との関係を検証する。
- ・平成22年度に引き続き生産過程における流動障害について実験的に解析し評価する。
 - 1) 生産時の細粒砂移流および氷生成による流動障害モデル式の実験的検証を行う。
 - 2) 坑井内でメタンハイドレートが再生成する流動障害過程を実験的に解析・評価する。
 - 3) 坑井内における気固液三相流動解析技術を引き続き開発する。
 - 4) 圧密による浸透率低下モデル式での生産シミュレータとの連係手法を開発する。
- ・平成22年度に引き続き海域のメタンハイドレート貯留層モデルを構築する。
 - 1) 三次元震探データを用いてメタンハイドレート貯留層の形成シミュレーションを実施し、地層の連続性を評価するほか、断層のデコンパクションなどによる地層の復元を行う。
 - 2) CMR 検層結果を用いて、前年度に開発した浸透率解析モデル式と従来解析法とを比較する。
 - 3) リングせん断試験装置で実断層に相当するせん断実験を実施し、断層形成に伴う浸透率変化と力学強度変化を解析する。
 - 4) 生産時の貯留層の熱伝導率について実験的な解析と評価を行い、モデル式を改良する。
- ・フィールドにおける生産性や生産挙動への地層変形の影響について評価可能なシミュレーション技術の精度

向上を行なう。

- 1) 解析精度を大きく損なわずにフィールドスケールの生産性を解析するアップスケーリング手法の機能強化と改良を行う。
- 2) 坑井のケーシングやセメント厚さ、減圧度等々をパラメータとした坑井周辺の応力分布に関する解析を行い、安定な生産のための坑井仕上げ条件を整理する。
- 3) 坑井にかかる応力を評価するために様々な条件下でのケーシング貫入試験を行い、これらの実験データを基にシミュレータの精度向上を図る。
 - ・メタンハイドレート資源開発の経済性向上等のためのガスハイドレートの物理特性を活用した技術を開発すると共に、メタンハイドレート技術の普及を図る。
- 1) 天然ガスハイドレート（NGH）輸送システムにおけるガスハイドレートの生成・分解特性を解析する。
- 2) セミクラスレートハイドレートによるガス分離技術を開発する。
- 3) ガスハイドレート系冷熱媒体を開発する。
 - ・メタンハイドレート資源開発とガスハイドレートの機能を活用した技術の移転を行うほか、人材育成、国民との対話、シンポジウム開催等によりメタンハイドレート技術の普及を図る。

3-(2)-② 次世代ガス化プロセスの基盤技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高効率な石炭低温水蒸気ガス化方式により、ガス化温度900℃以下でも、冷ガス効率80%以上を可能とする低温ガス化装置を開発する。さらに、低温ガス化プロセスを利用し、無灰炭や低灰分炭の特性を生かし、 H^2/CO 比を1~3の範囲で任意に調整し化学原料等に用いる技術を開発する。また、石炭利用プロセスにおける石炭中の有害微量元素類の挙動を調べるための分析手法を開発し、標準化手法を提案する。《平成23年度計画》
- ・平成22年度に製作した連続式触媒ガス化装置を用いて、低品位炭のガス化試験を実施する。触媒の設置位置、ガス流速等を変えた試験を行い、ガス化が効率的に進行して、タール生成が見られない条件を見つける。また、生成ガスの組成を調べ、熱重量分析装置や半連続式ガス化装置で得られた結果との比較、確認を行なう。
- ・ダウンナー形式の迅速熱分解炉を併設した2塔循環式連続石炭ガス化装置により、石炭の連続ガス化実験を行い、その最適運転条件を明らかにする。大型コールドモデルによる流動解析では、さらなる高循環量に挑戦すると共に、高循環量と共に粒子濃度も大きくなる条件を明らかにする。また、石炭模擬粒子と媒体粒子の混合特性を定量的に評価し、混合器の形状や操作条件の混合特性に対する影響を明らかにする。

3-(3) 資源の有効利用技術及び代替技術

【中期計画（参考）】

- ・偏在性による供給不安定性が懸念されているレアメタル等を有効利用するための技術及び資源の省使用、代替材料技術の開発を行う。具体的には、レアメタル等の資源確保と同時に有害金属類のリスク管理に資するため、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを構築する。また、廃棄物及び未利用資源からレアメタル等を効率的に分別、回収する技術の開発を行う。省使用化、代替材料技術として、タングステン使用量を30%低減する硬質材料製造技術の開発を行う。また、レアメタル等の鉱床探査とリモートセンシング技術を用いた資源ポテンシャル評価を行う。

3-(3)-① マテリアルフロー解析

【中期計画（参考）】

- ・有害金属類のリスク管理やレアメタル等の資源確保に係る政策に資するため、国内外での生産や廃棄、リサイクルを含む、ライフサイクルを考慮した物質循環フローモデルを開発する。具体的には、有害性と資源性を持つ代表的な物質である鉛を対象に、アジア地域を対象としてフローモデルを開発する。次に、鉛において開発した手法やモデルを基礎として、他のレアメタル等へ展開する。

《平成23年度計画》

- ・道路粉塵など事業所以外の排出の寄与も考慮して、東アジアで行った排出量推計手法を改良したうえで全世界の推計を行い、世界最新の全球グリッド排出量データを作成する。また、このデータに基づき、全球環境動態モデルによるシミュレーションを実施する。さらに、国際応用一般均衡モデルと物質フローモデルの統合モデルを改良し、アジアにおける化学物質管理政策のシナリオに基づく物質フローと環境排出量についてのシミュレーションを実施する。

3-(3)-② レアメタル等金属や化成品の有効利用、リサイクル、代替技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・レアメタル等の有用な材料の安定供給に資するため、使用済み電気・電子製品等の未利用資源を活用する技術を開発する。具体的には、金属や化成品の回収及びリサイクル時における抽出率、残渣率、所要段数、利用率等の効率を50%以上向上させる粒子選別技術、元素レベルでの分離精製技術及び精密反応技術を開発する。先端産業に不可欠なレアメタル等の省使用化、代替技術を開発する。具体的には、界面制御や相制御により、レアメタル国家備蓄9鉱種の1つであるタングステン使用量を30%低減する硬質材料の製造技術、ディーゼル自動車排ガス浄化用触媒の白金使用量削減技術や重希

土類を含まない磁性材料の製造技術等を開発する。

《平成23年度計画》

- ・製品等のセンシング選別において、タンタルコンデンサを多く含む携帯電話機種を選別を達成するとともに、基板から剥離した素子群からタンタルコンデンサを高濃縮するための実証選別機の試作を行う。また、蛍光体のリユースやリサイクルのための評価・判別技術を確立する。
- ・焙焼－浸出－溶媒抽出による希土類磁石からの希土類の選択分離法については、浸出液中の主成分であるネオジムの効率的抽出法を確立する。また協同抽出系におけるパラジウム抽出の加速効果メカニズムの解析を行い、最適な抽出条件について調べる。さらに溶融塩を用いた新しい希土類金属分離プロセスについて、連携している大学との共同研究に基づき適切な条件を探索し、平成22年度に確立した評価方法により分離効率を定量的に評価する。
- ・使用済み電子機器を混合炭酸塩共存下で水蒸気ガス化し、プラスチックなどの有機成分を水素に転換するとともに、金属を回収するための処理条件の最適化を図る。ポリエチレンのガス化に関しては、分解中間物質と想定される軽質炭化水素気化物などの熱分解反応を実施し、分解ガス組成の制御および触媒の影響を検討する。
- ・工具構造や材料設計によりタングステンを30%削減した硬質材料を用いて切削工具を作製し、実用化に向けた特性評価を行う。ディーゼル排ガス触媒における触媒金属担持プロセスの改良等により触媒活性を改善し、触媒における白金使用量40%削減の可能性を検討する。また、高圧パルス通電焼結により作製したバルク状Sm系磁性材料の低温緻密化による特性の改善を図る。さらに、レアメタル対策を施した熱電材料、発熱材料に対して素子化、ならびに硬質材料に対して金型形状への加工を試みる。

3-(3)-③ レアメタル等の鉱床探査と資源ポテンシャル評価（別表2-2-(2)-①を一部再掲）

【中期計画（参考）】

- ・微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。

《平成23年度計画》

- ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究

を行う。

- 1) モンゴル、南アフリカ、南米、中央アジア、東南アジア等で希土類元素等レアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施するとともに、衛星画像と地表踏査結果の対比によるデータの検証作業を中央アジアなどで行う。
- 2) 選鉱残渣からのレアメタル抽出のための鉱物学的及び選鉱学的研究を南米及び南ア等を対象に実施する。レアメタル分析及び選鉱試験施設を導入し整備する。
- 3) 国際会議等によりレアメタルの資源開発動向を把握し、今後供給が不安定化する可能性のあるレアメタルの抽出、資源の安定供給確保のための方策を検討する。
- 4) 産総研レアメタルタスクフォースの活動の一環として、展示会、講演会などを分担する。
 - ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究を行う。
- 1) 南アフリカ共和国白金族鉱石の高感度微小領域プラチナ分析を実施し、プラチナの存在形態を明らかにする。また、微小領域パラジウム分析法を開発する。
- 2) 同位体分析等に基づき野矢地域の金鉱床ポテンシャルを明らかにし、アラスカ州の金鉱床成因解明研究に着手する。
- 3) 豊羽鉱床に加えボリビアのインジウム濃集鉱石を用いて赤外線顕微鏡観察、流体包有物実験及び硫黄同位体比測定を行い、レアメタル濃集環境の特徴を明らかにする。
- 4) 海底資源調査を念頭に置き、銅及び亜鉛安定同位体比測定法を開発する。また、産総研内外との共同研究により、放射壊変起源の同位体を含めた“同位体測定実験施設”の整備に着手する。大陸棚画定に係る国連審査に関しては、フォローアップとして審査対応部会での任務を遂行するとともに必要に応じて科学的データの補充等を行う。

4. グリーン・イノベーションの核となる材料、デバイスの開発

【中期計画（参考）】

部材、部品の軽量化や低消費電力化等による着実な省エネルギー化とともに次世代のグリーン・イノベーションを目的として、従来にない機能や特徴を持つ革新的材料及びデバイスの開発を行う。具体的には、ナノレベルで機能発現する新規材料や多機能部材の開発を行う。また、部品、部材の軽量化や新機能の創出が期待される炭素系新材料の産業化を目指した量産化技術の開発と応用を行う。さらに、ナノテクノロジーを駆使して、電子デバイスの高機能化・高付加価値化技術の開発を行う。ナノエレクトロニクス等の材料及びデバイス研究開発に必要な最先端機器共有施設を整備し、効率的、効果的なオープンイノベーションプラットフォームとして活用する。

4-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

4-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

《平成23年度計画》

- ・新たに見出したフタロシアニン系の液晶性半導体材料をベースに主として有機薄膜太陽電池をターゲットとした、塗布印刷型薄膜形成に対応し得る液晶性有機半導体の研究を行い、波長拡大と電荷輸送パス形成の観点から新たな材料合成を通じた研究を行う。また薄膜デバイス作製に必要とされる分子配向制御手法についても引き続き検討を行う。
- ・スマートマテリアルの開発：前年までに開発した光応答型 CNT 分散剤について更に知見を深め、可逆的な光異性化反応を用いて再生利用可能な分散剤の開発を目指す。また、スマートマテリアルの基礎物性解明に関連して、昨年度実績に挙げた光応答性材料に加えて、新しい構造の電解質ゲル化剤や、液晶溶媒を用いた有機半導体の薄膜作製法を検討する。
- ・バイオミメティックヘテロ接合の開発：新規ナノゲルの設計と合成に取り組むとともに、ゲル内におけるバイオミネラリゼーションのメカニズムの解明、ソフト微細構造界面と流動媒体の相互作用や、界面電気現象の解明とコロイド配列配向制御によるデバイスの開発等を行う。
- ・機能界面設計技術の開発：二色 SFG 等の各種分光技術を用いて有機 EL をはじめとする有機デバイス界面のその場計測技術への展開を図り、表面や埋もれた界面における解析・評価技術の確立を目指す。
- ・ソフトマテリアルの新規プロセス並びにデバイス応用を目指して、キラル液晶が薄膜中で形成する自己組織

秩序構造、及びコレステリックブルー相の高分子による安定化のメカニズムを連続体シミュレーションにより明らかにし、ソフトマテリアルの階層的自己組織化による構造形成と非平衡挙動に関する理解を理論及びシミュレーションにより深める。

4-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。

《平成23年度計画》

- ・プルシアンブルー型錯体ナノ粒子の安定な電気化学特性を生かし、エレクトロクロミック素子の安定性向上を図ると共に、他の用途を探索する。
- ・他の手法では作製不可能なナノ粒子あるいはサブマイクロメートル粒子をレーザーやプラズマを利用して作製する技術を確立し、その作成例と応用例を提示する。

4-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数ppmの検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガスクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・低粉末量の無機複合プラスチックに熱伝導性を発現させるために、樹脂の分子配列を秩序化するナノ複合化技術を開発する。マルチセンサ部材に関しては、アレイ型マイクロデバイスに可燃性ガスを選択的に燃焼する触媒の集積化技術を開発し、水素、メタン、一酸化炭素混合ガスに対してそれぞれ10ppm、10ppm、50ppm検知を達成する。また、有機-無機界面を利用した無機結晶の析出制御や酸化物ナノクリスタルの配置・配列と機能発現に関する基盤技術を開発し、機能発現に於ける適材配置の有効性を検討する。

4-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセント光-伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化により、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取り出し効率80%以上）を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ナノギャップ電極によるメモリー動作に関しては透過型電子顕微鏡を用いて直接的な素子状態観察による動作機構解明とより低消費電力化を進める。発光ダイオード技術においてはリッジ形状の最適化を行うとともに、それを利用した発光ダイオードの作製を行う。平成22年度に開発した近接場光学顕微鏡用プローブを用いてリッジ構造半導体のエバネッセント光分布の評価を行う。さらに、理論的な解析を基に高効率な素子の設計を行う。

4-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

《平成23年度計画》

- ・引き続き、有機物、シリコン、機能性酸化物、及び炭素系材料などを用いた新規デバイス開発の支援のため、必要な計算技術及びプログラムを開発並びに整備しながら、電子状態、伝導特性、及び誘電特性などについてシミュレーション研究を進める。第一原理計算プログラム開発においては、スピン軌道相互作用/ノンコリニア磁性計算機能とワニエ軌道関連計算機能を結合し、交差相関及びスピントロニクス研究に資する。
- ・燃料電池の実用化及びリチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属、半導体、及び酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行う。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析する。本年度はこれらの研究の内、特に希硫酸とPt電極界面において電圧を印加したシミュレーションを行い、界面構造の変化等を明らかにする。
- ・生体及び分子集合体機能の解析と予測のために必要な分子シミュレーション要素技術の開発（分子間相互作用の精密計算とそれに基づくモデリング技術、自由エネルギー評価法）を行い、化学反応機構、分子認識機構の解析、分子自己組織化構造解析及び安定性評価などを行う。今年度はこれらの研究の内、特にイオン液

体電解質などの静電気が支配的な系について、その分子構造と機能の関係を明らかにする。

- ・エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究と大規模電子状態理論並びにプログラム開発研究（FEMTECK、FMO）を行う。シミュレーション基礎理論開発研究に関してはダイナミックプロセスを解明するための密度汎関数法によるバンド計算や動的平均場理論の開発に重点をおく。また、大規模電子状態理論並びにプログラム開発研究に関しては、次世代スパコンのための超並列化技法などの開発に注力する。さらに、平成23年度においては、光化学反応を取り扱える様な第一原理光励起物質プロセスシミュレータを新たに開発し、それを活用したレーザー励起物質創製プロセスの計算シミュレーション研究を行う。計算機上でターゲット材料創製に有効なパルスレーザー照射条件の最適化シミュレーションを計算機上で行う事により、レーザー照射条件により創製される物質種や、その形状及びサイズをレーザー照射条件により制御する可能性を探索する。
- ・励起状態並びに光物性に関するシミュレーション及び理論解析技術を向上させ、材料の光機能の理論的開拓と特性解析を行う。また、プロセスに主眼を置いた材料設計手法として、高分子混合系におけるナノ粒子分散系のシミュレーションを確立させる。特に、粒子と高分子の間の相互作用等のモデル化について検討し、高分子のダイナミクスとナノ粒子のダイナミクスの相関について検討する。

4-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用 (Ⅲ-2-(2)へ再掲)

【中期計画（参考）】

- ・部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結びつけるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ（CNT）の用途開発と大量合成及び精製技術の開発を行う。また、グラフェンを用いたデバイスの実現を目指して、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。有機ナノチューブの合成法高度化と用途開発を行う。パワーデバイスへの応用を目指して大型かつ単結晶のダイヤモンドウェハ合成技術の開発を行う。

4-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・カーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術（600g/日）や分離精製技術

（金属型、半導体型ともに、分離純度：95%以上；収率：80%以上）等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

《平成23年度計画》

- ・スーパーグロース法の実証プラントを運営し0.6kg/日の生産を実現し、用途開発企業に試料を提供する。分散しやすいCNTの合成、及びCNTとゴム、樹脂との複合化技術開発。歪みセンサーなどのデバイス開発を行う。eDIPS法で合成したSWCNTの電子デバイス実用化を目指して、デバイス特性を向上させる精密構造制御技術や印刷プロセスに基づくデバイス製造技術、金属半導体分離技術等の研究開発を行う。成膜や紡糸など革新的SWCNT材料加工プロセス確立を目指して直接SWCNT加工技術を開発する。
- ・様々な種類の機能性分子からなる1次元ナノ構造体をカーボンナノチューブ内部に構築し、分光法などによる基礎物性解明をおこなう。また、それらのバイオ、エレクトロニクス応用研究をおこなう。バイオ応用では、内包物質や修飾物質をマーカーとして用いて、カーボンナノチューブ及びナノホーンの生体内での挙動を明らかにする。また、有機ナノチューブ材料をはじめとした分子組織化材料である安心かつ安全なボトムアップ型有機ナノ材料の実用化を目標に、合成法高度化並びに高機能化を実施し、異分野との融合を図りつつ用途開発を行う。
- ・1) マイクロ波プラズマCVDによりロールツーロールでの大面積グラフェン合成法の開発を行う。
- 2) マイクロ波プラズマCVDで合成するグラフェンで、タッチパネル用途のITO代替材料としての性能を発現させる。
- 3) 熱CVDによる高品質グラフェンの電気特性評価を行い、電子デバイス材料としての可能性の検討を行う。
- ・単層CNTを金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、さらなる基盤技術開発を行う。ゲルカラムを用いた分離法を改善し、直径1.4nm程度のCNTにおいて、簡便な手法で半導体純度95%以上、金属純度90%以上を達成する分離条件を確立する。また、分離の前処理としてのCNTの孤立分散処理において、原料スに含まれるCNTの50%以上を孤立分散液として回収する技術を開発する。また、1g/dayのCNT分離をめざして、大型のカラムを用いた分離技術開発を行う。

4-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・1) ダイヤモンド接合ウェハの接合技術の高度化（接合面の精密加工など）および1.5インチウェハを試作する。
- 2) 種基板ー成長層界面から発生する欠陥の低減をはかる。

4-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進（Ⅲ-1-(3)へ再掲）

【中期計画（参考）】

次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設として外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

4-(3)-① ナノスケールロジック・メモリデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・極微細 CMOS の電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。
- 《平成23年度計画》
- ・Si 基板上に埋め込み絶縁層を介して形成した III-V 族半導体チャネル MISFET において、素子構造、材料の最適化を進め、CMOS プラットフォームへの適用性を明らかにすると共に、集積化の可能性を検証する。
 - ・揮発性抵抗スイッチ効果を示す機能性酸化薄膜を、300ミリウェーハ量産に適した手法により形成するプロセス設計を進め、300ミリウェーハレベルでの RRAM チップアレイの動作実証を行う。

4-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- ・LSI チップ間光インターコネクションにおいて $10\text{Tbps}/\text{cm}^2$ 以上の情報伝送密度を実現するために、半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・半導体ナノ構造作製技術を用いた集積回路技術および、微小光源&光増幅器技術に関して、それぞれ以下の技術を開発する。
- 1) 光電子集積回路実現のための LD 光源実装技術の開発を実施する。
 - 2) 量子ドット面発光レーザを試作し、レーザ発振を得る。また、光フィルタ機能付き量子ドット増幅器では隣り合う波長で10dB以上の強度差を実現する。
- ・3次元光配線可能なアモルファスシリコン光導波路およびハイブリッド光デバイスとして以下の開発を行う。
- 1) 積層型アモルファスシリコン3次元光回路において、異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイス構造を電磁界シミュレーションにより設計する。設計した構造を実現するための作製プロセスフローを検討し、位置重ね合わせ加工を中心としたプロセス条件の最適化を進め、層間距離600nm以上でも信号光が移行するデバイス構造の試作を行う。
 - 2) 有機結晶 pn 接合を有した、10ミクロン級の共振器構造電流注入型デバイスを作製する。また、100V以下の EL 動作を実現する。
 - 3) ファイバー形状ポリマーを利用した新たな光増幅器および共振器を開発する。

4-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

- ・産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に引き続き、産総研ナノプロセッシング施設（AIST-NPF）を窓口とした先端機器共用イノベーションプラットフォーム（IBEC-IP）の拡充、整備を実施する。研究支援インフラを産総研内外、産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を充実させる。より具体的には、IBEC-IP 関連規程を改訂および見える化し、産総研外部ユーザーが IBEC-IP 利用に関わる諸手続きを行いやすくする。
- ・LSI 搭載に向けたフォトニクス集積回路技術の研究開発に関して、スーパークリーンルーム設備を用いた集積プロセス基盤技術の構築に着手する。具体的には $3\text{dB}/\text{cm}$ 以下の細線導波路技術、10GHzの高速動作が可能な光変調器、光受光器技術の構築を図るとともに、

これらの集積時に生じるプロセス課題を明確にし、その解決を試みる。

5. 産業の環境負荷低減技術の開発

【中期計画（参考）】

産業分野での省エネルギー、低環境負荷を実現するためには各産業の製造プロセス革新が必要である。そのため、最小の資源かつ最小のエネルギー投入で高機能材料、部材、モジュール等を製造する革新的製造技術（ミニマルマニュファクチャリング）、化学品等の製造プロセスにおける製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化を目指すグリーンサステナブルケミストリー技術の開発を行う。また従来の化学プロセスに比べ、高付加価値化合物の効率的な生産が可能なバイオプロセス活用技術、小型、高精度で省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム（Micro Electro Mechanical Systems : MEMS）の開発を行う。さらに、様々な産業活動に伴い発生した環境負荷物質の低減及び修復に関する技術の開発を行う。

5-(1) 製造技術の低コスト化、高効率化、低環境負荷の推進

【中期計画（参考）】

・製造プロセスの省エネルギー、低環境負荷に貢献する革新的製造技術であるミニマルマニュファクチャリングの開発を行う。具体的には、多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術、セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術及び希少資源の使用量を少なくしたエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発を行う。また、高効率オンデマンド技術の一つとして、炭素繊維等の難加工材料の加工が可能となるレーザー加工技術の開発を行う。さらに、機械やシステムの製品設計及び概念設計支援技術の開発を行うとともに、ものづくり現場の技能の可視化等による付加価値の高い製造技術の開発を行う。

5-(1)-① 多品種変量生産に対応できる低環境負荷型製造技術の開発

【中期計画（参考）】

・デバイス製造に要する資源及びエネルギー消費量を30%削減するために、必要な時に必要な量だけの生産が可能で、かつ多品種変量生産に対応できる製造基盤技術を開発する。また、ナノ材料を超微粒子化、溶液化し、それらを迅速に直接パターンニングするオンデマンド製造技術を開発する。

《平成23年度計画》

・高速オンデマンド[※]微細パターン形成技術として、レーザー援用 IJ 法では、ソース原料の低抵抗・高性能化およびインク吐出技術の高安定化と評価技術を確立する。また、光 MOD では、酸化物ナノ粒子、インク

溶液及び結晶配向技術の高度化を行い、膜の電気伝導性及び光特性の制御技術を確立する。環境対応部材のオンデマンド成形技術では、局所加熱スピニングによる異形状を含めた Mg 合金板の成形法を開発する。また機能性表面の形成技術や成形性に優れた板材の開発などを行う。次世代オンデマンドマイクロファクトリのキーコンポーネントとなる球面モータを小型化し、かつ高精度に制御するための技術を開発する。

- ・省資源・省エネルギーの高効率塗布プロセスによるオンデマンド製造技術基盤構築を実現するため、基礎となる粒子生成技術・高精密塗布技術などの技術開発を進める。
- ・ミニマル洗浄装置、ミニマルプラズマ装置、ミニマル加熱炉、ミニマル搬送システムを動作できるレベルで開発を進めると共に、ミニマル露光装置、ミニマルエッチング装置等についても1号機の開発を進める。ミニマルファブの具体的な仕様策定をさらに踏み込んで進めてゆく。

5-(1)-② 高性能セラミック部材と表面加工技術を用いた省エネルギー製造技術の開発

【中期計画（参考）】

・製造産業における生産からリサイクルに至るプロセス全体の省エネルギー化を図るために、断熱性等の機能を2倍以上とした革新的セラミック部材等の製造技術、及び機器及びシステムの摩擦損失を20%以上低減させる表面加工技術を開発する。

《平成23年度計画》

・伝導、対流及び輻射による熱損失を低減させる部材構造と蓄熱性を併せ持つ高機能中空ユニットを開発するとともに、90%以上の気孔率を有する超高気孔率多孔体の精密造形技術を開発する。また、摩擦低減に向けて、成膜方法、およびナノストライプを構成する材料の組合せと幾何形状、添加剤の作用機構について、引き続き実験的検証を進める。さらに、これらの開発要素プロセスの省エネルギー性の評価を、摩擦試験装置を用いたストライバック線図を用いて実施する。

5-(1)-③ 資源生産性を考慮したエネルギー部材とモジュールの製造技術の開発

【中期計画（参考）】

・固体酸化物形燃料電池や蓄電池用の高性能材料、部材及びモジュールを創製するため、希少資源の使用量を少なくし、従来に比べて1/2以下の体積や重量で同等以上の性能を実現する高度集積化製造技術や高スループット製造技術を開発する。

《平成23年度計画》

・40%以上の変換効率を目指した多燃料対応型マイクロ燃料電池モジュールの製造基盤技術を開発する。コバルトを利用しない高容量蓄電池材料の製造基盤技術や、

全固体型リチウムイオン電池向け固体電解質材料等を探索する。AD法での超電導薄膜製膜技術により、臨界電流密度(Jc)の向上技術等を検討する。また、高特性超電導配向厚膜を用いた高感度バンドパス等の多層素子製造技術を開発する。触媒燃焼型熱電発電モジュールの高集積パターンニング技術を確立し、水素3%の低カロリー燃料ガスで10μWの発電を実証する。

5-(1)-④ レーザー加工による製造の高効率化

【中期計画(参考)】

- 自動車製造工程等に適用できるタクトタイム1分以内を実現する炭素繊維強化複合材料等のレーザー加工技術の開発、及び従来のフォトリソグラフィ法等の微細加工技術に比較して30%以上の省工程・省部品化処理が可能なオンデマンド加工技術を開発する。

《平成23年度計画》

- 炭素繊維強化複合材料の高品位、高速のレーザー加工技術に関して、切断、接合プロセス制御因子把握の詳細検討を行うとともに、レーザー誘起背面湿式加工法等を駆使したオンデマンド加工における省工程、省部品化処理の実用加工機の技術開発を行う。

5-(1)-⑤ 製造分野における製品設計・概念設計支援技術の開発

【中期計画(参考)】

- 機械やシステムの基本設計に必要とされる候補材料の加工に対する信頼性、機械寿命、リサイクル性を予測するために、実際の運用を想定した評価試験と計算工学手法を融合したトータルデザイン支援技術を開発する。企業における有効事例を3業種以上構築する。

《平成23年度計画》

- 設計上流段階での支援技術の開発に向け、ハードおよびソフトに関する課題の抽出研究を引き続き行う。難加工材の加工速度、負荷、型表面性状等の因子の変形への影響の解明を、チタン製ねじの転造加工とその他の製法との比較を事例として進める。また、非破壊評価技術、欠陥解析技術を高度化するとともに、両者からなる寿命・余寿命評価ツールを試作する。さらに、設計支援ツールに関しては機能劣化による価値低下や製品付帯アフターサービスの影響、ハードから得られた知見を統合し設計上流に反映できるよう、その基本構造を提案する。

5-(1)-⑥ 現場の可視化による付加価値の高い製造技術の開発

【中期計画(参考)】

- 製造プロセスの高度化及びそれを支える技能を継承するために、ものづくり現場の技能を可視化する技術、利便性の高い製造情報の共有技術、高効率かつ低環境負荷な加工技術を開発する。成果を企業に導入し、顕

著な効果がある事例を50件構築する。

《平成23年度計画》

- 製造現場での情報収集機器とMZプラットフォームとを連携させた事例を作成し有効性を検証する。故障要因分析を例に製造現場の情報活用手法の有効性を検証する。ニーズの高い加工技術において高付加価値加工実現の指針を提供し、企業の現場で利用し易い加工テンプレート化する研究を進める。また実体顕微鏡下の作業状況計測と熟練作業の分析を行う。これらツールの普及活動を進める。

5-(2) グリーンサステナブルケミストリーの推進

【中期計画(参考)】

- 各種産業の基幹となる高付加価値化学品等の持続的な生産、供給を実現するため、製造効率の向上、環境負荷物質排出の極小化、分離プロセスの省エネルギー化等を実現するプロセス技術の開発を行う。具体的には、精密合成技術、膜分離技術、ナノ空孔技術、マイクロリアクター技術、特異的反応場利用技術等の開発を行う。

5-(2)-① 環境負荷物質の排出を極小化する反応、プロセス技術

【中期計画(参考)】

- 酸化技術、触媒技術、錯体・ヘテロ原子技術、ナノ空孔技術、電磁波技術等を用いることにより環境負荷物質排出を極小化し、機能性高分子材料、電子材料、医薬中間体、フッ素材料等を合成するプロセス技術を開発する。特に、反応率80%以上、選択率90%以上で目的製品を得ることができる過酸化水素酸化プロセス技術を開発する。また、触媒開発においては、触媒の使用原単位を現行製造法の20%以下にする技術を開発する。

《平成23年度計画》

- 過酸化水素酸化プロセス技術開発について、多官能かつ高分子量といった複数の課題を有する高難度基質の選択酸化を達成する新規触媒を開発し、反応率75%、選択率85%を目指す。また、イリジウム原料として酢酸イリジウムを用いる有機EL燐光材料の合成法について、赤色燐光材料への適用を検討する。
- 触媒を用いるアルケニルリン類製造プロセスの機構解明を行う。固定化触媒やホスフィン類を使用しない触媒系の開発を目指し、銅やニッケルなどの非貴金属触媒を用いる機能性リン類の高効率製造法を開発する。また、反応性光学活性リン類のモノマーやポリマーの高効率合成法を開発する。さらに、含リン機能性高分子材料を開発してその特性を明らかにするとともに、材料のビーズ化などの成型加工により高効率貴金属抽出剤の開発を目指す。
- 磁石により触媒の回収が可能な磁性ナノ粒子固定型遷

移金属触媒の開発や、無機担体への貴金属の高分散担持技術の開発等により、電子材料等の合成プロセスにおける触媒の使用原単位を従来比33%以下まで更なる低減を図る。

- ・発泡剤の開発について、工業原料から候補化合物を製造できる方法を開発するとともに、温暖化評価、燃焼性評価、性能評価を進める。また、冷媒化合物の評価について、冷媒の着火特性の評価等を行う。

5-(2)-② 化学プロセスの省エネルギー化を可能とする分離技術

【中期計画（参考）】

- ・化学プロセスの省エネルギー化の実現に資する膜分離、吸着分離等の技術を開発する。具体的には、膜性能の向上、膜モジュール技術の開発、膜分離プロセスの設計を進めることにより、蒸留等を用いた現行プロセスの消費エネルギーを50%削減できる膜分離技術を開発する。また、ナノ多孔質材料の細孔表面の修飾や有機材料等との複合化、細孔の配向性制御、吸着特性評価等の技術を開発し、従来比25%以上の省エネルギー化が可能な産業分野用吸着分離プロセスを開発する。

《平成23年度計画》

- ・箔状パラジウム合金膜を用いて5L/分の水素精製能を有する積層型膜モジュールのプロトタイプを開発する。分子ふるい炭素膜のミニモジュールを用いて、操作温度や供給濃度、供給圧力等の運転条件が分離性能に与える影響を把握し、効率の高い分離操作条件を決定する。また、シール方法などのモジュール作製手法を最適化し、適用可能な化学原料の種類を拡大する。
- ・氷点下における水蒸気吸着挙動について検討し、霜の付かないデシカントシステムで使用する吸着剤の細孔構造を決定するとともに、モジュール化手法の違いによる吸着速度の違いを明らかにする。ほう素吸着剤については、吸着サイト導入手法の最適化により、更なる吸着量増大の可能性を検討する。バイオマスエタノールからポリプロピレンを合成するプロセスについて、ベンチプラントで硫黄不純物を除去する吸着プロセスを設計する。

5-(2)-③ コンパクトな化学プロセスを実現する技術

【中期計画（参考）】

- ・高温高压エンジニアリング技術、マイクロリアクター技術、膜技術、特異的反応場利用技術等を用い、有機溶媒の使用を抑制したプロセスや、適量分散型で短時間に物質を製造できるプロセス技術を開発する。特に、機能性化学品を合成する水素化反応において、有機溶媒を用いず、従来法に比べ150%以上の反応効率を達成する。

《平成23年度計画》

- ・香料原料として利用される α -アリルアルコールの一種

である1-フェニルエタノールを、有機溶媒を用いず、従来法に比較して130%以上の反応速度を達成する触媒系を開発する。

5-(3) バイオプロセス活用による高効率な高品質物質の生産技術

【中期計画（参考）】

- ・微生物や酵素を利用したバイオプロセスは、化学プロセスに比べて反応の選択性が極めて高く、高付加価値化合物の効率的な生産が可能である。バイオプロセスの広範な活用とバイオものづくり研究の展開のため、微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明、生体高分子の高機能化とバイオプロセスの高度化技術、設計技術及び遺伝子組換え植物の作出技術の開発と密閉式遺伝子組み換え植物生産システムの実用化を行う。

5-(3)-① 微生物資源や有用遺伝子の探索と機能解明（I-3-(1)-②へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・未知微生物等の遺伝資源や環境ゲノム情報、機能の高度な解析により、バイオ変換において従来にない特徴を有する有用な酵素遺伝子を10種以上取得する等、酵素、微生物を用いた実用的な高効率変換基盤技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・環境ゲノムを対象としたスクリーニングでは、ライブラリーを作成する際に用いられる宿主の遺伝子発現バイアスが最も大きな障壁となっている。この問題に対処するために、大腸菌を宿主とし、遺伝子発現バイアスを低減する方法論並びにそのような特性を持つ大腸菌宿主を創成する。
- ・酵母による機能性脂質生産系において、脂質生産性の向上に重要な脂質合成酵素 DGAT の活性制御に関わる分子内領域の解析を行う。高度不飽和脂肪酸合成系の律速段階とされている $\Delta 6$ 不飽和化過程の生産性向上について、培養条件や脂質代謝因子から検討するとともに、機能性脂質やその誘導体の生産性向上や代謝に関与した因子の開発を行う。また、グリセロール誘導体からの新規重合性ケテンアセタールの合成法を確立し、収率向上を目指す。さらにイタコン酸誘導体ポリマーを活用した複合材料を調製する。
- ・平成22年度に取得したセルラーゼ遺伝子のうち、特に特性の優れたものに着目し、その活性や生化学的特性を明らかにする。
- ・大規模メタゲノム配列データから酵素を中核とした高機能遺伝子の推定を行う研究を継続する。具体的にはマリンメタゲノム、土壌メタゲノムなど豊富な天然資源ゲノム配列からデータの特性に合わせた自動配列解析パイプラインの構築を継続する。
- ・麹菌2次代謝関連遺伝子の網羅的予測と発現情報解析

から、予測2次代謝遺伝子の機能解析のための基盤技術開発を行う。

- 1) 麹菌における2次代謝関連遺伝子の予測手法の改善により、より多くの2次代謝関連遺伝子の検出を目指す。
- 2) 放線菌ゲノムについて、1)で開発した予測手法を適用し、2次代謝関連遺伝子を予測する。
 - ・ 極限環境微生物より産業上有用な機能探索を行う。
- 1) 極地産菌類より凍結耐性の高い、あるいは凍結状態で増殖可能な菌類の探索を行い、その生理的機構を明らかにする。
- 2) 南極産菌類の低温増殖性を利用した廃水処理を検証する。
- 3) 耐塩性酵素の立体構造を明らかにし、その構造ホモログで食塩感受性酵素のものと比較することで、酵素の耐塩性付与技術を検討する。
- 4) 昆虫腸内微生物叢の群集構造の解析とその機能を明らかにする。
 - ・ 共生微生物のゲノム情報に基づいて、害虫化、植物適応、外観変化などの生物機能を担う分子基盤を解明する。

5-(3)-② 生体高分子や生体システムの高機能化によるバイオプロセスの高度化 (I-3-(1)-③へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・ バイオプロセスに有用な生体高分子の高機能化を行うとともに、生物情報解析技術や培養、代謝工学を利用して、機能性タンパク質、化学原料物質としての低分子化合物等を、従来よりも高品質で効率よく生産するプロセス技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ システム生物学を活用し、宿主となる酵母のバイオプロセスの改変を行ない、糖鎖関連分子の大量発現技術を開発すると共に、酵母や大腸菌などの細胞を用いて医療用生物製剤の原料となる物質の生産を安価に行なう生産技術を開発する。
- ・ 2次代謝系遺伝子、脂質、タンパク質等の生産性向上に必要な新規の標的遺伝子を高精度に予測する技術の開発、およびそれを利用した高効率生産系の実施する。脂質や2次代謝物質の合成経路を利用して、バイオ燃料生産などに必要な新規な化合物の生産および生産効率の向上技術を開発する。
- ・ 高温下でバイオマスを糖化することを目的に、既存の融合酵素を改良し、分解活性をさらに改善することを目指す。また、既存の単糖化用耐熱性糖質分解酵素の構造解析を行い、機能改善法を検討し、耐熱性人工糖質分解酵素創製に資する方法論に関する基盤技術の開発を進める。
- ・ 木質系バイオマスの化学原料化(単糖の生成)を目的として、前年度明らかにした選択抽出条件で得られたオリゴ糖成分について、有機酸(酢酸、ギ酸)による

加水分解挙動を明らかにする。具体的には、水熱反応で得られたオリゴ糖成分の有機酸による加水分解反応を回分式反応器で行い、その分解機構および最適分解条件を明らかにする。

- ・ 高付加価値を有する種々の細胞を高品質保存する技術を開発するために、超強力細胞保護ペプチド(CPP)の効果をウシ黒毛和種の受精卵および精子、またマウス、ラット、ヒト由来の種々の細胞について解析する。また、より優れた細胞保護効果を有するCPPを探索する。
- ・ 化学合成したDNAを電極上に固定化し、電気伝導体として機能するために必要な構造を調べる。さらにDNAの電気伝導性を制御する技術を開発する。
- ・ 微生物による物質生産に有用なシトクロムP450酵素、およびその酵素活性に必須の電子伝達タンパク質の立体構造情報を取得し、酵素の基質認識および電子伝達機構の詳細を明らかにする。また、より高効率な物質代謝を可能にするために、それら構造情報に基づいた分子種の選定、および高機能変異体の作製を検討する。さらに、ロドコッカス属放線菌を脂溶性物質の変換反応場として活用するため、ビタミンDをモデル基質として基質透過性の高い高変換型細胞の創製を目指した技術の開発を進める。
- ・ 酵母低温発現系を用いたタンパク質発現系の高度化を目指し、複数の酵素タンパク質を発現調節できる系の構築を行う。具体的には代謝酵素群の適切な発現バランスを見出す実験を行い、発現バランスを制御することによって代謝産物生産を改善する技術について検証する。
- ・ マイクロ波の化学分野における利用、効果の解明を指向し、これまでのペプチド合成研究、糖鎖合成研究に加え、酵素反応研究やナノ粒子核酸合成研究などについても検証を行う。また、前年度に合成したライブラリなどの化合物の活性試験を実施する。

5-(3)-③ 遺伝子組換え植物作出技術と生産システムの開発

【中期計画 (参考)】

- ・ 植物生産システム等のグリーンバイオ産業基盤を構築し、実用化に目処をつける。そのために、遺伝子組換え技術により植物の持つ物質生産機能を高めるとともに、転写制御因子の改変体モデル植物を全因子の90%程度(従来は25%程度)について作成して解析すること等により、新たな機能を付与する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ モデル植物であるシロイヌナズナとイネの転写制御因子機能解析から得られた研究成果を基に、エネルギー植物として注目されているヤトロファの油脂含量の増殖研究を分子育種法を駆使して行う。また、ブリジストン株式会社、インドネシアBPPT研究所と協力し

てパラゴムノキの品質改良を分子育種法を用いて行い、環境浄化、バイオマス、バイオ燃料生産に適した植物の作出を目指す。

また、植物特異的な転写抑制機構の解明を行う。

- ・1) 複数種類のサイレンシングサプレッサーを発現する遺伝子組換え体を作成し、有用物質を発現する遺伝子組換え植物体において、効果的に発現量を増加させるサプレッサーの検討を行う。
- 2) LED 以外の光源機器も活用し、詳細な光強度、照射時期などの検討を行うことで、発現量の増加を試みる。

5-(4) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術 (Ⅲ-2-(3) へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム (MEMS) 製造技術の開発を行う。具体的には、高機能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献する MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

5-(4)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・MEMS 研究開発拠点の拡充及び整備を進める。4インチ MEMS 製造ラインと連携し導入した8インチ MEMS 製造ラインの各種装置について、プロセスレシピの整備を行い、課題解決型共同研究として MEMS ファンドリーを展開する。また、人材育成事業など研究者及び技術者への研究開発支援を行う。

5-(4)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減する

ためのシステム技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ナノ構造表面において界面流体効果を制御する手法を開発し、MEMS 流体デバイスに適用する。また、低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用の受信システムとして、多チャンネル同時受信システムを開発し、養鶏場などにおいて200端末以上からなる無線センサネットワークシステムの実証実験を実施する。100店規模の小規模店舗内各機器の消費電力を一括でモニタリングするシステムの試作を行って、その実証実験を実施する。

5-(5) 環境負荷低減技術、修復技術

【中期計画 (参考)】

- ・各種産業プロセスから発生した環境負荷物質の高効率処理及び浄化と環境修復に貢献する技術の開発を行う。具体的には、水や大気等に含まれる微量重金属や残留性有機汚染物質 (POPs) 等、低濃度の環境負荷物質を高効率に処理可能な選択的吸着技術、触媒技術の開発を行う。また、太陽光、植物や微生物等の自然界の能力を利用、強化し、低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトにも適用できる高効率、低コストな浄化、修復技術の開発を行う。

5-(5)-① 環境負荷低減を目指した浄化技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・水や大気に含まれる低濃度の環境負荷物質を、従来比で最大4倍の総合処理効率 (処理能力/エネルギー消費) で処理可能な浄化技術を開発する。具体的には、ナノ空間材料や特殊反応場を利用した選択的吸着技術、触媒技術等を活用して、反応選択性や効率の向上を図る。また、残留性有機汚染物質 (POPs) 等難分解性物質を焼却によらずに完全に無機化できる反応技術、さらには有価物への変換技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・特殊反応場を利用した触媒による VOC 分解反応については、銀 (Ag) 系触媒を中心に検討し、反応温度の低い条件で活性の高い触媒の開発を行う。特に、Ag の働きと触媒担体の働きを精査し、VOC 転化率、CO₂ 選択率、エネルギー効率に与える影響を明らかにする。また、ジルコニウム (Zr) ベースナノ空間材料については、オゾン共存下における VOC 転化率及び CO₂ 選択性の評価結果をもとに、新たなナノリアクターとしての可能性を探求する。
- ・前年度に合成した新規吸着材 (環状分子) と市販品とで1,4-ジオキサンに対する吸着性能の比較試験を行い、新規吸着材の優位性を明らかにする。新規吸着材 (ナノシート) については、有害陰イオン、特にリン酸に対する吸着性能を実験的に評価する。また、マイクロナノバブルによる低環境負荷型半導体ウエハ洗浄装置

の特性を明らかにする。

- ・結晶表面上の過酸化水素の状態について定量的な知見を得るとともに、結晶酸素格子、酸素分子、水分子の関係に明らかにし、高活性化に必要な結晶表面状態を探索する。また、新規光触媒材料の開発では、有機半導体の可視光応答機構を解明し、可視光応答性を高めた材料の開発を進める。
- ・難分解性の有機フッ素化合物について、対イオン等の共存物質の影響を考慮した熱水反応や光化学反応等による分解法を開発する。代替フロン HCFCs の加水分解反応速度とその温度依存性を再評価する。CO₂を有価物へ変換するため、酸化還元一体型二酸化炭素光還元反応機構解明のためのフィージビリティスタディを実施する。

5-(5)-② 自然浄化能の強化による環境修復技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・太陽光や植物、微生物等の自然界が有する環境浄化能力を促進、拡大強化することにより、環境負荷が少なく、オンサイトでも利用可能な土壌、水、空気的环境修復技術を開発する。例えば、これまで困難であった低濃度広域汚染サイトや複合汚染サイトの低環境負荷型浄化、修復を可能とするために、既存法に比べて除去コストを1/4に縮減する浄化技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・土壌中 VOC の処理システムでは前年度までに設計した部品等を製作し、そこに組み込む光触媒材料の合成及び性能評価と担体の最適化を行う。水中有害物質の太陽光処理では、ソーラーリアクターのシステム設計を開始する。また、自然浄化能に及ぼす汚染物質の大気-土壌-環境水間の分配の影響を調べるために、アルデヒド類の乾性沈着過程について沈着表面抵抗の定量的評価法等を開発するとともに、有機ハロゲン化合物等の環境分析に基づく動態研究を実施する。
- ・鉛の高吸収植物については、最適な植栽密度などを検討するとともに、栽培の効率化や多様化について秋冬用植物の種子も用いて検討を行う。種子の加工についても、播種の機械化を目的とし、形状の最適化を図る。さらに、植物だけではなく、汚染サイトに土着する微生物の同定などをも含め、汚染サイトに適合した自然の浄化機能の促進的浄化手法を検討する。
- ・VOC 汚染環境のバイオレメディエーション（バイオオーグメンテーション）を想定し、投入菌株の培養技術開発、投入菌株の環境生態系影響評価のための遺伝子マーカーの探索を行う。さらに、その遺伝子マーカーを汚染環境中（土壌、地下水）で定量的に検出できる計測技術、核酸抽出技術の開発を行う。
- ・実用化や規格化に向け、国内外のニーズ調査や製剤開発、適用方法、安全性評価等に関わる技術課題の調査

等を行う。

6. 持続発展可能な社会に向けたエネルギー評価技術、安全性評価及び管理技術並びに環境計測及び評価技術の開発

【中期計画（参考）】

グリーン・イノベーションにより持続可能社会を構築するためには、エネルギー技術をはじめ、科学と産業にかかわる安全性、環境影響等を正しく評価することが必要である。そのため、エネルギー関連技術にかかわるシナリオ等の評価を行うとともに、二酸化炭素削減のための技術及び取組の評価手法の開発を行い、二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。また、産業活動における安全性を向上させるために、ナノ材料に代表される新材料のリスク評価及び管理技術の開発、産業事故防止のための安全性評価及び管理技術、化学物質の最適管理手法の開発を行う。さらに、環境負荷物質のスクリーニング、計測技術の開発と物質循環過程解明を通じた総合的な環境影響評価技術の開発を行う。

6-(1) 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

【中期計画（参考）】

- ・持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるシナリオの分析、評価を行う。具体的には、環境と資源の制約を考慮し、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオの分析、評価を行う。さらに、国際的な連携を念頭においた国内外技術開発ロードマップや新規技術の適用性評価及び技術導入シナリオの策定を行う。

6-(1)-① 革新的なエネルギーシステムの分析、評価

【中期計画（参考）】

- ・持続可能な社会の構築に必要な革新的エネルギー関連技術にかかわるシナリオの分析、評価を行う。具体的には、環境と資源の制約を考慮し、二酸化炭素の回収貯留や水素を媒体としたエネルギーシステム等の開発及び導入に関するシナリオの分析、評価を行う。さらに、国際的な連携を念頭においた国内外技術開発ロードマップや新規技術の適用性評価及び技術導入シナリオの策定を行う。

《平成23年度計画》

- ・国内外のシナリオの動向把握を継続するとともに、エネルギーと鉱山物資源需給を考慮したモデルの精緻化を図る。モデル解析においては、代表的な将来シナリオのもとで、個別のエネルギー技術の定量的なポテンシャル評価を蓄積し、それらの研究開発・導入などの方向性および横断的技術との連携についての検証を行う。また、国際機関との関連では、国際エネルギー機関（IEA）、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）

等を中心にした活動に参画しつつ連携強化を図る。

6-(2) 持続発展可能な社会と産業システムの分析

【中期計画（参考）】

- ・二酸化炭素の削減や環境負荷低減のための様々な方策を評価する手法の開発を行う。具体的には、実態調査等に基づく、温室効果ガス排出原単位のデータ作成や消費者の行動等を解析し、削減率の定量化を行う。また、最適な社会と産業システムの設計を目指して、これら方策の削減ポテンシャルを明らかにし、持続可能な社会の構築に資する技術開発、技術のシステム化、市場システムの分析と評価を行う。

6-(2)-① サステナブルシステム及び技術評価

【中期計画（参考）】

- ・最適な社会と産業システムの設計を目指し、持続可能な社会に向けた各種の取組に対し、資源性、経済性、社会受容性等の観点から技術評価を行い、これらの環境負荷削減量を定量化する。

《平成23年度計画》

- ・電気自動車の電池に蓄積されている電力を、家庭や電力系統に供給する可能性とそれによる温室効果ガス削減効果を分析する。さらにバイオ燃料について、原料となる植物の栽培が計画されている地域における土地利用を中心に環境影響を評価する。

6-(2)-② 持続性指標の活用による低炭素社会システムの評価

【中期計画（参考）】

- ・CO₂見える化等の指標を、消費者や企業の低炭素行動に結びつけるための手法を開発する。具体的には、カーボンフットプリント等の施策に関して、原単位データを作成するとともに、消費者の受容性や低炭素行動等を解析し、その二酸化炭素削減ポテンシャルを定量化する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に公開した共通原単位の保守により、データの品質を向上させる。また、アジア地域のデータ収集を継続するとともに、相互利用方法の検討を行う。さらに「見える化」情報の活用方法を検討する。

6-(3) 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

【中期計画（参考）】

- ・今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指して、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行う。具体的には、新規技術の研究開発から製品化に至るプロセスに安全性評価を統合するための方策の開発を行う。適用事例として、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性

評価手法やばく露の計測及び予測評価手法の開発を行う。また、物理化学的特性やリスク評価結果を総合し、研究段階に応じたリスク管理指針を確立する。

6-(3)-① 先端科学技術のイノベーションを支える安全性評価手法

【中期計画（参考）】

- ・今後新規に開発される先端科学技術に応用可能な安全管理体系の構築を目指して、ナノ材料のリスク評価及び管理手法の開発を行う。具体的には、新規技術の研究開発から製品化に至るプロセスに安全性評価を統合するための方策の開発を行う。適用事例として、カーボンナノチューブ等の工業ナノ材料について、有害性評価手法やばく露の計測及び予測評価手法の開発を行う。また、物理化学的特性やリスク評価結果を総合し、研究段階に応じたリスク管理指針を確立する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に完成させた3つのナノ材料のリスク評価書を公開するとともに、これまでに得られた知見や構築されたリスク評価の考え方を社会に発信するためにシンポジウムを開催する。事業者による自主安全管理技術の確立については、カーボンナノチューブの細胞に与える影響や細胞への取り込み等を精緻に検討して細胞試験の妥当性について評価する。また、カーボンナノチューブ等それ自体の取扱いでのばく露に加え、加工品のライフサイクルでのばく露についても評価する。さらに、カーボンナノチューブ等の安全性評価やリスク管理に関する国際的な動向についての情報収集し、発信を迅速に行うための環境を整備する。
- ・平成22年度に開発したカーボンナノチューブの分析法を用いて、カーボンナノチューブをばく露した試験動物の臓器残留量の経時変化を明らかにする。
- ・ナノ材料研究開発におけるリスク管理を目指し、継続してリスク情報の収集と分析を行い、総説等をまとめる。長尺の単層カーボンナノチューブの分散手法をはじめとして、リスク評価に必要な試料調製の手法を開拓し、有害性試験への適用結果を受けて手法の改良と最適化を行う。

6-(4) 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

【中期計画（参考）】

- ・産業活動における安全性を向上させるために、産業事故の原因究明に関する研究を行う。さらに、過去に起きた事故の情報収集とデータベース化を行うとともに、事故を未然に防ぐための安全文化（ヒューマンファクターや組織要因等）を醸成するための手法の開発を行う。具体的には、火薬類のフィジカルリスク低減や新型火薬庫に関する安全性評価の研究を行うとともに、爆発反応や衝撃波を衝撃圧縮に応用する研究を行う。

また、実際の化学プラント等の事業所への適用を目指して、化学プラント等の産業事故データベースの作成と事故の分析を通して、事業所の持つ保安基盤技術とそれを支える安全文化からなる保安力の評価手法の開発を行う。

6-(4)-① 産業保安のための安全性評価技術、安全管理技術

【中期計画（参考）】

- 産業活動における安全性を向上させるために、産業事故の原因究明に関する研究を行う。さらに、過去に起きた事故の情報収集とデータベース化を行うとともに、事故を未然に防ぐための安全文化（ヒューマンファクターや組織要因等）を醸成するための手法の開発を行う。具体的には、火薬類のフィジカルリスク低減や新型火薬庫に関する安全性評価の研究を行うとともに、爆発反応や衝撃波を衝撃圧縮に応用する研究を行う。また、実際の化学プラント等の事業所への適用を目指して、化学プラント等の産業事故データベースの作成と事故の分析を通して、事業所の持つ保安基盤技術とそれを支える安全文化からなる保安力の評価手法の開発を行う。

《平成23年度計画》

- 火薬類のフィジカルハザード評価にリスク評価の観点を加え、衝撃波、飛散物および地盤振動の発生メカニズムを解明するために、平成22年度に引き続き室内および野外において実験を行う。また、この実験結果を数値シミュレーションにより再現する手法を検討し、さらに殉爆現象等への適用を行う。産業保安研究では、化学プラント等で発生した事故情報のデータベース化を加速させる。また、保安力評価項目の研究機関向け、あるいは、中堅企業向けの改訂を行うとともに、Web入力システムによるデータ蓄積に着手し、第三者評価の手法を検討する。

6-(5) 化学物質の最適管理手法の確立

【中期計画（参考）】

- ある化学物質によるリスクを下げることで、別の化学物質によるリスクが増加する（リスクトレードオフ）事例に対応するため、化学物質の有害性、ばく露、対策の効果等を事前に予測するための技術の開発を行う。具体的には、化学物質の最適管理のための意思決定に資するため、多数のリスク因子を同時に考慮することを可能とするリスクトレードオフ評価手法を確立する。また、化学物質の発火及び爆発危険性評価技術の開発を行い、基準の作成等を行う。

6-(5)-① リスクトレードオフを考慮した評価及び管理手法の開発

【中期計画（参考）】

- 社会全体のリスクを適切に管理することを目的として、排出量推計、環境動態及びばく露モデリング、有害性推論、リスク比較等の要素技術を開発し、リスクトレードオフ評価及び管理手法を開発する。また、具体的な用途群へ適用する。

《平成23年度計画》

- 溶剤や溶媒と金属類の用途群について、工業用塗料用途と電気電子製品の金属部品用途を対象とした環境排出量推定を可能とする排出シナリオ文書を策定し、排出量推定ツールを構築する。また、室内モデル、環境動態（大気、河川、海域生物蓄積）モデルおよび環境媒体間移行ばく露モデルについては、溶剤や溶媒と金属類に対応して新規に開発した部分も含め、モデルを完成させる。さらに溶剤や溶媒と金属類の用途群を対象として、開発されるツールやモデルを用いてヒト健康や生態のリスクトレードオフを解析し、リスクトレードオフ評価書を完成させる。

6-(5)-② 爆発性化学物質の安全管理技術の開発

【中期計画（参考）】

- 化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成等を行う。

《平成23年度計画》

- 化学物質の発火及び爆発危険性の現象解明、危険性評価技術の開発、安全な取り扱い技術の基準作成を、爆発現象の基礎的知見に基づき高度化させる。テトラヒドロフラン過酸化物の危険性については、蒸留時の爆発危険を検討する。ナトリウムカリウム合金過酸化物について、その危険性を明らかにする。また、シクロペンタン断熱材のリサイクルに係るガス爆発や粉塵爆発危険性について評価手法を検討する。さらに、発熱分解エネルギーの測定法の標準化を行い、国連勧告試験の改正案を提案する。

6-(6) 環境の計測技術、生体及び環境の評価技術

【中期計画（参考）】

- 産業活動に伴って発生する環境負荷物質のスクリーニング技術及び計測技術の開発を行う。また、環境修復技術に必要な物質循環過程を解明し、総合的な環境影響評価技術の開発を行う。具体的には、製品及び産業プロセスにおける有害物質の計測手法や環境修復技術に必要な環境微生物の迅速検出法等の開発を行う。産業活動によって直接又は間接的に発生する温室効果ガス等が、生物多様性や生態系内貯留等の環境へ与える影響を評価する技術の開発を行う。

6-(6)-① 環境負荷物質及び環境浄化能の計測手法の開発

【中期計画（参考）】

- ・化学物質や重金属の国際規制に対応するため、製品及び産業プロセスにおける有害物質の迅速検出法を開発し、標準化を行う。また、生物応答に基づく有害性のスクリーニング技術を開発する。さらに、環境修復技術に必要な、分析効率（スピード、コスト、労力）を現状比5倍以上に向上させた環境微生物の迅速検出法を開発する。

《平成23年度計画》

- ・連続分析に必要なサンプル量を削減し、前処理から検出までに要するエネルギー・時間等を50%以下に削減する。石炭中微量重金属の分析法の JIS 化に向けて、産総研コールバンクの5種類以上の石炭について分析データを蓄積する。パーフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）類等の分析法の JIS 化に伴い蓄積した基礎データを公表する。

《平成23年度計画》

- ・地下水の水銀測定では、現在の感度と比較して50倍以上の高感度化を行う。フッ素系重合膜、スチレン系重合膜の VOC ガス選択性を評価する。平成22年度に見出した、温度変動等の外的要因の影響を10%以下まで低減する補償機能を実現する。プラズマ重合膜上への抗体固定化量を増加するため、抗体の酵素による断片化、断片化抗体のチオール化処理などの手法を試験する。また、これらの手法により固定化された抗体の反応性を評価する。
- ・セラミックス基板を用いた遺伝子センサアレイデバイスを開発し、生体試料から抽出した実サンプルを用いた遺伝子検出を行う。超高輝度生物発光酵素の改良を行い、ストレスホルモンプローブの性能を従来比10倍に向上させ、生体試料へ応用する。また、重金属汚染の診断・可視化プローブを開発し、大腸菌へ適用する。
- ・環境中の未知微生物への電気泳動分離技術の適用性を評価するために、実際に様々な環境中から採取してきた微生物含有検体について分離挙動を調査し、生物と非生物の分離の可能性を探索する。また、環境微生物の MALDI-MS を利用した迅速識別法については、識別に用いる妨害ピーク成分を簡便に除去する前処理技術を改良し、現状の前処理時間を半分以下に短縮する。

6-(6)-② 産業活動の環境影響評価

【中期計画（参考）】

- ・地域、地球環境に対する産業活動の影響を適確に評価するため、温室効果ガス、エアロゾル、有害化学物質、生物多様性及び微生物活動の測定並びに吸収及び発生源推定の誤差を現状の50%以下とする技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・温室効果気体複数成分の同時連続測定装置について、前年度の結果を基に改良を進めメタン濃度の高精度測定に目処を立てるとともに、大気環境中濃度の低い一酸化二窒素濃度測定の高精度化を進める。また2009年

について逆問題解析を実施する。さらに発癌性などの有害性が指摘されているエアロゾル中の多環芳香族炭化水素類に対して、九州北部地域での国外からの寄与の推定を行う。パーフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）類の長距離移動性等に関する環境分析データ及び物性データ等を蓄積する。

6-(6)-③ 二酸化炭素貯留技術の環境影響評価（一部、別表2-2-(1)-②を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・二酸化炭素の海底地層貯留技術や海洋中深層隔離に必要な環境影響評価のため、二酸化炭素の漏洩や注入を想定した室内実験等により、微生物活性や炭素等の親生物元素の挙動等、物質循環の駆動にかかわる過程へ与える影響について評価手法を開発する。早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援する技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。
- ・圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たって考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

《平成23年度計画》

- ・堆積物構成成分による二酸化炭素の緩衝作用を定量的に評価するために、炭酸系の精密測定を組み合わせた室内シミュレーションを実施する。また微生物による有機物の無機化や古細菌の炭素固定などについて、放射性同位元素を用いた従来の手法に代わる計測手法の開発を進める。
 - ・二酸化炭素地中貯留の安全性評価に関する要素研究を行う。
- 1) 二酸化炭素の挙動を長期間精度よく把握するため、弾性波に加えて電磁気現象の利用など多面的モニタリング技術の開発を目標とし、国内外の圧入実験現場にて観測準備とデータの収集を行う。また、モニタリング支援技術として物理量変換プログラムの充実、室内実験による力学特性検討等を実施する。
 - 2) 安全性評価プログラムを日本の地質条件に適用できるように検討する。また、遮蔽層の物理的特性や長期間の挙動推定のための天然事象研究、浅部での移行など基礎的なデータの収集を図る。

6-(6)-④ 生態系による二酸化炭素固定能評価

【中期計画（参考）】

・環境影響を最小限に抑えた、生態系内炭素貯留を可能とする、森林や海域内生態系の炭素固定メカニズムの解明とその強化方法、モニタリング及び環境影響評価技術を開発する。

《平成23年度計画》

・環境情報システムについては、地上観測の現地サブシステム、地上データのデータベース搭載前処理解析サブシステム、衛星観測との統合のためのサブシステムの各要素の開発、及び対象観測地の拡張を行い、各要素が連携動作する、観測実施側情報処理フレームワークの試作を行う。酸素濃度及び CO₂安定同位体の高精度連続測定装置については、試作機を製作し、性能試験を行って改良を進める。

・沿岸域の二酸化炭素変動モニタリングに適した海洋二酸化炭素分圧センサーを開発するため、小型の非分散型赤外分析モジュールを組み込んだセンサーの試作機を作成し、精度、長期安定性などの性能を評価する。

II. ライフ・イノベーションを実現するための研究開発の推進

【中期計画（参考）】

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

1. 先進的、総合的な創薬技術、医療技術の開発

【中期計画（参考）】

国民の健康のために、疾病の予防や早期診断、早期治療、個の医療の充実が求められている。これらの課題を解決するため、細胞操作及び生体材料技術を応用した再生医療技術や先端医療支援技術、医療機器技術等の開発を行う。また、有用な新規バイオマーカーを利用して疾病の予防や早期診断を行うため生体分子の機能分析及び解析技術等の開発を行う。さらに、情報処理と生物解析の連携、融合により、安全性を保ちつつ開発コスト低減に資する高効率創薬技術の開発を行う。

1-(1) 細胞操作及び生体材料に関する技術の応用による医療支援技術

【中期計画（参考）】

・組織や臓器等の機能を根本的に回復する医療技術である再生医療に資する細胞操作技術、人工臓器等に用いる材料技術や、治療の安全や効果の向上に資する医療機器にかかわる技術の開発を行う。また、これらの先端医療支援技術等の実用化に向けた基盤整備を行う。特に、安定かつ性質が揃った細胞の供給に資する iPS 細胞の作製効率を従来の約10倍（現状1%以下を10%程度）に向上させる技術の開発を行う。

1-(1)-① 幹細胞等を利用した再生医療等に資する基盤技術及び標準化技術の開発

【中期計画（参考）】

・骨、軟骨、心血管、膵臓等を生体組織レベルで再生する技術や神経ネットワークの再構成を促進する技術等を開発する。iPS 細胞の作製効率の10倍程度の向上や新規な因子の探索、作製した細胞の評価技術の開発等により、創薬における医薬品の毒性評価や再生医療に必要な分化細胞や組織等を供給するための基盤技術や標準化技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・高信頼性の幹細胞糖鎖プロファイラー開発を基盤として各種幹細胞（ES 細胞、iPS 細胞、間葉系幹細胞、Muse 細胞等）の糖鎖プロファイリングを実施し、幹細胞の分化度、分化方向性、腫瘍原性、品質等を評価、選別する技術を開発する。
- ・未分化細胞除去技術を確立するとともに、患者由来 iPS 細胞の特性を解析した上で病態解析に適した疾患 iPS 細胞を開発する。さらに、iPS 細胞から誘導した自家間葉系幹細胞の治療効果を事前に検討するための臨床研究として、移植用他家間葉系幹細胞の増殖を CPC において継続的に行う。
- ・開発した心筋再生定量法を用いて心筋再生を人為的に制御する新たな薬剤を探索する。また、心筋損傷後の細胞の挙動について組織学的解析を中心に検討を行い、細胞応答の詳細を明らかにする。
- ・光ピンセットによる神経細胞内分子集合操作を発展させ、細胞表面受容体等の集合操作法の検討を行い、脳疾患治療の標的分子の局所操作への応用を目指す。また、細胞レベルにおいて遺伝子操作技術を代替、補完する機能操作技術開発として、集光フェムト秒レーザーを用いた新たな神経細胞の刺激法の開発に取り組む。
- ・平成22年度に作出した難治性うつ病モデルマウスについて、脳組織の DNA アレイ解析や病態生理の研究を行い、新規抗うつ薬の開発研究に貢献する。
- ・神経分化及び神経細胞に対する薬剤の影響をさらに詳しくみるために iPS 細胞由来神経細胞で5秒間に3回以上の神経ネットワーク活動電位を計測できる系を構築する。前年度開発した分化誘導技術の新法についてその機構の詳細を4種類について明らかにする。
- ・天然物ライブラリーを京大 iPS センターに提供し、

同センターが進める iPS 細胞由来疾患モデルを用いた薬剤スクリーニングに供する。ヒットが得られた場合は、活性物質を単離、同定し、これを同センターへ提供する。

- 平成22年度に発見した新規 iPS 細胞誘導因子と既知因子の関連を明らかにし、細胞初期化機構の解明を行う。また、新規因子の遺伝子を改変し、細胞初期化技術の高度化を図る。さらに、転写因子以外の新規 iPS 細胞誘導因子を取得することにより様々な細胞初期化法を確立し、作製された iPS 細胞の質的評価と標準化を行う。
- 1) iPS 細胞 (ヒト) および ES 細胞 (マウス) を用いて、細胞アレイチップにより最適な分化誘導条件のスクリーニングが可能であることを実証する。
- 2) ヒト ES 細胞、センダイウイルスベクターを用いて樹立したヒト iPS 細胞の解析や iPS 細胞の分化指向性の解析を行う。また、産業界と連携した本格的なヒト iPS 細胞全自動培養装置の開発を開始する。
- 3) 6遺伝子搭載 SeVdp ベクターに新規初期化遺伝子を搭載し、iPS 細胞への初期化を加速する。また、単球からの樹立効率を引き上げるとともに、単球からの樹立であることを明らかにする。
- 1) ツメガエル心筋分化制御因子の候補の作用機序解析を行い、ヒト心筋分化制御に役立つ新たな技術開発のシーズを作成する。
- 2) 細胞表面マーカーを利用した高心筋分化能幹細胞選別、評価技術をヒト由来幹細胞を用いて検証する。また表面マーカーを利用したガン化する未分化 iPS 細胞を除去する技術についても動物実験で詳細なデータを取得し実用性を検証する。
- オンデマンドで安価かつ簡便に目的の細胞を分離するシステムを構築するために、細胞操作・分離技術の高度化を行う。また、分離用細胞調整法の開発として、ヒト由来間葉系幹細胞の調整法と量子ドットの高効率導入法の確立、および、種々の細胞への遺伝子導入法の改良・高度化を行う。

1-(1)-② 組織再生技術や生体材料技術を利用した喪失機能の代替デバイス技術の開発

【中期計画 (参考)】

- 人工心臓の補助循環ポンプにおいて現状の3倍である90日の無血栓を達成する等、長期生体適合性を有する人工臓器等による身体機能の代替技術及び材料技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- Ap-FGF 付加創外骨折固定ピンについて、ヒト用のピンにスケールアップした作製法を確立し、品質管理のための GMP 準拠をはかる。その後、医療機関と産総研の倫理委員会にて承認を得る。引き続き骨粗鬆症状態の骨組織を再生させる亜鉛含有生体材料を *in vivo* で

最適化する。低侵襲癌治療用に免疫賦活分子-アパタイト複合物を作製し、*in vivo* での癌再発防止効果を調べて、候補材料をスクリーニングする。バイオライズドポンプ用に抗血栓性分子-アパタイト複合層の製造法を構築する。

- 高生体適合性 Ti-15Zr-4Nb-4Ta 合金を用いたカスタムメイド人工股関節製品を開発するための基礎データとし、骨形成能に関しては、12週の兎埋植試験、引き抜き試験及び耐食性の電気化学的評価試験を中心に骨形成能を有するメカニズムを検討する。また、人工股関節ステム製品を製造するための溶製プロセス及び鍛造成型プロセスについても最適な製造条件を検討し、積層造形品との力学的な性能比較を行う。
- 血液ポンプを構成する材料となりうる、アクリル、ポリカーボネート、チタン材料試験片表面に、シグナル分子を介して、血管内皮細胞を固定させる。また、シグナル分子を固定した材料試験片の *in vitro* 血液実験を実施し、抗血栓性の優位性を確認する。

1-(1)-③ 医療機器開発に資する先端技術の開発と実用化に向けた基盤整備

【中期計画 (参考)】

- 短時間で計測可能な高速診断法、細胞や組織における分子の機能を解析可能な画像診断法等、治療の安全と効果の向上を目指した技術を開発するとともに、医療機器の迅速な製品化に資する開発基盤を整備する。
- 《平成23年度計画》
- 自動培養装置の開発指針、パーソナライズド人工関節、遺伝子発現解析用 DNA チップなどの次世代の医療機器に対する効率的な開発および薬事申請、迅速な薬事審査に活用できる医療機器開発ガイドラインを策定する。ガイドラインにおいては、製造管理、有効性や安全性に対する評価項目や試験方法などを規定する。これまでに策定した開発ガイドラインの内容に関して学会や工業会などへ講習等を行って普及に務める。
 - 開発した ASEM の診断支援機器としての適応範囲を拡大するため、さらに2種類以上の生理的にも創薬にも重要なバイオマーカーに対する抗体での免疫電顕法を可能とし、その生理機構について解明する。また、癌の術中迅速診断支援に適応できる組織の種類を増やす。
 - 新規先端素材、先進製造技術を駆使して POCT センサーチップ、例えば民間企業と共同で血糖値センサーの開発を行い、プロトタイプ (準製品) を完成させる。
 - 灌流培養チャンパーについては、そこで培養した細胞の薬物クリアランスが生体内に近いことを実証し、薬物アッセイの新技术として普及を計る。光操作型チップについては、2次元パターン化培養、細胞殺傷、細胞回収を光照射で自在に行える製品を試作する。微小環境制御型チップについては、ES 細胞および iPS 細胞

の分化誘導に応用し、目的とする細胞が高効率で誘導できることを実証する。

1-(2) 生体分子の機能分析及び解析に関する技術

【中期計画（参考）】

- ・疾病の予防や早期診断、早期治療の指標の確立等を目的として、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価利用する技術の開発を行う。また、新薬開発コスト低減に資する創薬プロセス高効率化のための基盤技術の開発を行う。さらに、これらの技術に資する生体分子の高感度検出技術、計測及び解析技術の開発と標準化を行う。特に、感染症の拡大の防止等、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度に短縮する技術の開発を行う。

1-(2)-① ナノテクノロジーと融合した生体分子の計測、解析技術の開発と標準化

【中期計画（参考）】

- ・生体分子の計測、解析機器の高度化と標準化を目的として、バイオテクノロジーと情報技術及びナノテクノロジーを融合し、バイオマーカー検出限界を従来技術の10倍以上向上させる等、生体分子、細胞等を短時間で簡便に分離解析できる手法や素子を開発する。

《平成23年度計画》

- ・臨床検査等での核酸計測の互換性向上と標準化を目的に、必要な核酸標準物質を複数種類整備する。また、米国国立標準技術研究所（NIST）などと協力し、その配列や濃度を認証するために必要な検討および技術開発を行う。
- ・レクチン類検出に関して、これまでに得られた糖鎖構造と結合能の相関関係を踏まえ、より強い結合能が期待される新規誘導体を設計、合成する。検出特性についてはガレクチン類の種類による選択性についても検討する。
- ・1)平成22年度の新規生体高分子固定化法を平滑、あるいは表面処理したカーボン電極に適用し、電子移動の観点から半年程度経過後の長期安定性を検討する。また、長期間経過後の膜構造変化等について、AFM等の手法を用いて、検討を行う。
- 2)新たな生体分子検出法につながるような単分子層程度の新規タンパク質薄膜形成法、薄膜分子の状態を観察、定量する手法等を開発する。
- ・80HdGの検出に関しては、平成22年度開発した電極をクロマトグラフィの検出機に応用し、実試料（尿）での添加回収実験により実用性を示す。また、表面をナノ加工したカーボン薄膜電極では、酵素を修飾し直接電子移動速度を計測し、加工前の電極に対して酵素と電極間の電子移動速度の1ケタ以上の高効率化を行う。
- ・レクチン類検出に関しては、平成22年度確立した糖鎖

と非特異吸着抑制分子とで構成するハイブリッド膜構造を用い、糖鎖の微細な変化を利用して種類の区別を行い、さらに電位など外部効果を利用しより高感度検出を行う。炭素材料やシリカ表面等に膜形成を可能とする分子材料の検討を行い、センシング基板材料としての利用を検討する。また、平成22年度までに開発した電気化学発光プローブとナノ構造基板を用いてマーカータンパクやDNA検出のためのデバイスを構築する。

- ・微細藻由来の多糖粒子に化学修飾を施すことにより、新規な構造や機能を持つ粒子を調製し、例えば生体分子との相互作用の観点からバイオマテリアルとしてのポテンシャルを評価する。
- ・平成22年度に引き続き、光圧を用いたマイクロチップ型マルチ細胞ソータの開発では、企業と共同で実用試作機を開発する。第2段階として、試作機を用いて、装置面では選別可能な細胞種数、処理速度など、サンプル面では動物細胞を用いて性能を評価して、製品化に向けて一層実用面に重点を置いて装置を改造する。
- ・企業と共同で、管理区域へ容易に持ち込むことが可能な小型、簡便で試料表面の複数点を同時に計測できる顕微SERS分光装置を開発する。この装置を大腸菌およびピロリ菌等の表面に発現している生体分子の検出、同定に応用する。これらの菌体には銀ナノ粒子が吸着しにくいので、光圧力とレーザー光還元法を組み合わせる銀ナノ粒子を菌表面に直接吸着させる方法を開発する。この方法を大腸菌およびピロリ菌などの細胞周期の評価および変異型の検出、同定へ応用する。
- ・蛍光検出に加え、磁気検出操作可能な蛍光ナノ磁石を創製してがん診断、治療に供する研究を開始する。光反応を用いてがん細胞、組織の“その場”で蛍光ナノ磁石を調製し、さらに“その場”で抗体を用いたがん識別機能と、光増感試薬を用いた活性酸素発生による抗がん機能を蛍光ナノ磁石に付与する。使用後の蛍光ナノ磁石を、光反応を用いて小断片に分解して細胞、組織外への排泄を促して、蛍光ナノ磁石の残留を防ぐ。計画の第一歩として、光反応を用いてCdSe/ZnS量子ドットに磁性シェルを形成して磁性の付与を確認する。
- ・実時間型の1分子DNAシーケンシング技術の開発では、平成22年度に試験管内では50塩基の取込みが確認された。この結果に基づき、試作した装置を使用して、ポリメラーゼが連続して取り込む蛍光標識した塩基の数を50個以上へ拡張することを改めて今年度の目標とする。また、50塩基の取込みを実現するために必要なDNAポリメラーゼの探索や改変も並行して実施する。
- ・急速凍結レプリカ電子顕微鏡法による画像解析の高精度化により、健康維持及び疾患の指標となる細胞膜タンパク質の分子集合体構造の検出、計測方法を開発す

る。

- 平成22年度に引き続きナノテク技術を利用してプラズマモニック基板を作製し、表面プラズモン増強蛍光法を用いて抗原抗体相互作用の微量、迅速、高感度センシングを目指す。特に、サンドイッチアッセイ法によるマーカー検出において、20 μ L で50pM 以下のタンパク質のセンシングを20分以内に行うことを目標とする。
- 接着力が調整された状態の P19細胞に抗ネスチン抗体修飾ナノニードルを挿入し、釣り上げ分離を検討する。直径200nm のナノニードルが配列されたナノニードルアレイの試作を行う。
- 神経系 nAChR 作動薬をデザインするために、生体分子の動きを1分子レベルで計測する新たな技術の確立を目指す。具体的には、先に同定したアセチルコリン結合タンパク質 (AChBP) に金ナノ結晶を結合し高輝度 X 線回折点の運動解析や AFM 測定等を大学との共同研究により推進する。また、AB 毒素類の B フラグメントに結合する糖リガンドを設計、合成して、チップへの固定化法を検討する。
- 可能な限りに接液部分を金にしたシステムを構築し、最適化する。また、サンプル前処理と電鍍マイクロ流路のマニピュレーションに垂直8軸双腕ロボットを導入し、人間のマニュアル作業よりも高い再現性を得る事を目指す。また、同様のロボットにより電鍍マイクロ流路をマニピュレーションし、流路そのものを移動させる事により、配管のデッドボリュームを完全に廃絶する事を目指す。

1-(2)-② 身体状態の正確な把握に資する糖鎖やタンパク質等のバイオマーカーの探索、検知法開発とその実用化

【中期計画 (参考)】

- がん及びその他の疾病の予防や診断及び治療に利用するため、動脈硬化を伴う脳や心血管障害の直接評価やがんの識別を可能にする血清バイオマーカー等、有用な新規バイオマーカーを同定し、それを評価、利用する技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- これまで開発してきた生体試料から特定糖タンパク質濃縮装置の小型化を行う。
 - 分子マトリクス電気泳動法を活用したムチン同定手法を確立する。また、バイオマーカー探索を効率的に進めるためアフィニティ分子マトリクス電気泳動や2次元分子マトリクス電気泳動などの発展型手法の開発を行う。同時にこれらを用いて唾液および胆汁を試料とした疾患バイオマーカーの探索を続行する。
 - 1) 卵巣がん、前立腺がんマーカーに対する迅速測定系を構築すると共に、中皮腫のマーカー候補分子同定を継続して行なう。

2) 肝臓で生じる線維化を測定するバイオマーカーは、企

業へのトランスファーを完成する。肝細胞がんマーカーは迅速測定系の構築を行なう。

3) 加齢に伴って顕在化する循環器系疾患について、その活動性や進達度を直接評価できるバイオマーカー探索を開始する。

- モーターンおよび CARF の分子解析を引き続き行い、ストレスおよび病態生理における役割に焦点を充てる。老化およびがんの制御において、これらの機能的重要性をがん細胞の転移や薬剤耐性に関与するタンパク質と比較することにより検討する。
- アシュワガンダ葉抽出物およびその精製成分がヒト正常細胞における特定の化成品物によって誘発された毒性と生理的機能の変動への影響効果について調べる。また、アシュワガンダが環境誘発の化学的ストレスの天然保護剤として適するかインビトロおよびインビボで検討する。
- 平成23年度は、プロテインアクティブアレイの改良を進め、タンパク質スポットの高密度化を達成することによって、アクティブアレイ作製のコストダウンと使用する血清サンプル量の少量化を図り、より多くの血清サンプルを分析し、疾患と自己抗体の関連をより精度の高いものにし、早期診断の確率を高める。また、疾患マーカーだけではなく免疫吸着療法やがんワクチンの治療方針、治療効果の評価にも活用する。アクティブアレイ測定データと患者カルテデータを合わせて情報処理を行い、精度の高い予測が行えるソフトウェアの開発も行う。
- 1) 骨形成蛋白質の一つである BMP-7を低転移性乳がん細胞で過剰発現させ、転移性が上昇するかを解析する。また、抗がん剤耐性ががん細胞を用いて研究を進め、FGF ファミリー因子が抗がん剤耐性をどのように上昇させるのかを解析する。
- 2) がん抑制遺伝子 Kank1と相互作用をするタンパク質の機能を解析することで、Kank1と細胞増殖、細胞運動、細胞分裂、細胞内輸送などの機能との関わりについて明らかにし、創薬ターゲットに関する情報を得る。
- 未同定の候補遺伝子の抗体を作製し、肺がん患者の血清を用いてその有効性を検証する。

1-(2)-③ 有用生体分子の構造、機能解析に基づく創薬基盤技術の構築、改良とその分子の高度生産技術の開発

【中期計画 (参考)】

- 生体分子の構造、機能及び作用機構を医薬品等の創成や診断手法に結びつけるための基盤技術を開発する。また、医療に役立つ新規抗体の生産に必要な期間を従来の1/3程度以下に短縮する技術等、パイオプロセスを活用した高品質、高効率な生産関連技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・微生物による糖タンパク質糖鎖の改変技術をさらに改良し、生物製剤や糖鎖バイオマーカー標準品などの生産関連技術を確立する。また、糖転移酵素や糖鎖関連酵素の大量生産系の開発を行ない、酵素法による糖鎖大量合成技術を確立すると共に、糖鎖分析のための標準物質の作製や、糖鎖機能を活用した高機能化生物製剤の開発と機能評価を進める。
- ・糖鎖機能活用技術開発プロジェクトで作製した糖鎖遺伝子マウスを用いて、生体内における糖鎖機能を明らかにする。これまでに見出された糖鎖変化に起因する表現型の中で、ヒトの疾患と関連するものを優先し、病態の分子メカニズムを解明することで糖鎖創薬への発展のシーズとする。また、これらのマウスは特定の糖鎖構造が欠損していることから、糖鎖構造解析技術開発の最適なモデルとなりうる。これからのマウス組織を用いて、微量糖鎖構造解析、糖鎖キャリアタンパク質同定技術の開発を行う。
- ・糖鎖被覆リボソームを用いたタイレリア原虫ワクチンの実用化開発をおこない、企業と連携して非臨床治験を実施する。また、ナノ計測技術を活用した細胞性免疫誘導型ワクチン検出器機の開発を計測標準部門と共同で実施する。
- ・引き続きレクチンのリコンビナント化を実施し、世界最高品質のレクチンライブラリーを構築する。更に、機能改変技術のブラッシュアップを行い、糖鎖プロファイリングに有用なレクチンを創出する。また、各種生物から新規レクチンの探索も継続的に実施する。
- ・GPI の脂質リモデリングに関する研究を進め、脂質リモデリングとマイクロドメイン形成との関連を明らかにすることを目指して、遺伝学および生化学的な解析を行う。
- ・アミロイドβタンパク質の集積を防止あるいは制御する分子の開発に資するために、部位特異的に N メチル化修飾した類縁分子等を系統的に作成して、アミロイドβタンパク質との相互作用と集積への関与を調べる。また、インフルエンザウイルスヘマグルチンを細胞表面に発現する培養細胞株に対する蛍光ラベルしたニワトリ赤血球の結合量を相対的に測定するための測定条件を検討し、インフルエンザウイルスの細胞吸着を抑制する生理活性物質探索のためのアッセイ系を開発する。
- ・あらたに考案した人工タンパク質の分子デザイン法により設計した、抗体医薬の精製工程あるいは品質管理に応用可能な小型人工タンパク質を合成する。
- ・独自システムを改良し自動運転、連続運転できるようにし、リガンドの特性解析をよりハイスループットに進められるようにする。リガンドライブラリーの約1000種類のリガンドタンパク質全てについてアレイを創製し、改良したシステムを活用して特性解析データを蓄積し、有望なスカフォールドとなるアフィニティリガンドタンパク質の選定作業を進める。
- ・RNA の合成や代謝に関わる酵素の分子機能と構造に関する研究をひきつづき行う。特にウイルス由来のRNA 合成酵素と宿主タンパク質の複合体が RNA 合成を開始する機構、RNA を伸長する機構を構造解析、機能解析を通して解明することを目指す。また、遺伝暗号解読に重要な役割をはたす前年度同定した新規RNA の修飾酵素と RNA の複合体の構造、機能解析を通して、その反応、分子機構を解明することを目指す。
- ・作成したキメラトランスジェニックニワトリを半年程度かけて性成熟させ、生殖細胞への遺伝子導入の可否について検討を行う。導入がなされていた場合には次世代のトランスジェニックニワトリの作出を試みる。導入がなされなかった場合は始原生殖細胞の再検討を行うとともに、生殖巣への効率的な導入について検討を行う。
- ・前年に着手した有用蛋白質の機能構造解析を進めるとともに、得られた知見を発展させるための抗酸化蛋白質、代謝系酵素、転写因子を含む新たな2種類以上の有用蛋白質について、物性、構造、機能解析を目指して発現、高純度精製を試み、結晶化および立体構造解析に着手する。
- ・平成22年度に引き続き、微小管の間にダイニンが規則的に配列した運動可能な複合体の開発をおこなう。複合体を形成し、電子顕微鏡で構造を調べるとともに、*in vitro* 運動活性測定で微小管同士の滑り機能を調べる。運動可能な複合体の開発に成功したら、架橋分子を加え、架橋された複合体の構造、運動機能を調べる。
- ・細胞運動とガン転移におけるホスホリパーゼ D の役割を解明するため、細胞膜上におけるホスホリパーゼ D と他のシグナル伝達分子等の同時観測による動態解析手法の開発を行う。
- ・一分子 FRET 観察により検出された、ミオシンとの相互作用と関連すると推定されたアクチンの構造変化をより詳細に検討する。またミオシン以外のアクチン結合タンパク質との相互作用により誘起されるアクチンフィラメントの構造変化の検出を試み、アクチンフィラメントの構造多型の全体像解明を目指す。
- ・平成22年度の成果をうけて、より具体的な細胞観察課題に着手する。また複数倍率同時観察、視野の拡大、高速化について開発を行う。
- ・1) 電子線による損傷に関する結果をまとめるとともに、水チャネル AQP1などの二次元結晶を用いた、高分解能結晶構造解析を行う。単粒子解析法については、細胞周期、シグナル伝達の制御においても重要な役割を果たしているプロテアソームなどについて、その構造解析を進める。脂質二重層に再構成した膜タンパク質の単粒子解析についても検討する。

2) 薬や抗体製剤の作用機構明確化に向けて、タンパク質や分子複合体中の特定サブユニットを抗体等を用いて電子顕微鏡下で識別する技術の開発、および機能部位の詳細構造を単分子レベルで可視化する技術の開発を行う。

・1) シグナル分子による毛成長周期、細胞生存、膜修復等の生理機能制御の解明と応用のため、遺伝子欠損動物の作成などを通じて定量的な機能解析系の構築と生理活性の評価を行う。

2) シグナル分子による代謝制御における標的特異性、作用強度などを規定する糖鎖等要因を評価し明らかにするため、ヒト型受容体発現培養細胞を用いた解析を行う。

3) 新しい蛍光色素を利用した DNA チップによる遺伝子発現プロファイル解析法による化合物の解析を継続するとともに、臨床への応用を目標にして新しい蛍光色素を用いた病理解析法の開発を行う。

・生物の毒腺等に存在する有用な生理活性ペプチドの探索を行う。その配列を利用して、大腸菌等を用いた試験管内分子進化技術により受容体、イオンチャネル、転写因子等病因遺伝子産物に対する特異的リガンドを創出する。

・新規の顕微鏡観察手法を駆使し、細胞核内部や神経微細構造内のタンパク質動態を可視化する技術を開発するとともに、神経疾患や脳神経機能維持に関連したタンパク質等因子の単離と機能解析を行う。また新たな脳情報抽出システムを開発し、嗅覚記憶に関わる神経回路機構を明らかにする。

・シグナルペプチドペプチダーゼの4量体弾丸型構造には分子の外側に4箇所の間隙がある。この隙間に切断される様々なタンパク質のシグナルペプチド部分が導入されると推定され、その機構を生理的に解明する。また、酸化ストレスセンサーである Keap1 タンパク質の構造研究を通じて、その分子上の SH 基の酸化が、転写因子である NRF2 にどのようにして伝えられるのかを解明する。新たに、生理的にも創薬にも重要なタンパク質の構造を1種類決定する。

・1) 次世代配列解析技術、新規修飾核酸等を利用した核酸医薬に関する技術開発を行う。疾患関連転写因子に対する構造解析とアプタマーの創出を行う。神経調節機能因子の機能解析、その作用機序に基づく、核酸医薬の開発を行う。新規細胞アレーの作成とそれを用いた細胞内シグナルの評価技術の開発を行う。

2) 試験管内免疫作製法における特異的抗体産生細胞誘導システム、および、抗体のマチュレーションに関する技術開発を行う。

3) 消化管免疫機構に作用する機能性因子の評価技術を開発し、その生体分子標的を解明する。

・1) 灌流培養チャンバーで培養した細胞の薬物クリアランスが生体内に近いことを実証し、薬物アッセイの新

技術として普及を計る。光操作型チップの早期製品化を目指す。微小環境制御型チップを ES/iPS 細胞の分化誘導に応用し、分化細胞が高効率で誘導できることを実証する。

2) 持続発現型センダイウイルスベクターの転写効率を上昇させるために NP、P、L 遺伝子の構造を最適化する。さらに、現在はまだ製造が難しいバイオ医薬品のモデルとして抗体遺伝子を搭載して発現させることにより、その有用性を実証する。

1-(3) 情報処理と生物解析の連携による創薬支援技術や診断技術

【中期計画 (参考)】

・効率的な創薬や、個の医療の実現に向けて、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等のバイオデータベースを整備し、それらの配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術及び細胞内のネットワーク、パスウェイの推定やシミュレーション等のシステム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発を行う。特に、医薬品候補化合物について従来の5倍程度の効率で選択することを可能とするために、遺伝子やタンパク質の機能予測技術の開発を行う。

1-(3)-① 配列情報と分子構造情報を用いた創薬支援技術開発

【中期計画 (参考)】

・遺伝子やタンパク質の機能予測及び特定のタンパク質や糖鎖と相互作用する化合物の探索等、膨大な化合物の中から従来の5倍程度の効率で医薬品候補を選び出すことのできる技術を開発する。

《平成23年度計画》

・がんに加え、生活習慣病や老化関連疾患のような慢性疾患のバイオマーカーを、糖鎖構造の変化を基軸とした探索戦略に基づいて探索する。また疾患モデルマウスなどに応用し、バイオマーカー探索のための基礎情報の集積を行う。またその解析を拡充、改善するための手法開発を行う。

・糖転移酵素の阻害剤を探索するべく、ハイスループットな測定法の確立を目指す。課題である立体構造解析のための結晶化に取り組む。立体構造が得られたものに関しては計算幾何学的手法を導入し、タンパク質と糖鎖の弱い相互作用を定量解析を行う。

・これまで開発してきた創薬支援技術を発展させ、タンパク質間相互作用や動的変化を伴うタンパク質を標的とした阻害剤探索など、より難易度の高い創薬標的タンパク質への応用を目指す。そのために分子動力学計算から得られる動的構造情報と創薬を結び付ける手法や、タンパク質や化合物の物性を評価するための技術開発の改良を行う。また民間企業をはじめとする外部研究機関との連携を通じて、技術の活用および評価を

行い、創薬支援技術としての精度向上を図る。

- ・創薬、個人化医療に向けた次世代シーケンサー支援技術開発を行なう。
- 1) 配列（両方）の誤読確率（quality）を考慮したアライメント法を開発する。
 - 2) 配列度数修正法 RECOUNT を用い、遺伝子発現とメタゲノムの修正データを公開する。初期内容は実験データセット2000個を目指す。
 - 3) 高速配列クラスタリング手法 SLIDESORT 普及のため、個別のアプリケーションに特化したソフトウェアとしてパッケージ化する。
 - 4) エピゲノム情報のためのデータベース構築とマイニングツールを開発する。
- ・機能性 RNA を中心に形成される核内構造体の構築機構、機能を解明する。特に疾患関連因子の役割を明らかにする。核内でエピゲノム制御に関わる機能性 RNA を取得し作用機構解析を行う。タンパク質合成に関与する機能性 RNA の化学修飾の生合成機構の解析を引き続き行い、生合成に関与するタンパク質の翻訳後修飾因子としての機能も解析する。
 - ・1) さまざまな化合物の生合成遺伝子を取得して放線菌宿主に導入し、異種発現による安定な化合物生産を目指す。
- 2) 定性定量プロテオーム解析の高度化を目指す。微量タンパク質同定、定量の実現のために、質量分析のサンプル調製工程とラベリング技術を改善し、さらなる高感度化を図る。また実際に個別研究を進め、従来は同定、定量が困難だったタンパク質にも応用範囲を拡げる。
 - ・1) in silico 薬物探索技術を高度化し、多様な標的に安定して使える技術を開発する。また化合物の薬らしさの新指標を開発するとともに、計算機上で自動的に仮想化合物を合成できるシステムを開発する。
 - 2) ヒストンシャペロンと相互作用因子との複合体を結晶化し構造解析を進める。ヒストンシャペロンと相互作用する巨大複合体の精製法を検討する。
 - 3) NMR を用いて迅速に相互作用部位を決定できる手法、距離依存的情報の抽出により正確な相互作用様式を解明する手法を確立する。また高分子量タンパク質を直接 NMR の観測対象とするため、新たな安定同位体標識法および測定法を検討する。

1-(3)-② システム生物学的解析を用いた創薬基盤技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・転写制御、シグナル伝達、代謝に代表される、細胞内のネットワーク、パスウェイ等の推定やシミュレーションにより、創薬に必要な化合物の設計と合成、標的分子を推定する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度成果に基づき、エンドユーザーが使える肝細胞用遺伝子導入アレイ試作品と使用プロトコールを完成させることを目指す。企業コンソーシアム等で、試作品の事業化について検討する。
 - ・多数の種間の比較ゲノム解析を基盤として、従来よりも正確に二次代謝系などの遺伝子の機能を予測する技術を開発する。DNA 塩基配列の微少な違いに基づいて、カシミヤ等の獣毛を判別する技術の標準化に関する基盤を確立する。
 - ・生体ネットワーク推定ための基盤技術開発を行う。
- 1) 既知ネットワーク構造と計測データとの整合性を評価する技術であるネットワークスクリーニングをソフトウェアシステムとして構築し、幹細胞標準化のための特異的ネットワーク候補を絞り込みを行う。
 - 2) 平成22年度開発した新規高精度パラメータ推定技術をソフトウェア化し、生体反応における分子ネットワークの主要経路推定の利便性を向上し、特に薬剤併用効果や副作用予測に貢献する。
 - ・遺伝子ネットワーク推定技術と環境物質毒性予測の機械学習を融合させた新しい環境毒性の予測法を開発する。
 - ・ラット脳下垂体視床下部の性分化とエストロゲンとの関わりについて、シグナルメディエーターに対する阻害剤の影響を免疫化学及び細胞生物学的に解析することで、シグナル伝達経路の確認を行う。

1-(3)-③ バイオデータベース整備と利用技術の開発 【中期計画（参考）】

- ・遺伝子や生体分子に関する情報の高度な利用を促進する情報データベースやポータルサイト等を構築する。また、ヒトの遺伝子、RNA、タンパク質、糖鎖情報等の整備及び統合を行うとともに、診断技術等の利用技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ヒト由来糖タンパク質の分析を拡充し、データベース資源をさらに蓄積すると同時に、解析ソフトの開発を行い、さらなる詳細なデータベース資源の収集に努める。
 - ・解析結果を誌上発表し、データをデータベースに組み入れる。また、糖転移酵素遺伝子をノックアウトしたマウスの分析を進め、データの拡充と誌上発表を行う。データベースは発表後に公開する。
 - ・ライフサイエンス分野における情報統合としてプラットフォーム上で動作する解析ツールの拡張やデータベースと協調動作できる解析基盤技術の開発を行い、バイオ情報解析システムとしての発展を目指す。
- 1) 個人ゲノム配列などの新しいデータを解析しヒト遺伝子の統合データベース H-InvDB のデータを更新するとともに、これを活用して知識抽出を行うためのデー

タマイニングシステムを開発する。また、データ ID の対応情報の収集、整理による統合データベース「リンク自動管理システム」については、対象分野や対応データベースの数を増やす。経済産業省統合データベースプロジェクトの情報ポータルサイト MEDALS の整備と運営を行う。

2) ヒトタンパク質発現リソースのデータベース HGPD (Human Gene and Protein Database) に関して、タンパク質相互作用情報とリンクを結び、創薬スクリーニング系構築のための情報を公開する。

2. 健康な生き方を実現する技術の開発

【中期計画（参考）】

心身ともに健康な社会生活を実現するために、高齢者のケア、健康の維持増進、社会不安による心の問題の解決等の観点から健康な生き方に必要な開発課題に取り組む。具体的には、ストレス等を含む心身の健康状態を定量的に計測する技術の開発を行う。また、その計測結果に基づいて、個人に適した治療やリハビリテーションによる健康の回復、維持増進を支援する技術の開発を行う。

2-(1) 人の機能と活動の高度計測技術

【中期計画（参考）】

- 個人の状況に応じて心身共に健康な生活を実現するために、人の心と行動を理解し、健康生活へと応用することが必要である。そのために脳神経機能及び認知行動の計測技術、人の生理、心理及び行動の予測に資する技術の開発を行う。また、高齢者や障害者の生理、心理及び行動データを基にした、安全性や快適性の確立に資する標準化活動を行う。特に、空間分解能を維持しつつ、ミリ秒オーダーの時間分解能で脳神経活動を計測する技術の開発を行う。

2-(1)-① 脳神経機能及び認知行動の計測技術の開発と人間の心と行動の理解、モデル化、予測技術の開発

【中期計画（参考）】

- 脳神経機能と認知活動に関して、空間分解能を維持した状態でミリ秒オーダーの時間分解能の実現による脳の領域間の相互作用の評価等を非（低）侵襲、高解像度で計測する技術を開発する。また、得られたデータから人の認知処理容量の定量化や機器操作への適応等心理状態、認知行動を評価及び予測するモデルを開発する。

《平成23年度計画》

- 脳磁界 (MEG) と機能的 MRI (fMRI) の両データを用いた高精度な脳活動可視化技術を用いて、3次元物体知覚の神経基盤である高次視覚脳活動のダイナミクスの可視化を行う。さらに、異なる脳領域間の神経活動の相互作用を定量的に評価する技術の開発を行う。
- 脳全体の酸素代謝を推定するために必要な個々の計測

モダリティにおいて、物理、生理特性のよりの確な信号抽出方法、例えば時間分解及び連続光計測の併用による絶対値計測法など、を開発し、安静時のヒト頸部計測によりその有効性を検証する。また、認知資源の配分を必要とする人間工学実験系を構築する。

- 認知情報処理モジュールをより詳細に整理する。トップダウン系およびボトムアップ系情報処理モジュールの共変性および独立性に関する人間工学実験を行う。また、高齢者における認知情報処理モジュール間の共変性についても検討する。それらの成果に基づいて、モジュール間の関係についてのモデル化を行う。
- 視覚的認知メカニズム解明の研究では、判断のゆれを定量的に評価し、それを決定しているタスクの変数を同定する。また、脳の腹側視覚経路で単一神経細胞活動を記録し、記憶-視覚-報酬の情報処理機構をミリ秒の時間分解能で解析する。脳の運動制御メカニズムに関する研究では、学習課題中の大脳皮質の神経活動を眼球運動制御の観点で解析する。腕および眼のそれぞれの運動制御メカニズムに共通する、あるいは異なる情報処理機構メカニズムについて、実験パラダイムを開発する。
- 頭部血流動態の生理学的考察やシミュレーションに基づき、より少ないプローブ配置であっても実現可能な外乱除去手法の開発を進める。また、MultidistanceNIRS と fMRI との同時計測に向けた視覚刺激プロジェクトシステムの開発を行ない、脳の各領域での典型的課題での同時計測実験を通して Multidistance NIRS の計測信頼性の評価を行う。
- 認知行動や環境情報を評価、予測するモデルを構築するために、大量データからの機械学習データマイニングアルゴリズムの構築を行う。平成23年度は情報幾何、圏論、凸最適化、マルコフ決定過程など多面的なアプローチにより認知モデル化やモデルの最適化手法の開発を試みる。応用面では、推薦システムにおける検索行動、購買行動予測などの高精度化をめざす。また、引き続き画像から認知行動や環境情報を抽出するためのコンピュータビジョン技術の高精度化、高速化を行う。

2-(1)-② 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化 (IV-3-(1)-③へ再掲)

【中期計画（参考）】

- 日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。

《平成23年度計画》

- ・ロービジョン者のための適正照度に関する心理行動計測を行い、標準化提案をめざす。高齢者の聴覚特性および、それを考慮した公共空間等の音声アナウンスのISO規格案、各1件については、次の段階であるCD（委員会原案）投票に向けて国際審議を進める。公共空間の音案内に関しては、視覚障害者の聴覚情報利用に関する心理行動計測を行い、JIS原案作成及び国際標準化提案を行う。
- ・平成22年度に設置された映像の生体安全性に関するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 12）において、映像酔いおよび立体映像による視覚疲労に関する国際文書の審議を開始する。また、これらの基盤となる科学的知見を整理するための技術報告書の審議をCIE（国際照明委員会）において開始する。
- ・日常生活における基本的タスクのディマンドを行動や周囲環境に関する観測量から推定する手法を構築する。特に環境からの変動性入力に対する人間の動的な調節能力のモデル化を通してタスクの動的特徴付けを行うことによりディマンドの推定を試みる。

2-(2) 生体情報に基づく健康状態の評価技術

【中期計画（参考）】

- ・個人の健康状態を評価するために、環境要因、ストレス等を含む心身の健康状態の定量的な計測が必要である。そのため、生体及び心の健康状態に関する分子レベルの指標の開発、標準化に向けたデータベース構築のための健康情報の収集、周辺環境モニタリングも含めた健康情報を管理及び評価するためのシステムの開発を行う。

2-(2)-① 分子計測による心身の健康状態のモニタリング、管理技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・身体的健康状態又は鬱、ストレス、睡眠障害等の精神的健康状態を尿、血液、唾液等の生体試料を用いて簡便かつ迅速に検知し、時系列情報として管理できるデバイスや5個程度のバイオマーカー候補を開発する。

《平成23年度計画》

- ・開発したストレス性睡眠障害モデル候補動物の評価を行う。モデル動物を用いて睡眠障害等の精神的健康状態のモニタリングを目的としたバイオマーカー候補分子の探索を行う。
- ・身体的および精神的健康状態の管理を目的として、体内時計の調節に関連する（天然）化合物を開発する目的で、アルカロイド系化合物をさらに探索する。また、体内時計と密接に関係している早期高血圧を管理する目的で、発酵食品から見出した持続時間の長い血圧降下ペプチドについて、動物試験等によりそのメカニズムを確認する。

- ・1) タンパク質のゲル電気泳動染色に用いる、世界最高感度（0.5ナノグラム）の新規蛍光分子プローブの開発を行う。
- 2) 新規に開発した固相抽出カラムを用いた生体試料前処理法を用い、これまでに高精度検出が困難であった血中、尿中の酸化ストレスマーカー、80HdG誘導体、8-イソプラスタン等の検出を行う。
- ・マルチマーカー測定チップの抗体固定において、局所的な表面処理、形状制御により、CV値10%以下を実現する。また、固定化量とほぼ等しい5nl以下で抗体溶液吐出量を計測する手法を開発する。
- ・数マイクロリッターの血液から抗原抗体反応30分で、TNF-alpha、アディポネクチン、高感度CRPなど各種アディポカインと酸化ストレスマーカーを対象にマイクロ流路上での定量的なサンドイッチELISA検出系を構築する。さらに同一マイクロチップ基板、あるいは同一マイクロ流路上で複数のマーカー検出系を構築することで、マルチバイオマーカー検出系の構築を行う。
- ・唾液などの試料前処理や検出機能などを高度集積化した遠心力送液型のラボディスクや電気泳動型ラボチップ、さらに超小型センサ利用の電子体温計型チェッカのプロトタイプ開発を進める。さらにヒト実試料による実証研究を進め、産業技術化を着実に進める。
- ・酸化ストレスを指標とした身体的、精神的健康状態モニタリングシステムの開発を目指して、ヒト試料を用いた酸化ストレス応答バイオマーカーの免疫学的測定法の最適化を進める。また、酸化ストレス応答バイオマーカーによる各種疾患の診断の可能性を検証する。
- ・平成22年度に作製したプロトタイプの検出感度向上および測定時間短縮を目指した研究に取り組み、さらには、産総研内での連携、国内企業、大学病院等との共同研究を推進する。
- ・生物発光系イメージングに関する以下の研究開発を行う。
 - 1) 細胞内に導入した有用蛋白質や核酸等の生体高分子の薬効及び動態をリアルタイムに検出するシステムの開発を進める。
 - 2) DNAダメージ時の核内での損傷部位センシングと修復の動態をリアルタイム連続観察し、その特徴を明らかにする。また、BAFを用いたセンサープローブの基盤技術開発を進める。
 - 3) 外部機関との共同研究で個体用発光イメージングプローブの最適化と安価な大量調製法を確立し、発光イメージングプローブの実用化の加速を目指す。
- ・分子進化からバイオマーカー候補の開発を目指すため、古細菌からヒトまでをターゲットとして新たな抗酸化蛋白質の構造機能解析に着手する。
- ・バイオマーカーの安価、簡便な計測システムの実現には安価な検出用抗体の開発が重要である。そこで安価

な生産が可能であるラクダ科動物由来単ドメイン抗体作製のため、ラクダ科動物1頭以上の飼育体制を構築する。またスクリーニング用抗ラクダ科動物抗体及び免疫用の抗原を調製する。

- ・変異受容体の応答解析を進め、応答特異性の改変設計に必要なアミノ酸配列要件を絞り込む。センサ化では、3種以上の受容体のアレイ化を試みる。また、モデル動物の行動実験では、新たな2系統各3匹の動物で検知能と識別能を追加収集し、統計的に有意な相違を確認するとともに、混合臭の効果を確認する実験を開始する。
- ・NMR-メタボリックプロファイリング技術の製薬企業等産業界への普及を積極的に進めると同時に、健康の維持に関わる食品、嗜好品、薬物摂取状態等への迅速、簡便な把握、評価技術として、さらなる応用化と解析の高度化を図る。

2-(2)-② 健康リスクのモニタリング及び低減技術、健康維持技術と健康情報の管理及び活用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・環境に存在する50種類以上の工業用ナノ粒子、微粒子等の健康阻害因子を高精度に計測及び評価し、因子の除去、又は健康への影響を効果的に低減するための技術を開発する。また、健康管理システムを構築するために、心と体の健康情報を長期的に収集及び評価する技術並びに健康逸脱状態を検出する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・1) データ蓄積に必要なマルチマーカータップの供給を行う。
- 2) マルチマーカによる内分泌系情報と活動情報等の連携測定を行うとともに、結果のデータベース化を行う。
- 3) 産総研健康診断情報のデータベース化について500件以上のデータを蓄積する。
 - ・平成22年度までに終了した50種類以上のナノ粒子に関する有害性評価の知見や有害性評価手順書について、OECD等の国際機関における、ナノ粒子の管理に関する議論に反映させるべく、積極的に会議に参加する。
 - ・マイクロ流体デバイス型 PCR 技術の高度化と炭疽菌毒素遺伝子を対象とした原理モデル実証装置を試作評価する。キャピラリー電気泳動-非接触型電気伝導度検出装置を用いて詳細な分離条件の検討を進め、10チャンネル LIGA レプリカ電気泳動型チップへの応用を検討する。
 - ・マラリア診断チップをベースとして、牛バベシアなど種を超えた原虫感染症診断への応用を目指す。また、循環がん細胞の早期診断への応用を見据え、白血球細胞などを対象として、真核細胞のチップへの展開とその機能解析を行う。
- ・健康阻害因子の除去、または影響を効果的に低減するため、

- 1) FET 型イオンセンサの製膜条件を検討し、イオンセンサの可逆性、安定性の向上を目指す。
- 2) 過塩素酸イオンを捕捉するため、多孔性無機イオン交換体の細孔制御方法を検討する。
- 3) ナノカーボン分散化技術とその光発熱特性を利用したデバイスの評価を行う。
- 4) 紅藻類オゴノリ属海藻類の高効率生産（培養）技術を検討し、環境条件変化や培養方法により生長速度向上を目指す。
 - ・小型魚類メダカの化学受容機構を応用した化学物質検知系の開発として、既に考案した、行動学的検出系に関わる生体メカニズムの解析を行ない、他の応用例を検討する。また、他の行動学的検出系の考案、もしくは脳神経系での反応を可視化する組換えメダカの作成を試みる。また、引き続き、リスク化合物に対するメダカ感受性を毒性学的に調べる。

2-(3) 健康の回復と健康生活を実現する技術

【中期計画（参考）】

- ・健康な社会生活を実現するために、人の生理、心理及び行動や生体及び心の健康状態に関する指標に基づいて、失われた運動能力や認知能力を補い、個人の健康状態に適した暮らし方を支援する技術や、リハビリテーション等の健康回復、維持増進を支援するための技術の開発を行う。また、患者と医療従事者の負担を軽減するための技術開発を行う。

2-(3)-① 生体情報計測に基づく軽負荷医療及び遠隔医療支援技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・患者と医療従事者の負担軽減を目的として、生体組織の物理的、生理的計測情報を高度に組み合わせ、計測時間の短縮や試料採取量を減らすことにより、低侵襲治療を支援する技術を開発する。また、先端的材料技術や電子機械技術を融合し、手術手技研修システム技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・1) エネルギー技術分野とは、血液止血、滅菌目的とした低侵襲外科治療機器の開発をすすめ、性能の改善を図る。
- 2) 材料ナノテクノロジー分野とは、糖鎖バイオマーカーの高感度検出を可能とするナノ粒子とフォトリソスタセナセンサー等の半導体デバイスによる次世代診断機器の開発を行う。
- 3) エネルギー技術分野と半導体プロセスと連携し、医用材の高機能化を目的とした加工技術開発を行う。
- 4) NEDO がん超早期診断プロジェクトにて PET 装置の開発を進めると共に、これと平行して近赤外光のモジュールの実用化開発をすすめる。
 - ・磁気共鳴による弾性画像計測法（MRE）の健常者で

の被験者実験を実施する。また、穿刺の手ごたえをフィードバックする手持ち機器を設計して原理試作する。一方、手術室-教育ラボ間の遠隔手術指導の症例を蓄積する。また、より高度な手技指導を可能とする手術室内隣接形遠隔指導システムを試作し、指導実験を準備、実施する。

2-(3)-② 身体生理機能や認知機能の理解に基づき心身機能を維持増進する技術や回復（リハビリテーション）する技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・加齢に伴う知覚能力減退に起因する歩行困難等を緩和し、安心して生活できる社会を実現するために、認知及び運動の相互作用特性の計測、評価及びデータベースに基づいた視覚障害者に対する聴覚空間認知訓練システムを開発する。また、心身活動の維持に適合した製品や環境設計技術、心身活動の回復（リハビリテーション）や増進を支援する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・視覚障害者のための聴覚空間認知訓練システムについて、正式リリース版を完成させる。
- ・これまでに集積した生体影響データを活用して立体映像による生体影響モデルを構築する。さらに、立体映像酔い評価システム構築で重要となる各生体影響要因の提示時間の影響などに関する知見を実験により取得する。他方、内窓設置の効果を検証するために、寒冷地域の高齢者居住環境における住宅温熱、空気環境の実測、高齢者の睡眠や活動量などを解析し、内窓の設置による健康影響を評価する。
- ・心身活動の回復や増進については、精神ストレスの循環調節機能への影響ならびにリラクゼーションや身体運動による緩和効果を検討する。また、手掌脈波等を用いた生体情報計測技術について可能性を検討するとともに、簡易動脈硬化度計測装置をもとにした健康管理システムを構築するための要素技術を開発する。一方、運動機能訓練やリハビリ技術については、自転車ペダル機構の障害による左右脚の筋力や可動範囲のアンバランスへの対応を行い、動作支援レベルの柔軟性と出力特性を有するアクチュエータの基盤技術を構築する。
- ・中枢神経損傷後の機能回復過程において、機能代償を担う残存脳領域における神経細胞レベルの変化を明らかにし、機能回復を促進する鍵となるメカニズムに迫る。具体的には、これまでに確立した脳損傷モデルザルを用いて神経活動記録を行い、損傷前後の単一細胞レベルの機能変化を検証する。さらに神経回路の変化に関わる遺伝子の発現を指標として、脳損傷後にどのような構造変化が生じているのかを細胞レベルで明らかにする。
- ・歩行困難の緩和と心身活動の増進を支援するために、

歩行運動データベースに基づく歩行評価技術を発展させ、身体に装着するセンサで日常生活の歩行特徴を評価するシステムを開発する。下肢筋力増進、転倒リスク、美しさの3つの評価軸を確立し、これらの評価軸におけるシューズやウェアの使用効果を3種類以上の製品で検証し、検証技術を確立する。この評価システムを試験運用し、評価の可視化により歩行習慣が定着するか、長期的に歩容が変容するかどうかを検証する。

2-(3)-③ 人間の心身活動能力を補い社会参画を支援するためのインターフェース等の技術開発

【中期計画（参考）】

- ・現状の運動能力や認知能力を補い高齢者、障害者、健常者等のより高度な社会参画を可能にする技術（従来の2倍以上の意思伝達効率のブレインマシンインターフェースや、柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等）を開発する。

《平成23年度計画》

- ・柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等を開発するため、電気活性のある導電性微粒子を高分子に分散させた伸縮性電極の最適化を行い、柔軟で高速、高伸縮性のアクチュエータ素子を開発する。伸縮率5%以上、応答周波数200Hz以上の数値目標を達成する。
- ・柔軟で1V程度の低電圧駆動が可能な運動アシスト機器等を開発するため、電気活性のある導電性微粒子を高分子に分散させた伸縮性電極の電場伸縮機構に関するナノレベルからマイクロレベルのモデルについて、計算機実験、および、電気化学、アクチュエータ評価実験手法により詳細に調べ、材料設計指針を得る。特に導電性微粒子の形成するナノからマイクロレベルまでの多孔性構造と、電気化学、電気機械的な性質との相関を明らかにする。
- ・脳情報を解読、活用するニューロテクノロジーによる社会貢献と新産業創出を目指し、コンパクトな脳活動計測ハードウェアとリアルタイムでの高度な解析が可能な脳情報解読ソフトウェアの開発を進める。具体的な目標として以下を設定する。
 - 1)3時間以上快適に装着可能で高品質の脳波を記録し続ける専用ヘッドギアを開発する。
 - 2)携帯電話のメール作成と同等の速度でメッセージを作成できる脳情報解読手法を開発する。
 - 3)意思伝達支援が必要な全国の重度障がい者を対象とした体系的な訪問実験を実施する。

3. 生活安全のための技術開発

【中期計画（参考）】

疾患の予防や社会生活における事故防止、高齢化社会の到来による介護負荷の軽減、ネットワーク社会における消費者の保護等、日常生活にかかわる生活安全のため

の情報通信技術（IT）にかかわる開発を行う。具体的には、ストレスセンシングなど生活安全にかかわるセンサ技術、高齢者や被介護者等の日常生活を支援するセンサ技術等の開発を行う。また、日常生活における人とのインタラクションが必要となる生活支援ロボットの実環境での安全性を確立するための基盤技術の開発を行い、安全規格を定める。

3-(1) ITによる生活安全技術

【中期計画（参考）】

- ・安全・安心な社会生活を実現するため、情報通信技術（IT）にかかわる研究開発を行う。具体的には、バイオケミカルセンサ等センサシステム自体の開発と併せて、センサを用いた人や生活環境のセンシング技術、センシングデータの解析やモデル化技術に基づいた異常検出やリスク分析及びリスク回避の技術開発を行う。さらに、消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術の開発を行う。

3-(1)-① 生活安全のためのセンサシステムの開発

【中期計画（参考）】

- ・生活習慣病の迅速診断、感染症対策のためのウイルスの検出、ストレスセンシングを目的として、導波モードや新蛍光材料を用いたバイオ・ケミカルセンシングシステムを開発する。また、予防医療につながる眼底の高精度診断のために、画像分光や能動的光波制御を用いた眼底イメージング装置を開発し、5 μm 以上の分解能を実現する計測技術を開発する。生活環境下における有毒ガス等の分光検知を目指して、複数ガスの遠隔分光に適した200～500GHz帯において、従来検出器の1/5以下の最小検出電力を持つ高感度超伝導受信器を開発する。

《平成23年度計画》

- ・細胞、タンパク質、生体関連物質の他、ウイルスや大腸菌、重金属イオン等を高い選択性ととも高感度で検出するセンシングシステムの構築を目指し、エバネッセント場を利用した蛍光増強の他、QCMやFETセンサーの適用についても検討する。ソフトリソグラフィによる大面積センサーアレイの作製法についても、その要素技術の開発をおこなう。
- ・これまで培ってきた金属錯体を用いた生体の蛍光イメージング技術について、院内感染防止のための細菌細胞のイメージング技術の開発に展開する。医療現場における細菌の簡便な検出法の確立に向けて、今年度は、蛍光錯体による細菌の可視化について検証する。
- ・生体試料の高精度な3次元顕微イメージングのために、光波面の能動的制御法を組み込んだ低コヒーレンス干渉法、およびデジタルホログラフィーを利用した定量位相法の基礎実験を行う。また、予防医療において重要となる微量検出と機能情報検出を目指して、検出感

度向上技術と代謝情報抽出技術を開発し、生体内試料中でその有効性を検証する。

- ・超伝導検出器の多画素化を図るうえで重要な極低温での多重化技術開発の第一歩として、検出信号読出用素子を設計、試作し、基礎特性を評価する。

3-(1)-② 生活安全のためのセンサを用いた見守り及び異常検出技術

【中期計画（参考）】

- ・高齢者及び被介護者の健康及び身体状態の把握や、介護者の支援を目的とし、生活の安全性の検証とリスク分析の手法を開発する。具体的には、生活における危険状態の自動検出を実現するために、人の10以上の姿勢や運動状態の識別及び運動量を推定できる技術を開発する。異常状態の自動検出率95%を目指して、生活動画、日常音環境等を分析する技術を開発する。また、医療における早期診断支援を目的とし、がん細胞の自動検出率95%を実現するために、胃生検画像を自動的に診断する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・生活安全の向上に寄与する、以下の研究開発を実施する。
 - 1) 遠隔見守りシステムにおいて、人の姿勢、運動状態の識別能力を向上させ、歩行と駆け足、転倒、立ち上がり等の状態変化を自動識別できるシステムを実現する。
 - 2) 診断精度向上のため医学的な知見を導入して病理組織画像の認識アルゴリズムを改良し、診断支援システムのプロトタイプを開発する。
 - 3) 歩行者との共存環境での安全機能を実現するため、マルチモーダル車載センサと環境センサの性能評価と融合技術の開発を行う。また、高齢者及び被介護者の身体状態の把握のために日常の生活行動を音響センサ等により抽出する手法を開発する。

3-(1)-③ 人間機能モデルによる生活安全評価技術

【中期計画（参考）】

- ・乳幼児と高齢者の傷害予防を目的に、傷害情報サーベイランス技術と実時間見守りセンシング技術を開発し、12,000件以上からなる傷害データベースとWHO国際生活機能分類に準拠した生活機能構造を作成する。データベースから生体モデルと生活機能モデルを構築する技術を開発するとともに、10件以上の製品の設計、評価及びリスクアセスメントに適用し、生活支援ロボットの設計と評価に応用する。開発技術を5か所以上の外部機関や企業が利用可能な形で提供し、運用検証する。

《平成23年度計画》

- ・子どもの安全性に配慮した製品設計支援の一環として、身体/行動特性データ、生活データ、傷害リスクアセスメント技術の開発を企業と連携して10課題程度実施

する。傷害サーベイランス技術により2,000件規模の傷害データの追加、数十件程度の虐待データを追加する。司法解剖時生体特性計測技術により、数件程度の乳幼児と数件程度の大人の生体特性データを追加する。蓄積した傷害データ、虐待データ、生体特性データに基づいて統計学的虐待診断技術と物理学的診断技術を開発する。

3-(1)-④ 消費者の情報や権利を保護するための情報セキュリティ対策技術

【中期計画（参考）】

- ・ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するため、バイオメトリクスやパスワード等の認証情報が漏えいした際にも、認証情報更新を容易にすることにより、被害を最小限に抑えることができる個人認証技術や、ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術等のプライバシー情報保護及びユーザ権限管理技術を開発する。さらに、開発した技術を、ウェブブラウザのプラグイン等の形で5つ以上実装、公開し、10以上のウェブサービス等での採用を目指す。

《平成23年度計画》

- ・これまでの研究を進展させ、安全で広範なネットワークの活用（たとえば、医療データの広範囲な利用など）を可能とする暗号技術の実現に向けた具体的方式の設計や基盤理論の構築を行う。特にクラウド環境が簡便に活用可能となる高度ネットワーク社会においても、消費者の情報や権利が十分に保護されるための、プライバシー保護、認証、著作権管理に関する要素技術の設計および理論的整備を行う。たとえば、これまでに進めてきたバイオメトリクス認証技術について、安全性理論の構築や安全性評価技術の研究なども進める。
- ・ユーザがサーバと相互に認証することで、ユーザがフィッシング詐欺を認知可能とする技術について、引き続き標準化へ向けた活動を継続し、RFC 原案の早期の議論入りを目指して必要な研究、交渉、普及活動を行う。また、本技術を用いた応用的な利用についても可能な範囲で技術的検討等を行う。
- ・ネットワーク社会において消費者の情報や権利を保護するためのプライバシー情報保護及びユーザ権限管理技術として、仮想化技術を用いてソフトウェアシステムの安全性を強化、検査するシステム、ソフトウェアの不具合による脆弱性の発現を未然に防止するシステム、その他ソフトウェア解析、検査、変換技術に関する研究開発を行う。
- ・量子暗号技術の現状と従来の暗号との整合性を整理し、現状における利用可能性の観点から情報収集、分析を行う。特に平成22年度に得られた安全な処理の困難性の知見について、物理演算エンジン等を用いて可視化、シミュレーション環境を構築する。

3-(2) 生活支援ロボットの安全の確立

【中期計画（参考）】

- ・介護及び福祉に応用する生活支援ロボットの製品化に不可欠な実環境下での安全の確立を目指して、ロボットの新しい安全基準を構築し、ロボットを安全に動作させる際に必要な基盤技術の開発を行う。また、ロボットの制御ソフトウェアの信頼性を高め、実装するための基盤技術の開発を行う。特に、ロボットのリスクマネジメント技術の開発においては、機能安全の国際規格に適合可能な安全規格を定める。

3-(2)-① ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発（IV-3-(1)-④へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度においても、ロボットのタイプ別のシミュレーションなどを通したリスクアセスメント手法の検討を行うとともに、機能安全の認証手法の検討を行い、国際標準化提案につなげる。

3-(2)-② 高信頼ロボットソフトウェア開発技術（IV-3-(1)-⑤へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度には、平成22年度に構築した高信頼ソフトウェアツールチェーンを、部門内のロボット開発で実際に評価を行い、認証可能なドキュメントの作成を行う。

III. 他国の追従を許さない先端的技術開発の推進

【中期計画（参考）】

様々な資源、環境制約問題を乗り越えて我が国の国際競争力を強化するためには、技術指向の産業変革により新産業を創出する必要がある。特に、情報通信産業の上流に位置づけられるデバイスの革新とともにデバイスを製品へと組み上げていくシステム化技術の革新が重要である。そのため、競争力強化の源泉となる先端的な材料、デバイス、システム技術の開発を行う。また、情報通信技術によって生産性の向上が期待できるサービス業の発

展に資するため、サービス生産性の向上と新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。さらに、協調や創造によるオープンイノベーションの仕組みを取り入れた研究開発を推進する。

1. 高度な情報通信社会を支えるデバイス、システム技術の開発

【中期計画（参考）】

情報通信社会の継続的な発展には、低環境負荷と高性能の両立及び新機能の実現によるデバイスの革新が必要である。このため、光、電子デバイスの高機能化、高付加価値化技術の開発を行う。また、デバイスの設計を容易にするため、計算科学を用いた材料、デバイスの機能予測技術の開発を行う。さらに、IT活用による製造及びシステム技術の高効率化や高機能化に関する技術の開発を行う。

1-(1) デバイスの高機能化と高付加価値化技術

【中期計画（参考）】

・情報通信社会の継続的な発展のために、微細化等によるデバイスの高機能追求やフレキシブル有機デバイスの開発、光通信の波長、空間の高密度化等、情報通信技術の革新に資する光、電子デバイス技術の開発を行う。また、シミュレーションにより特性を予測することで、デバイスの開発を容易にする技術の開発を行う。特に、極微細かつ低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術の開発を行う。

1-(1)-① 情報処理の高度化のための革新的電子デバイス機能の開発

【中期計画（参考）】

・ポスト CMOS 時代の極微細、低消費電力素子として期待されるスピントランジスタの実現を目指して、半導体中でのスピンの注入、制御及び検出技術を開発する。また、光ネットワーク高度化のためのスピン光機能デバイスを開発する。

CMOS 素子とは異なる原理で動作する超低消費電力演算素子の実現を目指して、金属酸化物材料と高温超伝導材料の物性解明と物性制御技術の開発を行い、材料の磁気、電気、光学特性等を電子相状態により制御するプロトタイプ素子において低消費電力スイッチング機能等を実証する。

《平成23年度計画》

・スピントランジスタの要素技術である強磁性金属から半導体へのスピン偏極電子の注入およびその検出動作を全て電氣的な手法により実現する。また、光集積回路へ応用可能な新型強磁性／半導体ハイブリッド光素子の性能を向上させ、従来素子を超える性能指数を実現する。

・鉄系や銅系などの超伝導体について、新超伝導体および良質単結晶を作製し、超伝導転移温度を決定する要因や超伝導メカニズムの解明を行う。また、第一原理計算やシミュレーションにより、電子状態のバンドパラメータや結晶構造依存性の解明を行う。また、得られた知見を元に物質設計を行い、より高い転移温度を持つ物質を探索する。

・量子状態の検出のための Nb 系ナノ SQUID を開発し、Bi 系固有接合とのハイブリッド素子の作成を行う。また Sr₂RuO₄超伝導体のエッジ状態の検出およびトポロジカルな性質の起源を解明する。

・金属酸化物をチャンネルとする電界効果デバイスについて、Ni 酸化物や電子ドープ型の Mn 酸化物などチャンネルに用いる薄膜材料の組成やエピタキシャル歪の最適化を行い、室温での電場による抵抗変調の可能性を検証する。マルチフェロイック BiFeO₃の電気分極制御を高度化するための単分域化手法を検討するとともに、磁気特性の評価を行う。レーザ加熱炉による結晶育成技術を発展させて、遷移金属酸化物等の新たな相制御材料の探索および物性解明を行う。

1-(1)-② 情報入出力機器のフレキシブル、小型化のためのデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

・小型軽量の次世代情報家電に資する柔軟性、軽量性及び耐衝撃性に優れたフレキシブルなディスプレイを開発する。そのために受発光、導電、半導体、誘電体等の光電子機能を有する新規の有機材料や無機材料を開発する。これらの材料のナノ構造制御により、非晶質シリコンよりも優れた移動度 (5cm²/Vs 以上)、on/off 比 (5桁以上)、駆動電圧 (5V 以下) で動作する有機薄膜トランジスタや受発光素子を開発する。さらに赤色領域での位相差0.25波長を有する偏光素子や回折、屈折素子等の高性能光入出力素子を開発する。

《平成23年度計画》

・平成22年度までの成果をもとに、印刷法で作製した素子を複数組み合わせるリングオシレータを作製し、動作検証を行う。

・平成22年度に引き続き、情報入出力機器の大面積、高密度、軽量化のため、強相関電子等による革新的電子材料とそのデバイス化技術の研究開発を行う。

- 1)材料開発において、相転移の機能化やプロセスの簡略化が可能な有機強誘電体、半導体材料を創製する。
- 2)デバイス化において、均質性に優れた大面積デバイスを得るためのプロセス技術を確立する。
- 3)基盤技術として、デバイス界面におけるキャリア輸送の電子論の確立と、デバイス新機能の実証を行う。

・量子ドットを分散したガラスカプセルの発光輝度をさらに向上させる技術を開発する。また、ゾルゲル法によるナノ粒子表面ガラスコートという我々独自の技

術を元に、局所電場増強効果による輝度上昇を目指して、金ナノ粒子と量子ドットを同じガラスカプセル中に分散する技術を開発する。

- ・摩擦転写法等による分子配向制御によって電荷輸送特性を向上させ、受光素子の変換効率を向上させるとともに偏光応答性のある素子を作製する。
- ・高い位相差を得るために必要なガラスの物性と微細構造を探索する。
- ・低環境負荷材料であるニオブ系鉛フリー圧電セラミックスの量産化をめざし、原料の混合、粉碎時に用いるアルコール溶媒を省略する等、コスト低減を可能にするプロセス条件を開発する。また、当該鉛フリー系圧電材料の薄膜化をすすめる。

1-(1)-③ 光通信の波長及び空間の高密度化 (I-2-(3)-③を一部再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・高精細映像等の巨大コンテンツを伝送させる光ネットワークを実現するために、既存のネットワークルータに比べてスループットあたり3桁低い消費電力でルーティングを行う光パスネットワークで伝送する技術を開発する。具体的には、ルートを切り替えるシリコンフォトニクス、ガラス導波路技術を用いた大規模光スイッチ、伝送路を最適化する技術及び光パスシステム化技術を開発する。また、1Tb/s 以上の大伝送容量化を目指して、多値位相変調や偏波多重を含む超高速光多重化のためのデバイス及び光信号処理技術を開発する。
- 情報通信の安全性に向けて、量子中継等の技術を開発し、高密度波長多重量子暗号通信デバイス、システムを開発する。

《平成23年度計画》

- ・光パスネットワークに向けて、光スイッチでは、シリコンフォトニクス光スイッチの大規模化とインテリジェント化を目指した電子回路集積を進める。また、波長選択性スイッチでは、ネットワークでの多様な要請にこたえるために、多入力化、多出力の設計を行う。システム、機器レベルでは、パラメトリック分散補償のためのモニタ技術、ノード技術の研究開発に着手する。超大容量伝送では、集積化サブバンド間遷移スイッチの高性能化を進める。
- ・オンオフ変調から4値位相変調のフォーマット変換の最適化と特性評価を行う。光信号波形測定の基盤技術となるキャリア抽出技術の方式検討を行う。
- ・波長多重量子暗号通信に用いる4波長量子もつれ光源を試作し、各波長に対して理想的状態にどれだけ近い状態かを表す指標である忠実度99%以上を実現する。

1-(1)-④ ナノ電子デバイスの特性予測と設計支援技術

【中期計画 (参考)】

- ・微細 CMOS の性能向上に用いられている機械的ひずみに代表される新構造及び新材料デバイスの構造や特性を実際の試作に先立って予測するために、計測技術を一体化させた設計ツールとするシミュレーションシステムを開発する。

《平成23年度計画》

- ・ラマン分光法を用いたシリコンの応力計測技術開発と連携してデバイス構造の応力分布を評価し、レイアウト依存性によるデバイス特性変動を正確に解析するシミュレーション技術を開発する。また、TCAD シミュレータ HyENEXSS を用い、走査トンネル顕微鏡によるキャリア分布計測をシミュレーションするシステムの開発を行う。

1-(1)-⑤ 高効率な設計とシミュレーションのための高性能計算技術

【中期計画 (参考)】

- ・電子デバイスが発揮する新機能を高速なコンピュータシミュレーションにより予測することを目的として、数千万 CPU コア時間程度の大規模計算におけるシミュレーションソフトウェア開発支援環境を開発する。この並列/分散計算環境において、アプリケーションの特性に応じて適切な資源を割当て、障害が発生しても実行を継続する、高信頼/高効率計算技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・シミュレーションのための高性能計算技術の確立のため以下の研究開発を行う。
 - 1) 数千万 CPU コア・時間程度の大規模計算を実現する高性能計算環境について、平成22年度の成果に基づいてプロトタイプ開発を進めながら外部仕様と内部仕様を策定する。
 - 2) シミュレーションソフトウェアとして Selete で開発されたプログラム ENEXSS の高速化、並列化を実施し、従来に比べて5倍の高速化を目指す。

1-(2) IT 活用によるシステムの高効率化及び高機能化

【中期計画 (参考)】

製品開発サイクルの短縮及び新たな付加価値製品の製造のため、組立作業や視覚認識における産業用ロボットの知能化を推進し、組込みシステムの高効率化と高機能化の両立を実現する。また、人の機能をシミュレーションし、その結果を製品開発にフィードバックすることで、人にとって使い易い製品設計を支援する技術を開発する。特に、セル生産のロボット化において、一部が変形する部品や配線材等の柔軟物を含む5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。

1-(2)-① 製造の省力化、高効率化のための産業用ロボット知能化技術

【中期計画（参考）】

- セル生産のロボット化を目指し、変形を含む物理シミュレーション技術、作業スキルの解析に基づく作業計画及び動作計画ソフトウェア、センサフィードバックに基づく組立動作制御ソフトウェアを開発する。代表とする組み立て工程の50%をカバーする、5種類以上のワークの組立作業を対象に開発した技術を実証する。また、工業部品の多くを占める黒色や光沢のあるワークに対しても位置姿勢検出精度が光沢のない中間色の場合と同程度の3次元視覚情報処理技術を実証する。

《平成23年度計画》

- セル生産のロボット化を目指した研究を行う。
- 1) 柔軟部を含む物体の組立作業の基礎的なシミュレーションを行う。複数の組立作業データを分析し、共通する基本動作である作業スキルを複数抽出する。その一部に基づいた組立作業計画、動作計画、動作制御法を構築する。
 - 2) 黒色や光沢のあるワーク等を対象に、輪郭特徴だけでなく面特徴等も利用し、3次元位置姿勢検出精度を向上させる技術を開発する。

1-(2)-② 組み込みシステムの最適設計技術

【中期計画（参考）】

- 情報通信機器の省エネルギー化のために、再構成可能なデバイス（FPGA等）について、しきい値可変デバイスを用いて静的消費電力を1/10程度に削減する技術を開発する。また、シリコン貫通電極を用いた3次元積層構造のFPGAについて、最適設計を行うアーキテクチャ技術と設計ツール技術を開発する。

《平成23年度計画》

- しきい値可変デバイスを用いた再構成可能デバイスについて、大規模試作チップを製造し、性能を明らかにする。また、更に大規模なチップでの性能を、設計ツールを用いて予測する。また、これまでに得られた成果の、技術移転を開始する。

1-(2)-③ 製品デザインを支援する人間機能シミュレーション技術

【中期計画（参考）】

- 人間にとってより安全で使いやすい機器を設計することを目的に、筋骨格構造を含む人体形状、運動モデルを100例以上データベース化する。また、感覚が運動を引き起こすメカニズムの計算論的モデルを心理物理実験に基づいて構築する。これらを可視化するソフトウェアとして、数千自由度の簡易モデルについては5コマ/s以上の処理速度を実現し、数万から数十万自由度の詳細モデルについては力再現誤差10%以下の精度の生成的感覚運動シミュレーションを実現する。こ

れを5件以上の共同研究を通して製品設計時の操作性及び安全性評価に応用する。

《平成23年度計画》

- 100例以上の手指運動データと接触データを計測し、統計処理に基づく次元圧縮とデータベース化により把握運動の基本分類を行う。データベースと動力学に基づく運動生成技術を開発し、代表的な5物体に対する把握運動生成を実現する。手の深部感覚から運動が引き起こされるメカニズムのモデル化に向けて、6体の示指筋骨格モデルの筋腱駆動に基づく運動生成プログラムを実装し、筋の活動レベルが深部感覚と関係する腱張力や指先運動に与える影響を再現する。これらの成果を、1社以上の共同研究を通じ、操作性評価に応用する。

1-(3) ナノエレクトロニクスのオープンイノベーションの推進（I-4-(3)を再掲）

【中期計画（参考）】

- 次世代産業の源泉であるナノエレクトロニクス技術による高付加価値デバイスの効率的、効果的な技術開発のために、つくばナノエレクトロニクス拠点を利用したオープンイノベーションを推進する。つくばナノエレクトロニクス拠点において、高性能、高機能なナノスケールの電子、光デバイスの開発を行うとともに、最先端機器共用施設の外部からの利用制度を整備することにより、産学官連携の共通プラットフォームとしての活用を行う。

1-(3)-① ナノスケールロジック、メモリデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- 極微細CMOSの電流駆動力向上やメモリの高速低電圧化、集積可能性検証を対象に、構造、材料、プロセス技術及び関連計測技術を体系的に開発する。これによって、産業界との連携を促進し、既存技術の様々な基本的限界を打破できる新技術を5つ以上、創出する。

《平成23年度計画》

- Si基板上に埋め込み絶縁層を介して形成したIII-V族半導体チャネルMISFETにおいて、素子構造、材料の最適化を進め、CMOSプラットフォームへの適用性を明らかにすると共に、集積化の可能性を検証する。
- 不揮発性抵抗スイッチ効果を示す機能性酸化薄膜を、300ミリウェーハ量産に適した手法により形成するプロセス設計を進め、300ミリウェーハレベルでのRRAMチップアレイの動作実証を行う。

1-(3)-② ナノフォトニクスデバイスの研究開発

【中期計画（参考）】

- LSIチップ間光インターコネクションにおいて10Tbps/cm²以上の情報伝送密度を実現するために、

半導体ナノ構造作成技術を用いて、微小光デバイス、光集積回路及び光、電子集積技術を開発する。また、3次元光回路を実現するために、多層光配線、電子回路との集積が可能なパッシブ及びアクティブ光デバイス、それらの実装技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・半導体ナノ構造作製技術を用いた集積回路技術および、微小光源&光増幅器技術に関して、それぞれ以下の技術を開発する。
 - 1) 光電子集積回路実現のための LD 光源実装技術の開発を実施する。
 - 2) 量子ドット面発光レーザーを試作し、レーザー発振を得る。また、光フィルタ機能付き量子ドット増幅器では隣り合う波長で10dB以上の強度差を実現する。
- ・3次元光配線可能なアモルファスシリコン光導波路およびハイブリッド光デバイスとして以下の開発を行う。
 - 1) 積層型アモルファスシリコン3次元光回路において、異なる層の光導波路間で信号光が移行するデバイス構造を電磁界シミュレーションにより設計する。設計した構造を実現するための作製プロセスフローを検討し、位置重ね合わせ加工を中心としたプロセス条件の最適化を進め、層間距離600nm以上でも信号光が移行するデバイス構造の試作を行う。
 - 2) 有機結晶 pn 接合を有した、10ミクロン級の共振器構造電流注入型デバイスを作製する。また、100V以下のEL動作を実現する。
 - 3) ファイバー形状ポリマーを利用した新たな光増幅器および共振器を開発する。

1-(3)-③ オープンイノベーションプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

- ・産業競争力強化と新産業技術創出に貢献するため、ナノエレクトロニクス等の研究開発に必要な最先端機器共用施設を整備し、産総研外部から利用可能な仕組みを整えるとともに、コンサルティングや人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を推進する。当該施設の運転経費に対して10%以上の民間資金等外部資金の導入を達成する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に引き続き、産総研ナノプロセッシング施設（AIST-NPF）を窓口とした先端機器共用イノベーションプラットフォーム（IBEC-IP）の拡充、整備を実施する。研究支援インフラを産総研内外、産学公の研究者に公開する拠点とネットワークを形成し、コンサルティングや産業科学技術人材育成等も含めた横断的かつ総合的支援制度を充実させる。より具体的には、IBEC-IP 関連規程を改訂および見える化し、産総研外部ユーザーが IBEC-IP 利用に関わる諸手続きを行いやすくする。

- ・LSI 搭載に向けたフォトリソ集積回路技術の研究開発に関して、スーパークリーンルーム設備を用いた集積プロセス基盤技術の構築に着手する。具体的には3dB/cm以下の細線導波路技術、10GHzの高速動作が可能な光変調器、光受光器技術の構築を図るとともに、これらの集積時に生じるプロセス課題を明確にし、その解決を試みる。

2. イノベーションの核となる材料とシステムの開発

【中期計画（参考）】

我が国のものづくり産業の中心である製造業の国際競争力を強化するためには、革新的な材料やシステムを創成する必要がある。そのため、材料を革新するためにナノレベルで機能発現する材料及び部材の開発と、我が国が強い競争力を有するナノカーボン材料の量産化と産業化の推進を行う。また、高付加価値化による高度部材産業の国際競争力強化にも必要なマイクロ電子機械システム（MEMS）の開発を行う。

2-(1) ナノレベルで機能発現する材料、多機能部材（I-4-(1)を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギーやグリーン・イノベーションに貢献する材料開発を通じてナノテクノロジー産業を強化するために、ナノレベルで機能発現する新規材料及び多機能部材の開発、ソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術や自己組織化技術を基にした省エネルギー型機能性部材の開発を行う。また、新規無機材料や、有機・無機材料のハイブリッド化等によってもたらされるナノ材料の開発を行う。さらに、革新的な光、電子デバイスを実現するナノ構造を開発するとともにこれらの開発を支援する高予測性シミュレーション技術の開発を行う。

2-(1)-① ソフトマテリアルを基にした省エネルギー型機能性部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・調光部材、情報機能部材、エネルギー変換部材等の省エネルギー型機能性部材への応用を目指して、光応答性分子、超分子、液晶、高分子、ゲル、コロイド等のソフトマテリアルのナノ空間と表面の機能合成技術、及びナノメートルからミリメートルに至る階層を越えた自己組織化技術を統合的に開発する。

《平成23年度計画》

- ・新たに見出したフタロシアニン系の液晶性半導体材料をベースに主として有機薄膜太陽電池をターゲットとした、塗布印刷型薄膜形成に対応し得る液晶性有機半導体の研究を行い、波長拡大と電荷輸送パス形成の観点から新たな材料合成を通じた研究を行う。また薄膜デバイス作製に必要とされる分子配向制御手法につい

でも引き続き検討を行う。

- ・スマートマテリアルの開発：前年までに開発した光応答型 CNT 分散剤について更に知見を深め、可逆的な光異性化反応を用いて再生利用可能な分散剤の開発を目指す。また、スマートマテリアルの基礎物性解明に関連して、昨年度実績に挙げた光応答性材料に加えて、新しい構造の電解質ゲル化剤や、液晶溶媒を用いた有機半導体の薄膜作製法を検討する。
- ・バイオミメティックヘテロ接合の開発：新規ナノゲルの設計と合成に取り組むとともに、ゲル内におけるバイオミネラリゼーションのメカニズムの解明、ソフト微細構造界面と流動媒体の相互作用や、界面電気現象の解明とコロイド配列配向制御によるデバイスの開発等を行う。
- ・機能界面設計技術の開発：二色 SFG 等の各種分光技術を用いて有機 EL をはじめとする有機デバイス界面のその場計測技術への展開を図り、表面や埋もれた界面における解析・評価技術の確立を目指す。
- ・ソフトマテリアルの新規プロセス並びにデバイス応用を目指して、キラル液晶が薄膜中で形成する自己組織秩序構造、及びコレステリックブルー相の高分子による安定化のメカニズムを連続体シミュレーションにより明らかにし、ソフトマテリアルの階層的自己組織化による構造形成と非平衡挙動に関する理解を理論及びシミュレーションにより深める。

2-(1)-② 高付加価値ナノ粒子製造とその応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノ粒子の製造技術や機能及び構造計測技術の高度化を図ることにより、省エネルギー電気化学応答性部材、高性能プリンタブルデバイスインク、低環境負荷表面コーティング部材、高性能ナノコンポジット部材等の高付加価値ナノ粒子応用部材を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・プルシアンブルー型錯体ナノ粒子の安定な電気化学特性を生かし、エレクトロクロミック素子の安定性向上を図ると共に、他の用途を探索する。
 - ・他の手法では作製不可能なナノ粒子あるいはサブマイクロメートル粒子をレーザーやプラズマを利用して作製する技術を確認し、その作成例と応用例を提示する。

2-(1)-③ 無機・有機ナノ材料の適材配置による多機能部材の開発

【中期計画（参考）】

- ・セラミックス、金属、ポリマー、シリコン等の異種材料の接合及び融合化と適材配置により、従来比で無機粉末量1/2、熱伝導率同等以上、耐劣化性付与の無機複合プラスチック部材、ハイブリッドセンサ部材、数 ppm の検知下限で水素、メタン、一酸化炭素等をガ

スクロマトグラフなしで一度に計測可能なマルチセンサ部材等の多機能部材を開発する。このために必要な製造基盤技術として、ナノ構造を変えることなくナノからマクロにつなぐ異種材料のマルチスケール接合及び融合化技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・低粉末量の無機複合プラスチックに熱伝導性を発現させるために、樹脂の分子配列を秩序化するナノ複合化技術を開発する。マルチセンサ部材に関しては、アレイ型マイクロデバイスに可燃性ガスを選択的に燃焼する触媒の集積化技術を開発し、水素、メタン、一酸化炭素混合ガスに対してそれぞれ10ppm、10ppm、50ppm 検知を達成する。また、有機-無機界面を利用した無機結晶の析出制御や酸化物ナノクリスタルの配置・配列と機能発現に関する基盤技術を開発し、機能発現に於ける適材配置の有効性を検討する。

2-(1)-④ ナノ構造を利用した革新的デバイス材料の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノギャップ電極間で生じる不揮発性メモリ動作を基に、ナノギャップ構造の最適化と高密度化により、既存の不揮発性メモリを凌駕する性能（速度、集積度）を実証する。また、ナノ構造に起因するエバネッセント光-伝搬光変換技術を基に、ナノ構造の最適化により、超高効率な赤色及び黄色発光ダイオード（光取出し効率80%以上）を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ナノギャップ電極によるメモリー動作に関しては透過型電子顕微鏡を用いて直接的な素子状態観察による動作機構解明とより低消費電力化を進める。発光ダイオード技術においてはリッジ形状の最適化を行うとともに、それを利用した発光ダイオードの作製を行う。平成22年度に開発した近接場光学顕微鏡用プローブを用いてリッジ構造半導体のエバネッセント光分布の評価を行う。さらに、理論的な解析を基に高効率な素子の設計を行う。

2-(1)-⑤ 材料、デバイス設計のための高予測性シミュレーション技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノスケールの現象を解明、利用することにより、新材料及び新デバイスの創製、新プロセス探索等に貢献するシミュレーション技術を開発する。このために、大規模化、高速化のみならず、電子状態、非平衡過程、自由エネルギー計算等における高精度化を達成して、シミュレーションによる予測性を高める。

《平成23年度計画》

- ・引き続き、有機物、シリコン、機能性酸化物、及び炭素系材料などを用いた新規デバイス開発の支援のため、

- 必要な計算技術及びプログラムを開発並びに整備しながら、電子状態、伝導特性、及び誘電特性などについてシミュレーション研究を進める。第一原理計算プログラム開発においては、スピン軌道相互作用/ノンコリニア磁性計算機能とワニエ軌道関連計算機能を結合し、交差相関及びスピントロニクス研究に資する。
- 燃料電池の実用化及びリチウムイオン2次電池の高容量化に向けて、金属、半導体、及び酸化物/溶媒界面の電気化学反応、高分子電解質膜内のプロトン伝導、などの解析を行う。同時に水素貯蔵材料のシミュレーション研究を行い、吸蔵特性を解析する。本年度はこれらの研究の内、特に希硫酸と Pt 電極界面において電圧を印加したシミュレーションを行い、界面構造の変化等を明らかにする。
 - 生体及び分子集合体機能の解析と予測のために必要な分子シミュレーション要素技術の開発（分子間相互作用の精密計算とそれに基づくモデリング技術、自由エネルギー評価法）を行い、化学反応機構、分子認識機構の解析、分子自己組織化構造解析及び安定性評価などを行う。今年度はこれらの研究の内、特にイオン液体電解質などの静電力が支配的な系について、その分子構造と機能の関係を明らかにする。
 - エレクトロニクス、エネルギー、バイオの3分野の研究を支えるシミュレーション基盤を多機能化する為に、シミュレーション基礎理論開発研究と大規模電子状態理論並びにプログラム開発研究（FEMTECK、FMO）を行う。シミュレーション基礎理論開発研究に関してはダイナミックプロセスを解明するための密度汎関数法によるバンド計算や動的平均場理論の開発に重点をおく。また、大規模電子状態理論並びにプログラム開発研究に関しては、次世代スパコンのための超並列化技法などの開発に注力する。さらに、平成23年度においては、光化学反応を取り扱える様な第一原理光励起物質プロセスシミュレータを新たに開発し、それを活用したレーザー励起物質創製プロセスの計算シミュレーション研究を行う。計算機上でターゲット材料創製に有効なパルスレーザー照射条件の最適化シミュレーションを計算機上で行う事ことにより、レーザー照射条件により創製される物質種や、その形状及びサイズをレーザー照射条件により制御する可能性を探索する。
 - 励起状態並びに光物性に関するシミュレーション及び理論解析技術を向上させ、材料の光機能の理論的開拓と特性解析を行う。また、プロセスに主眼を置いた材料設計手法として、高分子混合系におけるナノ粒子分散系のシミュレーションを確立させる。特に、粒子と高分子の間の相互作用等のモデル化について検討し、高分子のダイナミクスとナノ粒子のダイナミクスの相関について検討する。

2-(2) ナノチューブ、炭素系材料の量産化技術と応用 (I-4-(2)を再掲)

【中期計画（参考）】

- 部材、部品の軽量化や低消費電力デバイス等への応用が可能なナノチューブや炭素系材料の開発を行うとともに、これらの材料を産業に結び付けるために必要な技術の開発を行う。具体的には、カーボンナノチューブ（CNT）の用途開発と大量合成及び精製技術の開発を行う。また、ポストシリコンの有望な新素材であるグラフェンを用いたデバイスを実現するため、高品質グラフェンの大量合成法の開発を行う。さらに、有機ナノチューブについては、合成法の高度化と用途の開発を行う。ダイヤモンドについては、大型かつ単結晶のウエハ合成技術の開発を行う。

2-(2)-① ナノチューブ系材料の創製とその実用化及び産業化技術の開発

【中期計画（参考）】

- カーボンナノチューブ（CNT）の特性を活かした用途開発を行うとともに産業応用を実現する上で重要な低コスト大量生産技術（600g/日）や分離精製技術（金属型、半導体型ともに、分離純度：95%以上；収率：80%以上）等を開発し、キャパシタ、炭素繊維、透明導電膜、太陽電池、薄膜トランジスタ等へ応用する。また、ポストシリコンとして有望なグラフェンを用いたデバイスを目指して、高品質グラフェンの大量合成技術を開発する。さらに、有機ナノチューブ等の合成法の高度化と用途開発を行う。

《平成23年度計画》

- スーパーグロース法の実証プラントを運営し0.6kg/日の生産を実現し、用途開発企業に試料を提供する。分散しやすいCNTの合成、及びCNTとゴム、樹脂との複合化技術開発。歪みセンサーなどのデバイス開発を行う。eDIPS法で合成したSWCNTの電子デバイス実用化を目指して、デバイス特性を向上させる精密構造制御技術や印刷プロセスに基づくデバイス製造技術、金属半導体分離技術等の研究開発を行う。成膜や紡糸など革新的SWCNT材料加工プロセス確立を目指して直接SWCNT加工技術を開発する。
- 様々な種類の機能性分子からなる1次元ナノ構造体をカーボンナノチューブ内部に構築し、分光法などによる基礎物性解明をおこなう。また、それらのバイオ、エレクトロニクス応用研究をおこなう。バイオ応用では、内包物質や修飾物質をマーカーとして用いて、カーボンナノチューブ及びナノホーンの生体内での挙動を明らかにする。また、有機ナノチューブ材料をはじめとした分子組織化材料である安心かつ安全なボトムアップ型有機ナノ材料の実用化を目標に、合成法高度化並びに高機能化を実施し、異分野との融合を図りつつ用途開発を行う。

- ・1)マイクロ波プラズマ CVD によりロールツーロールでの大面積グラフェン合成法の開発を行う。
- 2)マイクロ波プラズマ CVD で合成するグラフェンで、タッチパネル用途の ITO 代替材料としての性能を発現させる。
- 3)熱 CVD による高品質グラフェンの電気特性評価を行い、電子デバイス材料としての可能性の検討を行う。
- ・単層 CNT を金属型と半導体型に高純度かつ大量に分離する技術の確立に向けて、さらなる基盤技術開発を行う。ゲルカラムを用いた分離法を改善し、直径 1.4nm 程度の CNT において、簡便な手法で半導体純度95%以上、金属純度90%以上を達成する分離条件を確立する。また、分離の前処理としての CNT の孤立分散処理において、原料スに含まれる CNT の50%以上を孤立分散液として回収する技術を開発する。また、1g/day の CNT 分離をめざして、大型のカラムを用いた分離技術開発を行う。

2-(2)-② 単結晶ダイヤモンドの合成及び応用技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・次世代パワーデバイス用ウェハ等への応用を目指して、単結晶ダイヤモンドの成長技術及び結晶欠陥評価等の技術を利用した低欠陥2インチ接合ウェハ製造技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・1)ダイヤモンド接合ウェハの接合技術の高度化（接合面の精密加工など）および1.5インチウェハを試作する。
 - 2)種基板-成長層界面から発生する欠陥の低減をはかる。

2-(3) 省エネルギー性に優れたマイクロ電子機械システム製造技術（I-5-(4)を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・産業分野の省エネルギー化や環境負荷低減に貢献するマイクロ電子機械システム（MEMS）製造技術の開発を行う。具体的には、高機能な MEMS を安価に生産するための大面積製造技術の開発を行う。また、バイオ、化学、エネルギーといった異分野の MEMS デバイスを融合及び集積化する製造技術の開発を行う。さらに、安全・安心や省エネルギー社会実現に貢献する MEMS デバイスを利用したユビキタスシステムの開発を行う。

2-(3)-① 高集積、大面積製造技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高機能で安価かつ大面積での MEMS 製造技術を開発する。具体的には、100nm より微細な3次元構造体をメートル級の大きさにわたり、低コストかつ低環境負荷でレジストや金属メッキ構造体、多結晶シリコン材

料等を用いて MEMS を量産するための基盤技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・MEMS 研究開発拠点の拡充及び整備を進める。4インチ MEMS 製造ラインと連携し導入した8インチ MEMS 製造ラインの各種装置について、プロセスレシピの整備を行い、課題解決型共同研究として MEMS ファンドリーを展開する。また、人材育成事業など研究者及び技術者への研究開発支援を行う。

2-(3)-② ユビキタス電子機械システム技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・安全・安心や省エネルギー社会に資するユビキタスマイクロシステムの実現のために、バイオ、化学、エネルギー等異分野のデバイスを融合、集積化した MEMS デバイスを製造するための技術及び低消費電力かつ低コストな MEMS コンポーネント製造技術を開発する。具体的には、数ミリメートル角以内の通信機能付きセンサチップを試作し、オフィス、クリーンルーム等の製造現場の消費エネルギーを10%削減するためのシステム技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・ナノ構造表面において界面流体効果を制御する手法を開発し、MEMS 流体デバイスに適用する。また、低消費電力イベントドリブン型無線センサ端末用の受信システムとして、多チャンネル同時受信システムを開発し、養鶏場などにおいて200端末以上からなる無線センサネットワークシステムの実証実験を実施する。100店規模の小規模店舗内各機器の消費電力を一括でモニタリングするシステムの試作を行って、その実証実験を実施する。

3. 情報通信基盤を利用したサービス生産性の向上と新サービスの創出への貢献

【中期計画（参考）】

我が国のサービス産業を活性化させるために、既存のサービスの生産性を向上させると同時に、新サービスの創出に貢献する技術の開発を行う。サービス生産性を向上させるために、サービスプラットフォームの整備、科学的手法の導入、ロボット化の推進を行う。また、複数の既存技術を融合させ、新サービス創出を目指す。

3-(1) 科学的手法に基づくサービス生産性の向上

【中期計画（参考）】

- ・科学的手法によりサービス生産性を向上させるために、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報の現場におけるセンシングと、得られた大規模実データのモデリングによる利用者行動のシミュレーションを基に、サービス設計を支援する基盤技術と導入方法論の開発を行う。また、サービス工学基盤技

術については、10以上の業種や業態において25件以上の組織へ導入することを目指し、サービスの幅広い選択を可能にする技術の開発を行う。

3-(1)-① サービス最適設計ループ構築のためのサービス工学基盤技術

【中期計画（参考）】

- ・サービス生産性向上を目的とし、サービス利用者及び提供者の行動を理解した上で、必要な情報を現場でセンシングし、得られた大規模実データをモデリングして利用者行動をシミュレーションすることで、サービス設計を支援するサービス工学基盤技術と導入方法論を開発する。再現性が検証された方法を確立し、共同研究等により、10種以上の業種や業態において25件以上の組織への開発技術の導入を図り、その一般化と普及を目指す。

《平成23年度計画》

- ・サービス設計を支援するサービス工学基盤技術として、サービス利用者や提供者の行動理解のための CCE 応用技術、行動計測や可視化、作業支援のための複合現実情報循環技術、利用者と旧利用者の大規模データに基づく行動モデリング技術、サービスプロセス設計支援、及び最適化技術を開発する。開発技術の試験導入または実導入については、平成22年度からの継続性を維持しながら、新規に4件以上の組織への導入を図る。

3-(1)-② サービスの幅広い選択を可能にする技術

【中期計画（参考）】

- ・公共性の高いサービス等が安全かつ標準的に利用できる環境の実現を目的として、利用者が自分自身で個人情報や管理でき、サービスの内容や価値に応じて複数のサービスが連携できるような標準的な技術を開発する。このサービスフレームワークの有効性を行政や医療や研究等の5種類のサービスにおいて実証する。

《平成23年度計画》

- ・サービス受容者が関連するデータを自ら作成、取得、蓄積、管理、分析するための技術を高度化するとともに、データ形式の集約的な標準化のサービスを運用しつつ改良し、サービスの自由な組み合わせとデータの統合的分析に必要なデータの正規化を行なうスクリプトを共創できるようにする。これらを合わせた公共的なサービスフレームワークに基づいて、情報システム開発、介護見守り、医療、Web 上のサービス等を支援し価値を高める方法を具現化する。

3-(2) 高度情報サービスプラットフォームの構築

【中期計画（参考）】

- ・サービス生産性を向上させるために、利用者の利便性及び生産性とサービス提供者の資源利用効率を共に高めるクラウド型プラットフォームの開発を行う。また、

スケーラブルな知識基盤を構築しうるミドルウェアの開発を行い、地球科学や生命情報科学等の E-Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証実験を行う。

3-(2)-① クラウドの適用範囲を広げるミドルウェア技術

【中期計画（参考）】

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために、個々の利用者に提供される仮想インフラに専有ハードウェアと同等の利便性を持たせ、さらに負荷に応じて再構成可能とする技術を開発する。具体的には、仮想インフラの性能保証方式、仮想インフラの資源利用状況モニタリング技術、管理組織にまたがる仮想インフラ動的再構成技術を開発する。開発された技術が10以上の複数管理組織から提供される10,000以上の資源にまで適用可能であることを示し、高精細映像配信等の応用で動作を確認する。

《平成23年度計画》

- ・クラウド型情報インフラをより広い用途に適用可能にするために以下の研究開発を行う。
 - 1)クラウド型資源について複数管理組織から提供される資源の管理ソフトウェアをオープンソースとして提供する。ネットワーク資源管理インタフェースの標準化に合わせた参照実装となるように管理システムを改良する。
 - 2)仮想インフラの性能保証方式として、ストレージ資源の利用状況の蓄積と管理を実現するための要求要件の抽出、関連技術の調査と検討を行う。また、大量データ処理の性能を確保するための MapReduce フレームワークを開発する。
 - 3)仮想インフラに占有ハードウェアと同等の利便性を持たせるため、新たに拠点内資源管理機構の設計と、VM の I/O 機構の設計およびプロトタイプ構築を行う。

3-(2)-② スケーラブルな知識基盤を構築するサービス指向ミドルウェア

【中期計画（参考）】

- ・サービスの高度化、大規模化を支えるスケーラブルな情報処理基盤の実現を目的として、データ所在の仮想化やメタデータの付与等により、分散したエクサバイト（10の18乗）級のデータを構造化できるデータ統合ミドルウェアを開発する。地球科学や生命情報科学等の E-Science 分野において10ペタバイト（10の16乗）程度のデータを対象とした実証を行う。成果普及のための国際標準を提案する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度試験公開のデータ統合およびユーザ管理システムは、利用に供しつつ改良し、10サイト程度の分散環境を対象としたソフトウェアとして完成、公開す

る。情報検索技術に基づく検索機能は、衛星画像のカタログ検索向けに完成、サービス提供する。ミドルウェアのスケラビリティの拡大に対し、数十サイト、10億レコード以上程度を対象として並列DBに基づくデータ転送の効率化と、メタデータの構造を利用した効率化の研究開発と検証を行う。平成22年度提出の標準仕様は互換性確認など改訂作業を行い、策定作業を完了する。

3-(3) サービスの省力化のためのロボット化（機械化）技術

【中期計画（参考）】

- ・ロボットの導入により、サービス産業の生産性と品質向上を目指す。また、人のQOLを向上させるために、人の生活行動や操作対象のモデル化技術、ロボットの自律移動技術やロボットによる物体の把持技術、ロボットと人とのインタラクション技術の開発を行う。特に、生活支援ロボット基盤技術として1日の人の行動様式の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術の開発を行う。

3-(3)-① QOL向上のための生活支援ロボット基盤技術

【中期計画（参考）】

- ・自律性の高い生活支援システムの社会導入に向けて、1日の人間の生活行動の50%以上、数十平方メートルの生活環境の80%以上、操作対象を30個以上記述可能な人間観察モデル化技術を開発する。高齢化社会におけるQOL向上を目指し、家庭や施設等における実用レベルの生活支援ロボットを開発する。具体的には、家庭や施設等での行動解析に基づき必要となる支援サービスを定義し、屋内のあらゆる地点で精度5cm以内の精度を有する屋内移動技術、15種類以上の日常生活用品を対象とした物体把持技術、予備知識を必要としない高齢者とのインタラクション技術等を開発する。

《平成23年度計画》

- ・人発見、姿勢検出、操作物体検出などの認識機能を高め、実環境においてデータを蓄積し、得られたデータをクラスタリングし、そのモデルを探索することにより人間の行動を予想したり、人間に親和性の高い行動を行ったりする仕組みを提案し、実証システムを構築する。音源定位においては三次元音源地図を作成する技術を確立する。実環境で人間に追従することにより人のデータを蓄積する二足歩行システムを確立する。物体操作においては発見した物体の把持操作の計画機能を実現する。
- ・実用レベルの生活支援ロボット開発のために以下を行う。

- 1) 高齢者、障害者の生活機能を分析し、ICFに基づく支援の要求をモデルベース開発に取り込むためのツールを開発する。また、生活支援ロボット評価のためのベンチマークの作成を行う。
- 2) 物体把持の観点に基づく日用品（100種類程度）の分類とモデル化を行う。また、物体の配置パターンに応じた把持戦略と把持計画の開発を行う。
- 3) インタラクションモデルの改善のため、モデルをデータに適用することで妥当性を検証するためのモデル検証ツール、および検証を逐次的に行うことができるモデル設計支援ツールを作成する。
 - ・机上に無造作に置かれた衣類を持ち上げて広げる連続動作中に観測される対象衣類の3次元形状変化をもとに、衣類の状態を頑健に推定する手法を開発する。また、対象衣類のトラッキング機能のロバスト性を向上させるとともに、ロボットの手先も同時に追跡して両者の相対的な位置関係を動的に把握する手法を開発する。

3-(3)-② サービス産業のためのロボット自律移動技術

【中期計画（参考）】

- ・サービス産業を省力化するためのロボット基盤技術を開発する。具体的には、人間と協働する搬送や清掃等のサービスロボットを安全に運用するための機能安全国際規格SILに適合可能なビジョンセンサ技術、土木や農業等の屋外移動作業システムを精度20cm以内で高精度移動制御する技術等を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・配送作業、土木作業等のBtoBサービスを対象に、以下の研究開発を行う。
- 1) 高速ビジョンによる形状センシング技術に関して、オンライン処理技術、および形状計測とテクスチャ画像の同時計測技術を開発する。
 - 2) ダイナミクス等を考慮した軌道生成・制御法により、精度40cm以内で屋外自律移動を実現するための技術を開発する。

3-(4) 技術融合による新サービスの創出

【中期計画（参考）】

- ・既存の技術を融合させることで新サービスの創出を目指す。具体的には、メディア処理とウェブでのインタラクションの融合によるコンテンツサービス、情報技術と災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等の技術を融合した地理空間情報サービス、メディア技術とロボット技術の融合による新たなサービスの創出を目指す。特に新サービス創出のためのヒューマノイド技術として、ヒューマノイドロボットによる段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km以上の歩行を実現する。

3-(4)-① メディア処理技術とインタラクショントク技術を融合したコンテンツサービス創出、利活用技術

【中期計画（参考）】

- ・コンテンツを一層身近で手軽に活用、創造できる新サービスを創出するために、ユーザによるコンテンツ利活用を促すインタラクショントク技術と、コンテンツの生成、加工、認識、理解等を可能にするメディア処理技術を高度化し、融合する。具体的には、ユーザを対象とした実証実験等を通じて、コンテンツの検索、推薦、鑑賞及び制作、エンタテインメント、ユーザインターフェース等に関する融合技術を開発し、新サービスを3種以上創出する。

《平成23年度計画》

- ・新サービス創出に向けてインタラクショントク技術とメディア処理技術を活用した研究開発を行う。
 - 1) ユーザ貢献増幅型 Web コンテンツ活用技術に関して、Web サービス「PodCastle」「VOISER」「Songle」等の実証実験を通じて得られる改善点を検討し、ユーザの利用と貢献の活用を促す機能改良をする。
 - 2) 音楽情報処理技術に関して、混合音をよりの確に扱える処理等を実現することで音楽音響信号理解及び歌声情報処理等を高度化する。
 - 3) より豊かなユーザ体験を実現するインタフェースと、より高度なコンテンツ利用を可能にする信号処理及び機械学習に関する融合技術を開発する。

3-(4)-② 地理空間情報の高度利用技術と新サービス創出

【中期計画（参考）】

- ・地理空間情報の新サービスを創出するため、多種多様な地理空間データへの統一的アクセスサービス等の基本サービス群を開発し、整備する。さらに応用システムの構築を容易にするための再利用可能なミドルウェアを開発し、提供する。これらにより、災害軽減、危機管理、環境保全、資源探査等に関する応用システムを4件以上構築し、実証実験を実施する。

《平成23年度計画》

- ・画像サイズに依存せず一定の時間で画像配信を実現する高速 WMS 配信システムの研究開発を行なう。また、地殻変動モニタリングシステム、地震動マップ即時推定システム（QuiQuake）、衛星画像、現地観測統合システム（SFI）については、基本部の改良、機能強化を行う。また、土地被覆、標高の検証システム（SDCP）の公開版を作成する。海上風況把握システムの開発に着手する。

3-(4)-③ 新サービスの創出のためのヒューマノイド基盤技術

【中期計画（参考）】

- ・ヒューマノイド技術を活用した新サービスの創出を目的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒューマノイド基盤技術を開発する。具体的には、全身動作、表情及び音声を統合した振舞の生成、段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km 以上の歩行、簡易な指示による未知環境の移動や簡易作業、高齢者等の人動作の模擬等を実現する技術を開発する。

的として、メディア技術との融合によりコンテンツ産業を支援するロボットサービス、人動作解析技術等との融合による人動作模擬サービス等を創出するヒューマノイド基盤技術を開発する。具体的には、全身動作、表情及び音声を統合した振舞の生成、段差1cm、傾斜2度以上の凹凸のある床面の平均時速3km 以上の歩行、簡易な指示による未知環境の移動や簡易作業、高齢者等の人動作の模擬等を実現する技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・振舞作成インタフェースの高度化を図り、コンテンツ産業を支援するロボットサービスの可能性を探索する。段差1cm、斜度2度以上の不整地路面を平均時速1.5km 以上で歩行が可能な歩行技術を開発する。簡易な指示による未知環境の移動実現のため、広視野能動視覚による歩行経路周辺の10cm 角程度のボクセル地図生成技術等を実現する。環境変化に適応する動作計画手法を、全身による簡易作業実行に適用する。人動作を模擬した爪先および踵での接地と膝伸展を含む動作を実現する手法を開発する。

3-(5) 情報基盤における安全性や信頼性の確立

【中期計画（参考）】

- ・情報システム製品のセキュリティ評価技術を確立するために、情報システムにおける事故を未然に防ぐとともに事故が起きても被害の拡大を防ぐセキュリティ対策技術、情報基盤自体を高信頼なものにするための検証法や開発支援ツール及び情報基盤の安全性評価に関する技術の開発を行う。特に、情報システムの高信頼、高安全及び高可用化技術において、基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対するテストケース自動生成技術の開発を行う。

3-(5)-① 情報システム製品のセキュリティ評価技術（IV-3-(1)-⑥へ再掲）

【中期計画（参考）】

- ・IC カードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

《平成23年度計画》

- ・新規開発したボード上で、電磁波解析、電力解析攻撃実験や、偽造防止技術の有効性検証を行う。半導体プロセスを用いたマイクロプローブを開発し、情報漏えい検出、LSI の偽造検出、故障解析技術等の開発を行う。FPGA の機能を動作中に書き換える動的再構成技術の研究を進め、悪意のあるハードウェアの混入防

止技術等も開発する。暗号モジュールのサイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドラインを確立し、また試験環境を構築する。PUF 回路の固有情報量の評価にバイオメトリクスの指標を導入し、個体識別能力の改善を行う。

- 実用的暗号ライブラリを形式的に検証するため、C 言語プログラムなどの実装の検証に必要な仕組みを引き続き整備するほか、暗号通信アプリケーションプロトコルの仕様書を元に形式化を行い、その記述を定理証明支援器上に作成し件書に用いる手法についても研究を行う。また、実装ソースコードの解析が困難な基幹ソフトウェアの検査、分析のため、形式化仕様を元にソフトウェアの適合性検査を自動化、効率化する仕組みについても研究を行う。
- 量子暗号技術の現状と従来の暗号との整合性を整理し、現状における利用可能性の観点から情報収集、分析を行う。特に平成22年度に得られた安全な処理の困難性の知見について、物理演算エンジン等を用いて可視化、シミュレーション環境を構築する。また、コロモゴロフ複雑性を用いた安全性証明の定式化について、誤り訂正処理等を含めたより完全な形での検証に向けた研究を進める。

3-(5)-② 情報システムの高信頼、高安全、高可用化技術 (IV-3-(1)-⑦へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- 情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

《平成23年度計画》

- 組込みネットワークの研究において、テスト自動生成のためのモデル記述言語 SENS (Simple Specification Language for Embedded Network Systems) の設計と評価用処理系の実装と評価を行う。開発したツールや要素技術を発展させて、設計プロセスと評価プロセスの自然な融合を実現するための検証フレームワークを実現する。ディペンダビリティ概念規格、ディペンダビリティの概念にもとづいた開発のためのガイダンス規格の策定作業を行う。
- ソフトウェアエンジニアリングツールチェーンの研究開発では、システムのライフサイクルを支援するツールチェーンを、オープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、PBL 演習に提供する。平成23年度は筑波大学大学院 (日本経団連の高度情報通信

人材育成への取り組みの指定校) の演習「PBL 型システム開発」が必要とするツールを、ソフトウェアエンジニアリングの基本に則って開発し公開する。また同演習の実施内容に応じて、ツールチェーンのアルファ版の設計の見直しと詳細化を行い、公開する。

IV. イノベーションの実現を支える計測技術の開発、評価基盤の整備

【中期計画 (参考)】

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

1. 技術革新、生産性向上及び産業の安全基盤の確立のための計測基盤技術

【中期計画 (参考)】

先端的な技術開発を支援するために必要となる分解能、応答性に優れた材料計測、解析、評価技術及び安全の基盤として必要な構造物診断技術等の計測、解析、評価技術の開発を行う。また、それらの産業界への普及と標準化を行う。さらに、製品の品質と生産性を高めるうえで重要な、生産現場で発生する計測にかかわる技術の開発を行うとともに、開発した計測、解析、評価技術を統合し、現場に直接適用可能な計測ソリューションの提供を行う。

1-(1) 産業や社会に発展をもたらす先端計測技術、解析技術及び評価基盤技術

【中期計画 (参考)】

- 産業や社会に発展をもたらす先端的な技術開発を支援する計測、解析、評価技術の開発を行う。具体的には、有機材料、生体関連物質における分子レベルの評価に必要な計測技術の開発を行う。また、ナノレベルからマクロレベルにわたり俯瞰的に材料の構造と機能を評価できるナノ材料プロセス計測及び解析技術の開発を行う。さらに、安全性及び信頼性評価における基盤技術として必要な、構造物診断を可能にする計測、解析及び評価基盤技術の開発を行う。これらの成果を、技術移転等を通じて産業界に普及させる。

1-(1)-① 有機・生体関連ナノ物質の状態計測技術の開発

【中期計画 (参考)】

- 社会的に関心の高い有機又は生体関連物質等ナノ物質を評価するために、飛行時間型質量分析法による分子

量測定、円二色性不斉分子の分析等による分子構造解析、分子イメージング等の計測技術を開発し、8件以上の技術移転を実施する。

《平成23年度計画》

- ・生体関連ナノ物質計測において以下の開発を行う。
- 1) 分子量を一意に決定する超伝導分子検出器の時間精度1ナノ秒以下、検出面積2mm以上を達成する。
- 2) タンパク質、糖の異性体識別のために、放射光を使わないで波長140nm以下の真空紫外円偏光発生が可能な小型光源を開発する。
- 3) CNTの生体内分布計測用フッ素標識プローブを2種類以上合成する。また、動物試験用CNT分散液を開発する。
- 4) 肺中ナノ粒子の透過電子顕微鏡イメージングにおいて、炎症などの生体反応の観察法を確立する。

1-(1)-② ナノ材料プロセスにおける構造及び機能計測並びにその統合的な解析技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・ナノ材料・デバイスの広範なスケールにおける構造及び機能に関する計測技術の開発及び多変量解析等の情報の統合的な解析技術を開発する。サブナノメートルからミリメートルオーダーの機器分析情報の中から、二つ以上のスケールの情報を統合し構造と機能の関係の定量化技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・ナノ材料、デバイスの構造、機能に関する計測および解析技術として以下の研究に取り組む。
 - 1) レーザー過渡吸収分光法を駆使した光機能ナノ材料、デバイスにおける機能発現および材料劣化機構に関する評価手法開発。
 - 2) 光電子顕微鏡分析における試料励起光源最適化による無機粒子分散材料の評価技術開発。
 - 3) 陽電子マイクロビームによるナノ材料の原子～ナノ空隙の空間マッピング技術開発。
 - 4) 塩基性プローブ分子による界面領域の酸触媒機能評価のための固体NMR測定技術開発。
 - 5) 各種マップ情報の特徴を抽出する空間相関解析手法の開発。

1-(1)-③ インフラ診断技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・構造物安全性確保に資する迅速かつ高精度、可搬性に優れた健全性評価システムを開発する。超音波探傷装置や可搬型X線検査装置を活用して構造物中におけるサブミリメートルサイズの欠陥情報のその場可視化技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・開発されたシステムの実効性検証のため、下記の研究を行う。

- 1) コンパクトAE検出システムによる材料微視破壊モニタリング試験を行う。1mm以下の亀裂の超音波伝搬画像処理による自動検出技術の開発を行う。
- 2) 乾電池駆動X線源で200keV以上の高エネルギーX線の発生を実現するとともに、可搬型のX線透過像3次元画像解析システムの開発を行う。
- 3) 金属の溶接箇所や曲げ部分など、残留応力ひずみのある部位に光子誘起陽電子消滅法を適用し、材料の健全性に関する情報を可視化する。

1-(1)-④ 蓄電池構成材料の評価及び解析技術の開発
(I-2-(1)-①を一部再掲)

【中期計画（参考）】

- ・新規の蓄電池構成材料の開発を加速するため、材料を共通的に評価、解析する技術を開発する。
- 《平成23年度計画》
- ・電池標準構成モデルとして、正極活物質2種類、負極活物質2種類の少なくとも4種類を策定するとともに、電極に関わる材料については、相対評価を可能とする電極製造条件の探索・検討を継続する。これらから、評価基準書を案出し、相対的な評価が可能となる基盤の構築を行う。

1-(2) 先端計測技術及び分析機器の開発

【中期計画（参考）】

- ・新産業創出を先導するために必要な、先端計測及び分析機器に関する技術開発を行う。具体的には量子ビーム、イオンビームの分析、診断への応用技術、電子顕微鏡の高分解能化と多機能化技術、デバイス、システム評価を可能にする複合計測技術等の開発を行う。また、開発した装置の産業界への普及を促進するとともに、標準化を行う。

1-(2)-① 材料評価のための先端計測及び分析機器開発

【中期計画（参考）】

- ・ボジトロンや超伝導検出器等の量子ビーム、イオンビーム等の材料及び生体の検出、分析及び診断機器への応用を実証するとともに標準化を行う。6件以上の装置公開利用、8件以上の技術移転を実施する。
- 《平成23年度計画》
- ・先端計測および分析機器の開発と装置利用公開を目的として下記の研究を行う。
 - 1) 蛍光収量X線吸収分光システムにおいて検出器構造や信号処理系を最適化し、装置を公開する。
 - 2) 巨大クラスターイオンをビーム化（電流値>10nA）し、有機材料等の二次イオン質量分析（SIMS）に応用し、その性能を実証する。
 - 3) 新設の陽電子ビームを短パルス化、マイクロビーム化する。開発中の陽電子発生用電子加速器でビームを加

速を実現する。

- 4) LCS-X 線の平均輝度を高め高精細な X 線画像を取得する。テラヘルツ波の物質透過特性の基礎データを蓄積する。

1-(2)-② 超高感度、高分解能透過電子顕微鏡の研究開発

【中期計画（参考）】

- ・単分子・単原子レベルでの計測及び分析技術を確立するために電子顕微鏡のさらなる高分解能化及び高感度化技術を開発する。このために、電子光学系の高度化、検出器の高効率化、装置環境の高安定化等の要素技術開発に加え、用途に応じた電子顕微鏡の多機能化を行う。これにより、現在、電子線波長の25倍程度でしかない空間分解能を、世界最高となる電子線波長の17倍程度にまで向上することを目指す。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度は、色収差係数を飛躍的に減少させる新しい色収差補正機構の開発に着手する。具体的には、現状で1mm 程度である結像系レンズの色収差係数を0.05mm 以下にまで減少させる。これにより軽元素物質の高分解能及び高感度観察技術の向上を狙うと同時に、カーボンナノ材料の欠陥特性の解析に応用する。

1-(2)-③ デバイス、システム評価のための先端計測機器の開発

【中期計画（参考）】

- ・スピントロニクスデバイスにおけるナノ領域のスピン方向を3次元解析できるナノスピン計測技術を開発する。

高速トランジスタとして期待されるナノカーボンの電気的特性のナノサイズ領域の電荷分布測定を行なえるプローブ顕微鏡技術を開発する。

電圧及び抵抗標準を生産現場に導入でき、校正コストの削減を可能とする小型、低コスト、低消費電力の直流電圧標準システムと集積回路チップ化された電流比較器を開発する。

スーパーハイビジョン時代の大容量位相多値光通信や材料の加工、改質の実現のために、サブフェムト秒の時間分解能を有する光測定技術を開発する。そのためにタイミングと絶対位相が100アト（10の-16乗）秒以下に同期された多波長極短パルスレーザーを開発する。

《平成23年度計画》

- ・デバイスを構成するスピントロニクス極薄膜の評価を可能とするため、低エネルギー粒子線を用いた分析前処理技術を開発する。
- ・微細加工によって形成されたナノサイズグラフェンの幾何形状が、その電気特性にどのような影響を及ぼすかについて、これまで検討を重ねてきたプローブ顕微

鏡技術によって測定する。また、産総研内外の理論グループと協力し、測定結果の定量化について検討する

- ・19インチサイズの計測ラックに収容可能なジョセフソン電圧標準用制御システムを開発するとともに、同システムへの搭載可能な、12K で動作し、0.5mA 以上の電流マージンを有するジョセフソン素子アレーを開発する。集積型電流比較器を実装するチップキャリアを設計改良し、電流比較誤差を低減する。
- ・位相多値光通信における計測に向けて、ファイバー増幅において発生するパルス揺らぎの計測の技術を開発する。また、加工、改質に関わる高光強度過程としての光電子放出を利用した計測技術を開発し、サブフェムト秒時間分解での光電界計測実験を行う。多波長極短パルスレーザーについては、2波長の同時パラメトリック増幅の技術を開発し、0.1マイクロジュールの出力を目標とする。

1-(3) 生産性向上をもたらす計測ソリューションの開発と提供

【中期計画（参考）】

- ・製品の品質と生産性を高める上で必要となる欠陥や異常検出技術、高圧下等の測定が困難な条件下における計測技術、微量試料での精密化学分析技術等の生産計測技術の開発を行う。開発した計測、解析及び評価技術を統合し、新たな検査方法の確立等、生産現場へ直接適用可能な計測ソリューションとして提供する。様々な生産現場の課題解決に取り組み、8件以上のソリューションを提供する。

1-(3)-① 生産現場計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・エレクトロニクス産業等の生産現場で求められている製品の各種欠陥や異常等の検出、発生防止、及び生産の高効率化を目指した、実用的なソリューションを開発し提供する。10件以上の生産現場の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

《平成23年度計画》

- ・半導体および電子素材産業等の生産現場から抽出された課題解決のために、下記の課題に取り組む。

- 1) シリコンウエハ検査装置については、企業と共同して生産現場（クリーンルーム）での詳細な評価と実用機としての総合的な調整を実施し、本格的な実用化を目指す。
- 2) 地場の中小企業等から要望されている半導体外観検査の実用化については、企業等との共同開発プロジェクト等を通じた検査装置開発に取り組む。
- 3) 携帯電話等に使用されているフレキシブルプリント回路基板（FPC）の外観検査については、生産現場での使用に適合した実用的な検査装置の開発と実証試験に企業との共同で取り組む。

- ・半導体生産ラインの共通課題である異常放電、発塵の機構解明とソリューション提供のために計測技術を駆使するとともに、デバイスメーカ、材料メーカ、装置部品メーカ、他チームとの連携により、高機能ウエハステージ、導電性プラズマ耐性材料を開発し、異常放電、発塵の抑制、防止に効果があることを実証する。

1-(3)-② 測定が困難な条件に適用可能な力学計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・測定が困難な条件下における広帯域圧力振動計測技術、応力可視化技術を開発し、産業や社会の現場に適用可能なソリューションとして提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、3件以上のソリューションを提供する。

《平成23年度計画》

- ・圧電体薄膜を用いた耐熱圧力振動計測技術の向上を目指す。平成23年度は、ドライエッチング装置内のウエハステージ裏面にセンサを設置し、プラズマ異常放電の検出に対して、センサ構造の最適化および検出感度などの基本性能の評価などを詳細に行う。また、圧力センサの高温用加速度センサとしての実用化の可能性も検討する。さらに、多元同時スパッタリング法や化学溶液法を用いて、耐熱性に優れ、高い圧電性を示す新しい複合化合物圧電体薄膜の探索および作製技術の確立に向けた研究開発を引き続き行う。
- ・明環境で計測可能な高効率応力発光体の開発と発光機構解明を更に進める。理論、数値計算、他の実験手法の結果との比較検証を行い、異常検出システムと応力記録システムの高度化を図り、その有用性の実証を行う。また、開発された自動化システムを活かして、種々の条件下における応答性についてデータの蓄積を進め、引き続き発光データから応力診断できるようデータベースの充実を図る。

1-(3)-③ 微量、迅速、精密化学計測技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・マイクロ空間化学技術等を用いた分析、計測及び解析技術を開発し、バイオ、化学、素材関連産業分野におけるソリューションを提供する。5件以上の産業や社会の課題解決に取り組み、2件以上のソリューションを提供する。

《平成23年度計画》

- ・食品、薬品生産現場でのオンサイト計測技術開発に関しては、オンチップで測定対象物質を分離、抽出する検体の前処理技術と細胞診断に向けた生細胞、死細胞を分離する細胞分離技術を用いて、牛受精卵等の細胞分別チップへの展開を図る。ナノ材料計測技術開発に関しては、高輝度 LED 用蛍光ナノ粒子の最適製造条件探索システムを完成する。

2. 知的基盤としてのデータベースの構築と活用

【中期計画（参考）】

標準化の推進、地質情報等の有効利用、災害事例の共有、ものづくり支援等のために、信頼性（評価方法、不確かさ、出典等）を明示した各種データベースを構築、整備する。構築したデータベースは、上記に関わる知的基盤として、更新を保証しつつ継続的に社会に提供する。

2-(1) 標準化を支援するデータベース

【中期計画（参考）】

- ・基準認証活動を進めるにあたり、関係者が共有すべき定量的情報をデータベースとして整備し提供する。具体的には国家計量標準にトレーサブルで、不確かさが評価されている等、信頼性が明示された物質のスペクトル、熱物性等のデータを拡充し継続的に提供する。

2-(1)-① スペクトルデータベースの整備

【中期計画（参考）】

- ・有機化合物等のスペクトルデータを測定するとともに解析及び評価を行い、検証されたデータ5,000件を新たに収録し公開する。

《平成23年度計画》

- ・有機化合物の H-1核と C-13核の核磁気共鳴、赤外分光ならび質量スペクトルデータを測定するとともに解析・評価を行い、検証されたデータ合計1,000件以上を新たに収録し公開する。

2-(1)-② 熱物性を中心とした材料計量データベースの整備

【中期計画（参考）】

- ・材料の熱物性及び関連物性について、不確かさ評価等により信頼性の保証されたデータセット100組以上を新たに収録し継続的かつ安定的に提供する。

《平成23年度計画》

- ・固体材料について、不確かさが評価された15組以上の熱物性データセットをデータベースに収録し、公開する。

2-(2) 資源等の有効利用を支援するデータベース

【中期計画（参考）】

- ・地質情報等と衛星画像情報等を統合化したデータベースを整備し、資源等の有効利用を支援するために利用しやすい形で社会に提供する。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の高度化対応を行う。

2-(2)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備（別表2-1-(3)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。

《平成23年度計画》

- ・利用しやすい形、かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。
- 1) ASTER および PALSAR に対する地上サイトを用いた校正と検証、および、その画像補正にかかる研究開発を継続する。
 - 2) ASTER のデータベースでは全量生データ (180TB) を蓄積の上に、平成23年度はさらに約15TB の生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは、撮像直後データの即時転送機能の開発を行う。
 - 3) 次期センサに対しては、その特殊性を考慮した校正、補正および地上系システム (主にデータベース) の研究開発を継続する。
- ・整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベースシステム作成ための研究開発を行う。
- 1) 天然色全球マップ作成のための研究開発を継続し、アフリカ北部、モンゴル近傍および東南アジア地域の高品質マップを作成する。
 - 2) 全球都市マップ作成のための研究開発を継続し、全球都市マップを試作する。
 - 3) 平成22年度までに開発した地理情報管理のためのシステムの利用実証を行い、その改良を進める。
- ・露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、これまでの実地試験を元にして、地質図幅調査等に活用できる取得手法を確立する。

2-(3) 社会の持続的な発展を支援するデータベース

【中期計画 (参考)】

- ・持続可能で安全・安心な社会の構築に必要な、環境・エネルギー、災害事例、ものづくり支援等に関するデータを集積し、技術基盤情報としてそれらを出典やデータ選択及び評価の基準とともに公開し、社会に継続的に提供する。
- ### 2-(3)-① 環境・エネルギー技術を支えるデータベースの整備
- 【中期計画 (参考)】
- ・環境負荷低減、低炭素社会に資する超臨界流体等の環境・エネルギー技術の基盤となる情報を整備し、社会に提供する。超臨界流体データベースには3,500件

(特許2,000件、文献1,500件) のデータを提供する。
《平成23年度計画》

- ・平成22年度に引き続き、超臨界流体利用技術に関係した新たな特許出願および論文等の文献データをデータベースに追加し、技術の基盤情報の充実を図る。

2-(3)-② 社会の安全・安心を支えるデータベースの整備

【中期計画 (参考)】

- ・災害事例、医療応用技術等、国民の安全・安心に係る技術上の情報を整備し、社会に提供する。災害事例データベースには約1,250件の新規事故事例、約25件の新規事故詳細分析事例、約100件の過去の重大事故詳細分析事例を登録する。

《平成23年度計画》

- ・平成22年度に引き続き、平成23年度も国民の安全や安心に係る技術上の情報として、災害事例データベースの一つであるリレーショナル化学災害データベースに、約250件の新規事故事例、約5件の新規事故詳細分析事例、約20件の過去の重大事故詳細分析事例を登録し、インターネット上で公開し、社会に提供する。

2-(3)-③ ものづくりを支えるデータベースの整備

【中期計画 (参考)】

- ・材料特性、人体特性等、産業技術開発力を支える基盤的な情報を整備し、社会に提供する。
- 人体寸法、形状データベースには独自データを500以上拡充するとともに海外の企業、研究機関等からもデータを求め (欧米3ヶ国以上、新興産業国3ヶ国以上)、広範な地域の人体寸法にアクセスできる情報ハブを構築する。
- セラミックカラーデータベースには2,500件のデータを登録する。
- 固体 NMR データベースには450件 (スペクトルデータ300件、パラメータデータ150件) のデータを登録する。

《平成23年度計画》

- ・人体寸法/形状データベースに新たに100人以上の独自データを追加する。メキシコの研究機関から足部の寸法/形状データを取得し、データを電子的に記載した書類 (PDF か Web) を整備する。
- ・セラミックカラーデータベースに500件の新規データを登録する。
- ・固体 NMR データベースには150件 (スペクトルデータ100件、パラメータデータ50件) のデータを登録する。

3. 基準認証技術の開発と標準化

【中期計画 (参考)】

新たに生み出された素材、製品、サービス等の認証に

必要な技術の開発を行い、普及させる。具体的には、性能、安全性を客観的に評価し、新市場の開拓や適正な商取引に必要な試験技術の開発、実証及び標準化と、それに伴う認定技術の民間移転を、産業界、認証機関等との密接な協力のもとに実施する。

3-(1) 適合性評価技術

【中期計画（参考）】

- ・試験技術の開発、実証、標準化において、特に安全性や性能にかかわる評価技術、及び製品規格への適合性を判定するための評価技術は、中立性及び公平性の面から民間のみで開発することが困難であることを考慮し、認証において必要となる適合性評価技術の開発を行う。同時に民間移転を推進する。

3-(1)-① 物質の分析・評価技術の開発と標準化

【中期計画（参考）】

- ・物質の分析及び特性評価を超高温環境下等、実際の測定環境に適用するため、必要となる光温度計による計測技術等を開発し、その標準化を行う。得られた技術の普及を図るために4件の JIS 化を目指す。

《平成23年度計画》

- ・物質の分析・特性評価に必要な計測技術の研究及び標準化を行う。
- 1) 超高温熱膨張計測装置を改良し、非接触法測定と測定精度の向上を実現する。
 - 2) マグネシウム地金、合金中酸素の分析の新業務項目（NWIP）を ISO 専門委員会に提案し、ジルコニア中イットリア分析の ISO 素案を国内委員会で審議する。
 - 3) 内部標準試料への適用のため、溶媒中の極安定ラジカルの挙動を解明する。
 - 4) AFM プローブ特性計測法の作業原案（WD）を ISO 委員会原案（CD）にする。シリコン系 AFM 探針形状特性評価用試料の作製技術を確立する。

3-(1)-② 太陽光発電の共通基盤技術の開発及び標準化（I-1-(1)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・太陽光発電システム普及のための基盤となる基準セル校正技術、高精度性能評価技術、屋外性能評価技術、信頼性評価技術、システム評価技術、システム故障診断技術等を開発し、それらを産業界に供給する。性能評価の繰り返し精度を1%以下に向上させる。国内企業の国際競争力の向上に資するため、国際的な研究機関や企業と協調、連携し、IEC 等の国際規格や JIS 等の国内規格、工業標準の提案、策定、審議に参画する。

《平成23年度計画》

- ・一次及び二次基準セル、基準モジュールの校正技術、

新型太陽電池評価技術の確立に向けた取り組みを引き続き推進する。米国、欧州およびアジア地域の研究機関との国際比較測定等の連携による国際整合性を推進する。太陽電池長期信頼性研究を加速推進する。関連する JIS ならびに IEC 規格の策定に引き続き貢献する。

3-(1)-③ 日常生活における人間の生理、心理及び行動の統合的計測と健康生活への応用技術開発とその国際標準化（II-2-(1)-②を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・日常生活における高齢者、障害者、健常者等の人間の生理、心理及び行動情報を計測し、健康及び安全状態を時系列で定量的に評価する技術を開発する。低視力者、聴覚障害者や高齢者を対象にデータの蓄積を行い、新たに5件程度の ISO 提案を目指した標準化活動を行う。

《平成23年度計画》

- ・ロービジョン者のための適正照度に関する心理行動計測を行い、標準化提案をめざす。高齢者の聴覚特性およびそれを考慮した公共空間等の音声アナウンスの ISO 規格案、各1件については、次の段階である CD（委員会原案）投票に向けて国際審議を進める。公共空間の音案内に関しては、視覚障害者の聴覚情報利用に関する心理行動計測を行い、JIS 原案作成及び国際標準化提案を行う。
- ・平成22年度に設置された映像の生体安全性に関するワーキンググループ（ISO/TC 159/SC 4/WG 12）において、映像酔いおよび立体映像による視覚疲労に関する国際文書の審議を開始する。また、これらの基盤となる科学的知見を整理するための技術報告書の審議を CIE（国際照明委員会）において開始する。
- ・日常生活における基本的タスクのダイヤモンドを行動や周囲環境に関する観測量から推定する手法を構築する。特に環境からの変動性入力に対する人間の動的な調節能力のモデル化を通してタスクの動的特徴付けを行うことによりダイヤモンドの推定を試みる。

3-(1)-④ ロボットの安全性評価のためのリスクマネジメント技術の開発（II-3-(2)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- ・機能安全の国際規格に適合可能なロボットの安全規格を定めるため、ロボットの安全性を試験、評価するための技術を開発する。ロボットの安全技術としてのセンサ技術、制御技術、インターフェース技術、ロボットの安全性を検証するためのリスクアセスメント技術を開発する。

《平成23年度計画》

- ・平成23年度においても、ロボットのタイプ別のシミュレーションなどを通じたリスクアセスメント手法の検

討を行うとともに、機能安全の認証手法の検討を行い、国際標準化提案につなげる。

3-(1)-⑤ 高信頼ロボットソフトウェア開発技術（Ⅱ-3-(2)-②を再掲）

【中期計画（参考）】

- 機能安全の国際規格に適合可能な安全なロボットを実現するため、高信頼なロボットソフトウェアを設計、実装する技術を開発する。このため、ロボットソフトウェアのリスクアセスメント、システム設計、開発、評価を一貫して行うことのできる技術を開発する。

《平成23年度計画》

- 平成23年度には、平成22年度に構築した高信頼ソフトウェアツールチェーンを、部門内のロボット開発で実際に評価を行い、認証可能なドキュメントの作成を行う。

3-(1)-⑥ 情報システム製品のセキュリティ評価技術（Ⅲ-3-(5)-①を再掲）

【中期計画（参考）】

- IC カードに代表されるハードウェアや基幹ソフトウェア等、情報システムの中核をなす製品の脆弱性分析や安全性評価に関して、現行の制度、標準や新たな評価制度を見据えた技術を開発する。また、当該技術等について、我が国の電子政府推奨暗号評価等での活用を実現する。さらに、それらの技術等を実システムに組み込み可能な暗号ライブラリに適用し、安全性検証済みライブラリとして公開する。

《平成23年度計画》

- 新規開発したボード上で、電磁波解析、電力解析攻撃実験や、偽造防止技術の有効性検証を行う。半導体プロセスを用いたマイクロプローブを開発し、情報漏えい検出、LSI の偽造検出、故障解析技術等の開発を行う。FPGA の機能を動作中に書き換える動的再構成技術の研究を進め、悪意のあるハードウェアの混入防止技術等も開発する。暗号モジュールのサイドチャネル攻撃に対する安全性評価ガイドラインを確立し、また試験環境を構築する。PUF 回路の固有情報量の評価にバイオメトリクスの指標を導入し、個体識別能力の改善を行う。
- 実用的暗号ライブラリを形式的に検証するため、C 言語プログラムなどの実装の検証に必要な仕組みを引き続き整備するほか、暗号通信アプリケーションプロトコルの仕様書を元に形式化を行い、その記述を定理証明支援器上に作成し件書に用いる手法についても研究を行う。また、実装ソースコードの解析が困難な基幹ソフトウェアの検査、分析のため、形式化仕様を元にソフトウェアの適合性検査を自動化、効率化する仕組みについても研究を行う。
- 量子暗号技術の現状と従来の暗号との整合性を整理し、

現状における利用可能性の観点から情報収集、分析を行う。特に平成22年度に得られた安全な処理の困難性の知見について、物理演算エンジン等を用いて可視化、シミュレーション環境を構築する。また、コロモゴロフ複雑性を用いた安全性証明の定式化について、誤り訂正処理等を含めたより完全な形での検証に向けた研究を進める。

3-(1)-⑦ 情報システムの高信頼、高安全、高可用性技術（Ⅲ-3-(5)-②を再掲）

【中期計画（参考）】

- 情報システムの形式モデルベーステストによるケース自動生成技術を開発してシミュレーション技術への統合を図り、実社会の基盤情報システムの大半を占める1兆状態以上のシステムに対して、技術の有効性を検証する。さらにシステムの設計、開発、試用、改変、譲渡、廃棄までのライフサイクルの各場面で適用すべきテストや検証法のガイドラインを策定し、評価技術を開発する。また、設計と開発を中心にシステムのライフサイクルを支援するツールチェーンを開発する。

《平成23年度計画》

- 組み込みネットワークの研究において、テスト自動生成のためのモデル記述言語 SENS (Simple Specification Language for Embedded Network Systems) の設計と評価用処理系の実装と評価を行う。開発したツールや要素技術を発展させて、設計プロセスと評価プロセスの自然な融合を実現するための検証フレームワークを実現する。ディペンダビリティ概念規格、ディペンダビリティの概念にもとづいた開発のためのガイダンス規格の策定作業を行う。
- ソフトウェアエンジニアリングツールチェーンの研究開発では、システムのライフサイクルを支援するツールチェーンを、オープンスタンダードとオープンシステムに基づいて開発し、PBL 演習に提供する。平成23年度は筑波大学大学院（日本経団連の高度情報通信人材育成への取り組みの指定校）の演習「PBL 型システム開発」が必要とするツールを、ソフトウェアエンジニアリングの基本に則って開発し公開する。また同演習の実施内容に応じて、ツールチェーンのアルファ版の設計の見直しと詳細化を行い、公開する。

別表2 地質の調査（地質情報の整備による産業技術基盤、社会安全基盤の確保）

【中期計画（参考）】

活動的島弧に位置する我が国において、安全かつ安心な産業活動や生活を実現し、持続可能な社会の実現に貢献するために、国土及び周辺地域の地質の調査とそれに基づいた地質情報の知的基盤整備を行う。地球をよく知り、地球と共生するという視点に立ち、地質の調査のナショナルセンターとして地質の調査研究を行い、その結

果得られた地質情報を体系的に整備する。地質情報の整備と利便性向上により産業技術基盤、社会安全基盤の確保に貢献する。また、地質の調査に関する国際活動において我が国を代表し、国際協力に貢献する。

1. 国土及び周辺域の地質基盤情報の整備と利用拡大

【中期計画（参考）】

国土の基本情報である地質基盤情報を、地球科学的手法により体系的に調査、整備するとともに、利用技術の開発と普及を行う。国土と周辺域における地質の調査を実施し、社会の要請に応えた地球科学基本図（地質図幅、重力図、空中磁気図、海洋地質図、地球化学図、地球物理図等）の作成、衛星画像情報との統合化等の地質情報の整備を行う。上記地質基盤情報を電子メディアやデータベースとして社会に普及させる体制を整備する。

1-(1) 陸域・海域の地質調査及び地球科学基本図の高精度化

【中期計画（参考）】

- ・長期的な計画に基づき、国土の地質基盤情報である5万分の1の地質図幅の作成、20万分の1の地質図幅の改訂並びに20万分の1の重力図及び空中磁気図の作成を行う。また、海域の環境変動の予測や資源評価の基礎データとして海洋地質図を整備する。さらに、これらの地球科学基本図の利用を促進するために必要なデータベースを整備し、公開する。調査結果の信頼性向上に必要な地質標本の標準試料化と保管及び地質情報の標準化等を行う。

1-(1)-① 陸域の地質調査と地質情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・国土の基本情報としての地質の実態を体系的に解明し社会に提供する。都市基盤整備や防災等の観点及び地質情報の標準化と体系化の観点から重要な地域を重点的に、5万分の1地質図幅20区画を作成する。全国完備を達成した20万分の1地質図幅については、更新の必要性の高いものについて3区画の改訂を行い、日本全域については最新の地質情報に基づき、地層及び岩体区分の構造化と階層化を行った次世代の20万分の1日本シームレス地質図を作成する。

《平成23年度計画》

- ・5万分の1地質図幅5区画を完成する。5万分の1地質図幅及び20万分の1地質図幅の整備計画に従って調査を実施する。次世代の20万分の1日本シームレス地質図凡例に基づき南西諸島及び九州地域の地質図編集を行う。現行の20万分の1日本シームレス地質図はデータの更新を行う。

1-(1)-② 海域の地質調査と海洋地質情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・沖縄周辺海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図の作成に必要な海底地質、地球物理、堆積物に関する基礎情報を取得するとともに、既に調査済みの海域も含めて、海洋地質図10図を整備する。取得した地質情報を、海域の環境変動の予測や資源開発評価、海域及び海底利用の基礎データとして社会に提供する。

《平成23年度計画》

- ・沖縄トラフを含む東シナ海海域の海洋地質調査を実施し、海洋地質図作成のための海底地質及び堆積物に関する基礎情報を取得する。海底地質及び海底堆積物などの海洋地質データベースの拡充を行う。

1-(1)-③ 地球科学基本図等の高精度化

【中期計画（参考）】

- ・国土の地球科学基本図等に関する基盤情報のデータベースを整備、公開する。地質情報の高信頼化と高精度化を図るために、岩石・ボーリング試料等で得られた地質標本の標準化及び保管と管理を行う。また、地質凡例や地質年代等の標準化を行う。地質情報整備支援のために、地質標本の薄片・研磨片等を作成する。ISOに準拠した地球化学標準試料3個を作製する。大都市周辺の精密地球化学図として関東地方の精密地球化学図を完成する。地球物理図に関しては、20万分の1重力基本図3図、5万分の1空中磁気図2図を作成する。ボーリングコアは10件以上を新たに登録し、コアライブラリを整備し、20件以上の利用を目標とする。岩石試料は200サンプル以上を、化石試料は30試料以上をそれぞれ標本登録し、50件以上の利用件数を目標とする。

《平成23年度計画》

- ・地質標本の標準化のため、岩石、鉱物及び化石等の地質標本の記載、分類学的研究、試料の解析を行い、標準層序及び環境指標の確立に向けて年代や古環境などの標本属性情報を明らかにし、地質標本データベースの整備を進める。
- ・地質凡例と地質年代の標準化のために、地質図の凡例表示のJIS（JIS A0204）とデジタル地質図のJIS（JIS A0205）の改正作業を進め、日本工業標準調査会に提出する。これまでに整備した活断層データベース、火山データベース等の地理空間の国際規格（OGC規格）に対応した情報を公開する。
- ・地球化学標準試料1個について、共同分析により標準値を定める。またISOを維持するために試料作成法や分析法について記録作成と内部監査を行う。大都市周辺の精密地球化学図を作成するため、関東地方南部地域から試料採取と化学分析を行う。
- ・20万分の1の重力図（徳島地域）を作成するとともに、近畿、中部地域での重力調査を実施する。重力データベースの更新を行う。地殻活動域の空中磁気図についてデータの整備、編集を行う。

- ・北太平洋の珪藻と古地磁気層序のデータを総合し、最新の地磁気極性年代スケールに基づいた珪藻年代スケールを作成する。IODPにより東部赤道太平洋から採取されたコアを用いて、始新世～漸新世の古地磁気強度変動曲線を求め、古地磁気強度による年代層序を可能にする。
- ・地質調査総合センターの各ユニットとの連携のもと、地質調査で得られた地質試料の地質標本館への登録を促進すると共に、収蔵標本の保管と管理、データベース化を着実に推進し、標本の登録情報を公開し、利用を支援する。研究支援のために地質試料の薄片研磨片を作成するだけでなく、軟弱試料や不安定試料などに対しては、試料調製法の新規開発などにも取り組む。

1-(2) 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・沿岸域に立地する多くの都市における地質災害の軽減に資するため、地質図の空白域となっている沿岸域において最新の総合的な地質調査を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。自然や人為による地質環境変化を解明するため、生態系を含む環境変遷及び物質循環、沿岸域環境評価の研究を実施する。

1-(2)-① 都市域及び沿岸域の地質調査研究と地質情報及び環境情報の整備

【中期計画（参考）】

- ・沿岸域に立地する多くの都市における地質災害の軽減に資するため、地質図の空白域となっている沿岸域において最新の総合的な地質調査を実施し、海域－沿岸域－陸域をつなぐシームレスな地質情報を整備する。自然や人為による地質環境変化を解明するため、生態系を含む環境変遷及び物質循環、沿岸域環境評価の研究を実施する。

《平成23年度計画》

- ・福岡沿岸域の平野部で、基盤岩上面及び沖積層基底の深度分布図を作成する。さらに第四系、活断層や地質断層などを細分したシームレス地質図を作成する。北海道沿岸域において、ボーリング、地表調査、既存ボーリング資料解析などから、第四系の地質構造を明らかにする。
- ・福岡県沖沿岸海域の地質層序、構造、堆積物分布と堆積作用を明らかにし、海底地質図及び表層堆積図を作成する。北海道胆振～日高沖沿岸域の海洋地質調査を実施し、海底地質図及び表層堆積図用のデータを取得するとともに、海域の地質層序、構造、堆積物分布と堆積作用を明らかにする。
- ・北海道石狩低地帯における自治体所有の地質地盤情報及び100m 長以上のボーリング資料を中心に収集とデ

ータベース化を行うとともに、平成22年度に整備したボーリングデータベースと既存文献資料をもとに、沖積層基底、支笏火砕流堆積物上面と下面のサーフェスモデル、3次元グリッドモデルを構築することで、伏在活断層や堆積盆の構造発達史の評価を行う。また、新たなデータモデルと評価に基づき、シームレス地質図を改訂する。

- ・茨城県及び千葉県利根川下流域、大宮台地域等で、停滞地下水の水質と分布性状、地下構造探査、ボーリングデータベース構築、第四系の層序と地盤構造の解明に関わる研究を実施し、地下地質構造モデル、関東平野の地下水システムの総合的解明と取りまとめを行う。沖積層については地質、工学、地震動評価の統合的研究として、三次元の地質及び地盤モデルの高度化、地震被害の詳細分布と地盤状況の再整理、地盤応答モデルの検討、堆積環境と動的特性の関係解明の研究を実施する。
- ・北海道勇払沖の重力データ空白域で海底重力調査を実施し、既往の海上及び陸上データも取り込んで、陸海域を接合した重力図を作成する。
- ・海洋酸性化が有孔虫類に与える影響について解析するとともに、内水域の地球温暖化に伴う環境変化を過去データにより検証し、観測手法を開発する。サンゴ骨格やデルタ域の沿岸侵食の解析を基に、近過去から完新世における気候、環境、海水準の変遷の復元を行う。また、マグマ活動に起因する水銀について鹿児島湾の底質に与える影響を、水銀同位体を用いて評価する。
- ・沿岸域環境変化への人間活動による影響を評価するため、流動と浮遊物の動態解析および藻場等の現地海洋環境データと衛星情報の収集、解析を行って環境モニタリング手法の高度化を図る。また、海藻類による水質浄化の効果検証のための生態系モデルや都市型閉鎖水域の海水の流れ、滞留時間の制御などの沿岸域環境評価、再生技術を開発する。
- ・中国の黄河と長江、ベトナムのメコン河、インドのゴダバリデルタにおいて、現地研究機関と共同で沖積層の基本層序と完新世の環境変遷に関する調査を行い、平成22年度までの成果をとりまとめる。ベトナムメコンデルタの沿岸侵食に及ぼす季節変化に関して現地調査を行う。
- ・北海道勇払沿岸域において地質、活断層調査を行う。平成22年度に実施した福岡沖沿岸域の調査結果を海陸シームレス地質情報集として取りまとめる。

1-(3) 衛星画像情報及び地質情報の統合化と利用拡大

【中期計画（参考）】

- ・自然災害、資源探査、地球温暖化、水循環等に関する全地球的観測戦略の一環として、衛星画像情報のアーカイブ、地質情報との統合を図る。また、シームレス化、デジタル化された地質情報と衛星情報から、新た

な視点の地質情報を得ることを可能にする技術の開発を行う。また、情報通信速度の向上や画像処理技術の進展に応じて、新たなデータを統合してデータベースとして提供する等の対応を行う。

1-(3)-① 衛星画像情報及び地質情報の統合化データベースの整備 (IV-2-(2)-①へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・衛星データ利用システム構築に資する衛星画像情報を整備し、地質情報との統合利用により、鉱物資源のポテンシャル評価や火山、地震、津波等の災害情報等に利活用する。また、情報通信技術との融合により、シームレス化、データベース化された地質情報と衛星画像情報の統合化データベースを整備し、新たな視点の地質情報を抽出するための利活用方法の研究を実施する。
- 《平成23年度計画》
- ・利用しやすい形、かつ、品質保証された ASTER、PALSAR および METI 開発次期センサの衛星画像情報の整備に向けた研究開発を行う。
- 1) ASTER および PALSAR に対する地上サイトを用いた校正と検証、および、その画像補正にかかる研究開発を継続する。
 - 2) ASTER のデータベースでは全量生データ (180TB) を蓄積の上に、平成23年度はさらに約15TB の生データの蓄積を行う。また、PALSAR のデータベースでは、撮像直後データの即時転送機能の開発を行う。
 - 3) 次期センサに対しては、その特殊性を考慮した校正、補正および地上系システム (主にデータベース) の研究開発を継続する。
 - ・整備された衛星画像情報を利用した各種ベースマップおよびデータベースシステム作成ための研究開発を行う。
- 1) 天然色全球マップ作成のための研究開発を継続し、アフリカ北部、モンゴル近傍および東南アジア地域の高品質マップを作成する。
 - 2) 全球都市マップ作成のための研究開発を継続し、全球都市マップを試作する。
 - 3) 前年度までに開発した地理情報管理のためのシステムの利用実証を行い、その改良を進める。
 - ・GEO Grid 等を用いて、地質情報と衛星画像情報の統合解析に基づく岩相マッピング、火山観測、地すべりポテンシャル、地表地盤の変動モニタリングを実施し、三次元地質モデルの作成を行う。
 - ・地質情報のデータベース化の一環として ASTER 時系列 DEM 及びオルソ画像の作成範囲を拡大し、火山衛星画像データベースの維持、更新を行う。また地質標準 (JIS) 改正の検討を行う。
 - ・露頭情報のデジタル取得手法の確立のため、これまでの実地試験を元にして、地質図幅調査等に活用できる

取得手法を確立する。

2. 地圏の環境と資源に係る評価技術の開発

【中期計画 (参考)】

地球の基本構成要素である地圏は、天然資源を育むとともに地球の物質循環システムの一部として地球環境に大きな影響を与える。地球の環境保全と天然資源の開発との両立は近年ますます大きな問題になっている。地圏の環境保全と安全な利用、環境に負荷を与えない資源開発及び放射性廃棄物地層処分等の安全規制のため、地圏システムの評価、解明に必要な技術の開発を行う。

2-(1) 地圏の環境の保全と利用のための評価技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・土壌汚染、地下水汚染問題に対し、環境リスク管理に必要な評価技術の開発を行う。また、地球環境における低負荷のエネルギーサイクル実現のため、二酸化炭素地中貯留及び地層処分等の深部地層の利用に関する調査及び評価技術の開発を行う。

2-(1)-① 土壌汚染評価技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・土壌汚染等の地圏環境におけるマルチプルリスクの評価手法を構築し、産業のリスクガバナンスを可能にするため、統合化評価システム及び地圏環境情報データベースを開発する。また、物理探査技術による土壌汚染調査の有効性を検証し、原位置計測や試料物性計測技術との併用による土壌汚染調査法を構築する。さらに、地圏環境の統合化評価手法を発展させ、水圏及び地表の生活環境における様々なリスクを適切に評価するための技術体系を確立する。

土壌汚染対策については、鉱物、植物、微生物及び再生可能エネルギーを活用した環境共生型の原位置浄化、修復技術を開発し、産業用地や操業中の事業場に適用可能な低コスト化を図る。

《平成23年度計画》

- ・土壌汚染評価技術の開発のため以下の研究を行う。
- 1) 土壌汚染等に起因する経済リスクの統合化評価モデルを作成するとともに、土壌中生物及び微生物に関わる生態系リスク評価を可能にする。土壌地質環境基本調査を継続し、特定地域における表層土壌リスクマップを作成する。また、X線CT法による非破壊イメージングの重金属汚染土壌コアへの適用可能性を検証する。
 - 2) 土壌汚染対策については、自治体や企業と共同で土壌及び地下水汚染現場の調査を行い、動電学的手法、微生物及び鉱物を活用した原位置調査・浄化技術の現場適用性を明確にし、工場や事業場等におけるリスク管理の向上に貢献する。

2-(1)-② 二酸化炭素地中貯留評価技術の開発 (I-6 - (6) -③へ再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・早期実用化を目指して、二酸化炭素地中貯留において、二酸化炭素の安全かつ長期間にわたる貯留を保証するための技術を開発する。大規模二酸化炭素地中貯留については、複数の物理探査手法を組み合わせた効率的なモニタリング技術の開発、二酸化炭素の長期挙動予測に不可欠である地下モデルの作成や精緻化を支援する技術及び長期間にわたる地層内での二酸化炭素の安定性を評価する技術を開発する。

圧入終了後における長期間監視のための費用対効果の高いモニタリング技術や、我が国での実用化に当たって考慮すべき断層等の地質構造に対応した地下モデリング技術を開発するとともに、二酸化炭素が地中に貯留されるメカニズムの定量的解析や、各地における貯留ポテンシャル評価等の基盤技術を開発する。また、安全性評価技術の開発と中小規模排出源からの排出に対応した地中貯留の基礎研究を実施する。

《平成23年度計画》

- ・二酸化炭素地中貯留の安全性評価に関する要素研究を行う。
- 1) 二酸化炭素の挙動を長期間精度よく把握するため、弾性波に加えて電磁気現象の利用など多面的モニタリング技術の開発を目標とし、国内外の圧入実験現場にて観測準備とデータの収集を行う。また、モニタリング支援技術として物理量変換プログラムの充実、室内実験による力学特性検討等を実施する。
 - 2) 安全性評価プログラムを日本の地質条件に適用できるように検討する。また、遮蔽層の物理的特性や長期間の挙動推定のための天然事象研究、浅部での移行など基礎的なデータの収集を図る。

2-(1)-③ 地層処分にかかわる評価技術の開発

【中期計画 (参考)】

- ・処分計画における地下水シナリオの精度を向上させるため、原位置実証試験による水理学的研究や環境同位体を用いた地球化学的研究を実施し、沿岸部深部地下水の流動環境と組成を把握する。また、沿岸域の地質構造評価のため、浅海域電磁探査法の適用実験及び改良による実用的な探査手法を構築するとともに、海陸にわたる物理探査データ解析・解釈法を開発する。さらに、処分空洞周辺の超長期間の緩み域の広がり把握するために必要な技術基盤を開発する。

《平成23年度計画》

- ・地層処分における地下水シナリオの精度向上のための研究を行う。
- 1) 平成22年度に採取した地下水試料と地質試料の分析を継続するとともに、既存の観測井を用いた水理試験を実施して地下水の流動特性を確認し、より精度の高い

水理地質モデルを作成する。また、海水準の変動を加味した水理地質解析に着手する。

- 2) 幌延沿岸海域における物理探査現地調査を継続し、海陸接合の反射法地震探査及び海底電磁探査法調査を実施し、海底下の深度1,000m程度までの地層構造を陸域から連続的に把握するとともに、海陸接合調査法の適用性について評価する。
- 3) これまでに構築した岩石物性データベース、地下水データベース、堆積層データベースをカスタマイズして公開する。

2-(2) 地圏の資源のポテンシャル評価

【中期計画 (参考)】

- ・地圏から得られる天然資源である鉱物、燃料、水、地熱等を安定的に確保するため、効率的な探査手法の開発を行う。また、新鉱床等の発見に貢献することを目的として、資源の成因及び特性解明の研究を行う。さらに、各種資源のポテンシャル評価を行い、資源の基盤情報として社会に提供する。このような資源に関する調査、技術開発の知見を我が国の資源政策、産業界に提供する。

2-(2)-① 鉱物及び燃料資源のポテンシャル評価 (I-3 - (3) -③へ一部再掲)

【中期計画 (参考)】

- ・微小領域分析や同位体分析等の手法を用いた鉱物資源の成因や探査法に関する研究、リモートセンシング技術等を用いて、レアメタル等の鉱床の資源ポテンシャル評価を南アフリカ、アジア等で実施し、具体的開発に連結しうる鉱床を各地域から抽出する。

海洋底資源の調査研究については、海洋基本計画に則り、探査法開発、海底鉱物資源の分布や成因に関する調査研究を実施するほか、海洋域における我が国の権益を確保するため、大陸棚画定に係る国連審査を科学的データの補充等によりフォローアップする。

工業用原料鉱物及び砕石、骨材資源に関し、探査法開発、鉱床形成モデル構築、資源ポテンシャル評価を行う。国内及びアジア地域の鉱物資源情報のデータベースを拡充する。

メタンハイドレート等未利用燃料資源利用のため、代表的な資源賦存域において資源地質特性解明及び資源ポテンシャル評価を行い、燃料資源地質図を整備する。国内資源として重要な南関東水溶性天然ガス資源の賦存状況を解明し、燃料資源地質図として整備する。大水深域等の海域及び陸域における地質調査と解析により、天然ガス鉱床形成システム解明及び資源ポテンシャル評価を行う。効率良い資源開発や環境保全に向け、メタンの生成、消費等の地下微生物活動を評価する。

《平成23年度計画》

- ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究

を行う。

- 1) モンゴル、南アフリカ、南米、中央アジア、東南アジア等で希土類元素等レアメタル鉱床の資源ポテンシャル評価を実施するとともに、衛星画像と地表踏査結果の対比によるデータの検証作業を中央アジアなどで行う。
- 2) 選鉱残渣からのレアメタル抽出のための鉱物学的及び選鉱学的研究を南米及び南ア等を対象に実施する。レアメタル分析及び選鉱試験施設を導入し整備する。
- 3) ベントナイトなどの工業用原料鉱物に関する国内外の資源ポテンシャル評価を実施し、供給安定性向上に資するデータを収集する。
- 4) 中央アジア鉱物資源図を編集・出版すると共に、アジア全域鉱物資源図、国内及びアジア鉱物資源データベースの拡充と電子化を進める。20万分の1、5万分の1地質図のための鉱物資源情報を収集する。
 - ・レアメタル等鉱物資源ポテンシャル評価のための研究を行う。
- 1) 南アフリカ共和国白金族鉱石の高感度微小領域プラチナ分析を実施し、プラチナの存在形態を明らかにする。また、微小領域パラジウム分析法を開発する。
- 2) 同位体分析等に基づき野矢地域の金鉱床ポテンシャルを明らかにし、アラスカ州の金鉱床成因解明研究に着手する。
- 3) 豊羽鉱床に加えボリビアのインジウム濃集鉱石を用いて赤外線顕微鏡観察、流体包有物実験及び硫黄同位体比測定を行い、レアメタル濃集環境の特徴を明らかにする。
- 4) 海底資源調査を念頭に置き、銅及び亜鉛安定同位体比測定法を開発する。また、産総研内外との共同研究により、放射壊変起源の同位体を含めた“同位体測定実験施設”の整備に着手する。大陸棚画定に係る国連審査に関しては、フォローアップとして審査対応部会での任務を遂行するとともに必要に応じて科学的データの補充等を行う。
 - ・我が国の燃料資源ポテンシャル評価のための研究を行う。
- 1) 上越沖で収集したコア試料、物理探査データの解析を進め、フラクチャ型メタンハイドレート鉱床の成因を明らかにする。
- 2) 関東地方の天然ガスに関する地質情報を取りまとめる。非在来型を含む燃料資源鉱床の賦存状況や鉱床生成要因等を地質、地球物理、地化学的手法等により解析し、鉱床探査の基盤的情報を整備する。
- 3) 培養、地化学分析、菌相解析を基に、油ガス田やメタンハイドレート分布域等の地下微生物によるメタン生成及び消費プロセスの解明、二酸化炭素圧入の微生物活動に与える影響等を調べる。
 - ・非金属鉱物資源及び地圏流体等の地質学的、地球化学的及び鉱物化学的解析を通して、地殻流体や炭化水素

ガス及び二酸化炭素等の物理化学性状を解明するとともに、応用研究として製品化に資する研究及び現場実験等を進める。

2-(2)-② 地下水及び地熱資源のポテンシャル評価 (I-1-(2)-③へ一部再掲)

【中期計画（参考）】

- ・我が国の地下水及び水文環境の把握のため、全国の平野部を中心に整備を進めている水文環境図を2図作成する。また、工業用水の安定的な確保のため、全国の地下水資源ポテンシャル図を整備する。再生可能エネルギーとして重要な地熱資源の資源ポテンシャルを地理情報システムによって高精度で評価し、全国の開発候補地を系統的に抽出する。また、地熱開発促進にむけて地熱利用と温泉保全の両立を図るため、温泉発電技術や貯留層探査評価技術を含む地熱技術を開発する。さらに、地中熱利用のため、平野部等の地下温度構造及び地下水流動モデルを構築する。
- 《平成23年度計画》
- ・我が国の地下水及び水文環境の把握のための研究を行う。
 - 1) 水文環境図について、平成22年度より調査を開始した石狩平野、熊本平野のデータ収集ならびに既存資料の収集を行い、本格的に編集を進める。
 - 2) 全国の地下水資源ポテンシャル図をまとめるため、全国規模で集積した浅部地下水データを基礎情報として、堆積盆毎に順次地下水の賦存量や流動に関するマッピングを進め、石狩平野、熊本平野等のマッピングを実施する。
 - ・地理情報システムを用いた高精度の地熱資源ポテンシャル評価の研究においては、温泉発電資源評価手法の検討等の平成22年度の検討で抽出された事項の改良を行う。地熱開発促進にむけた地熱利用と温泉保全の両立の研究では、温泉発電システムの研究（中低温熱水系資源対象）及び温泉共生型地熱貯留層管理システム開発（高温熱水系資源対象）を継続し、モニタリングデータ収集と解析、モデル改良、スケール抑制技術の研究等を実施する。さらに、地熱資源開発に係る国際的な共同研究や情報交換活動を推進する。
 - ・地中熱の利用促進を目指し、全国規模で地下水賦存量データを基に地中熱利用適地マップの作成手法の開発に着手する。また、地中熱のポテンシャル評価手法の開発を引き続き行い、その手法の高度化を目指す。さらに、タイ国バンコクにおいて地中熱による冷房の実証実験を行い、熱帯～亜熱帯地域における地中熱利用の高効率化及び低コスト化を目的とした研究に着手する。一方、地下水汲み上げ方式の地中熱利用システムについて、地下水の揚水及び還元に伴う影響評価を把握するためのモニタリング手法を調査する。

2-(3) 放射性廃棄物処分の安全規制のための地質環境評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に対し、国が行う安全規制への技術的支援として、地質現象の長期変動及び地質環境の隔離性能に関する地質学的、水文地質学的知見を整備し、技術情報としてとりまとめる。また、放射性核種移行評価に向けての技術開発を行う。

2-(3)-① 地質現象の長期変動に関する影響評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における概要調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、隆起侵食活動、地震・断層活動、火山・火成活動等の“著しい地質変動”の活動履歴及び将来予測において必要となる各変動の発生位置、時代等の不確実性を低減するための調査及び評価手法の適用性評価と長期的な予測手法の開発に向けた検討を行う。また、処分深度の深層地下水の性状、その起源及び流動プロセスの把握手法を開発する。これらの手法の適用結果を、データベースとして取りまとめて国に提供する。さらに、各種の地質変動が深層地下水流動に及ぼす水文地質学的変動モデルの開発に向けた検討を行う。以上の成果を技術情報として取りまとめ、公表する。

《平成23年度計画》

- ・概要調査結果の妥当性評価のため、下記の技術開発を行い、技術情報の提示を行う。
 - 1) 最新の地質文献データと年代測定データの取得により、第四紀火山データベースの更新を行う。
 - 2) 沿岸域の地殻変動を模した水槽実験と自然露頭の比較検討により、相対的海水準変動に対応した沿岸侵食域の空間分布および標準的堆積相のモデル化を行う。また、過去の地質断層の活動履歴と応力場解析により、応力場変遷に対応した断層系の再編成に伴う地質断層再活動の空間分布やその移行期間について事例研究を行う。
 - 3) 地質学的手法による火山時空分布解析および岩石学的手法によるマグマ発生条件としてのマグマ含水量測定データを蓄積し、島弧スケールの長期的火山活動予測手法の確立の為、東北日本地域を対象とした事例研究を行う。
 - 4) 複数の年代のものが混合していると考えられる地下水について、それぞれの端成分の地下水年代を決定し、地下水流動系の概念モデルの確立のため、瀬戸内海地域における事例研究を行う。
 - 5) 各種の調査で既に判明している日本各地の深層地下水の特性（性状、流量、成分等）を整理し、深層地下水

データベースを更新する。また、深層地下水に係る各種評価用パラメータを地下水地理情報データベースとして整備する。

- 6) 深部流体及び熱水活動による地下水系への深部上昇流体の組成、流量について評価し、深部低周波地震の活動度との関係について検討を行う。また、火山性熱水活動の原因のひとつである火山ガスデータベースを作成する。
- 7) 堆積岩地域の沿岸部の深層地下水の年代データ等を用い、長期にわたる深層地下水流動変化について検討する。また、結晶質岩地域の沿岸部において、深層地下水データの収集を行い、その年代について明らかにする。さらに、地下水流出域の特徴を検討するとともに、データベース化する。

2-(3)-② 地質環境の隔離性能に関する評価技術の開発

【中期計画（参考）】

- ・高レベル放射性廃棄物地層処分における精密調査結果に対する規制庁レビューの判断指標として、特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律及び原子力安全委員会の環境要件に照らし、岩盤の強度、地下水の化学的性質、地下水流動に関する不確実性を低減するための水理・化学環境調査、評価手法の開発、整備と、調査手法及びデータの品質管理に関する評価手法を整備する。また、自然事象等の外的要因が地下水流動、化学的環境に及ぼす影響を評価するための室内実験手法、解析手法を整備した上、シナリオに基づく長期的な変動が地下水流動、核種移行に及ぼす影響予測手法を開発、整備する。以上の成果を技術情報として取りまとめ、公表する。

《平成23年度計画》

- ・概要調査及び精密調査結果の妥当性評価、安全評価の基本的な考え方の整備のために、下記の技術開発を行い、技術情報の提示を行う。
 - 1) 各種調査手法として、間隙水圧分布形成、微生物の核種以降への影響に関する原位置調査手法の検討、提示を行い、それぞれの要因が、地下水流動及び物質移行に及ぼす影響を評価するための解析手法を構築する。
 - 2) 地下の水理環境及び地下水水質の変動要因に関して、原位置の水理試験、水圧モニタリング、化学、生物化学環境データを基とした整理を行い、それらの変動の将来予測を行うための手法の検討を行う。
 - 3) 各種自然事象の影響を考慮した水理-熱-応力変形-化学反応連成モデルの構築を行い、実際の地下研究施設のデータ等を用いた検討を行う。

3. 地質災害の将来予測と評価技術の開発

【中期計画（参考）】

地震、火山活動等による自然災害の軽減に必要な、科

学的根拠に基づく地震と火山活動の予測が期待されている。その実現のために、調査及び観測情報に基づいて地震及び火山活動履歴を明らかにし、また地震及び火山活動のメカニズム解明を目指した調査、研究を実施する。

3-(1) 活断層調査、地震観測等による地震予測の高精度化

【中期計画（参考）】

- ・陸域及び沿岸海域の活断層や過去の巨大津波発生状況について古地震調査を行い、将来の地震発生危険度や発生しうる津波の規模を明らかにする。内陸地震の発生と地盤変形の予測に必要な物理モデルの構築とシミュレーション手法を提案する。また、東海・東南海・南海地震を対象とした海溝型地震の短期予測システムを構築する。さらに、これら調査研究結果の情報公開を行う。

3-(1)-① 活断層評価及び災害予測手法の高度化

【中期計画（参考）】

- ・陸域及び沿岸海域の25以上の活断層について古地震調査を行い、過去数千年間の断層挙動を解明することにより将来の地震発生危険度を明らかにする。また、調査結果のデータベース化と情報公開を進める。地震の規模と発生時期の予測技術確立のために、糸魚川-静岡構造線を例に、過去の断層挙動、最近の地震活動、地殻変動や実験データに基づいた活断層の物理モデルの原型を提示する。地震発生時の災害予測のため、大都市圏近傍等の活断層運動による地盤変形を予測するための調査手法とシミュレーション手法を提案するとともに、地盤変形評価図を作成する。

《平成23年度計画》

- ・将来の活動確率や地震規模が十分に明らかにされていない陸域及び沿岸海域の活断層について、断層の位置形状、活動性及び活動履歴を明らかにするための調査を5断層帯程度において実施する。
- ・活断層調査からより精度の高い地震発生危険度を明らかにするために、以下の調査を実施する。トルコの北アナトリア断層系の調査結果から連動性評価手法を提案し、日本への適用を検討する。東北日本脊梁山地東縁の変動様式を地形と地質データから推定し、重力及び地震活動との関係を比較検討する。岩手・宮城内陸地震の地表地震断層において地表滑り多様性を明らかにし、地表変位が見えにくい活断層の評価手法を検討する。既存文献データを及び地形解析により、短い活断層が震源断層より短く見積もられている原因を既存文献と地形データに基づいて整理する。
- ・活動セグメント区分、セグメントごとのパラメータ値の全面見直しを実施し、データベースに反映させる。また、他の地理情報との連携を図るため、WMS 配信

を可能とする。

- ・微小地震メカニズムに基づいて、糸魚川-静岡構造線（糸静線）の全域の地殻応力マップを作成する。また、この地域の応力場及び地殻変動を再現するため、深さ40km程度までのレオロジーモデルと海洋プレートの運動の影響を取り入れたシミュレーション実施のための手法改良を行い、シミュレーションを実施する。さらに、糸静線断層断層帯の連動性評価のため、複雑な形状をもつ断層の動的破壊シミュレーション手法改良のための設計を行う。
- ・脆性-塑性遷移領域における変形プロセス解明のため、蛇紋岩に加えて、地殻内部に普遍的に存在する鉱物である石英や長石を用いて、その高温高压下での変形挙動を観測し、摩擦構成則パラメータを得る。中央構造線のボーリングコアの解析については、平成22年度の断層活動記録の分離結果を踏まえ、各条件における断層の変形プロセスを明らかにする。
- ・断層周辺の応力状態の微小変動が微小地震活動に与える影響を実験データを基に定量化するため、データ収録のための実験システムを高度化しつつ、応力状態と微小破壊活動発生の関係を明らかにする。地下深部に相当する高温高压下における弾性波速度測定を可能にするための計測システムを構築し、高温高压容器と連動させて、その実用化に向けた技術開発を進める。
- ・埼玉県の綾瀬川断層に伴う撓曲構造を深部から浅部まで統一的に解釈し、その結果を取りまとめる。平成22年度に開発した有限要素法による地盤変形の計算コードで塑性変形が取り扱えるよう拡張する。中部日本地域の内陸活断層の深部形状を推定する。

3-(1)-② 海溝型地震及び巨大津波の予測手法の高度化

【中期計画（参考）】

- ・東南海・南海地震を対象とした地下水等総合観測施設を整備し、既存の観測データと統合して解析を進め、駿河トラフ・南海トラフで発生する東海・東南海・南海地震の短期予測システムを構築する。巨大津波による災害を軽減するため、日本海溝及び南海トラフに面した沿岸域の地形・地質調査に基づいて、過去数千年間の巨大津波の発生履歴を精度良く明らかにし、津波の規模を解明する。宮城県については、津波浸水履歴図を公表する。

《平成23年度計画》

- ・国の東海地震予知事業の一環として引き続き前兆的地下水位変化検出システムを運用する。産総研のデータと防災科研のデータを統合的に解析し、南海～駿河トラフで発生する深部低周波微動や短期的スロースリップ（短期的 SSE）の検出精度を向上させる。微動については物理モデルを提案する。須崎における海水位観測結果等を基に、1946年南海地震前の地殻の上下変動

曲線の時間精度を向上させる。地震に関する地下水観測データベースで短期的 SSE の断層モデル（手動決定）も表示して深部低周波微動活動と比較できるようにする。

- 台湾成功大学との共同研究「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」を引き続き推進し、台湾において第10回ワークショップを開催する。台湾南部の地下水位観測データの解析結果を公表する。
- 地質学的及び地形学的手法を用いて、過去の津波や隆起、沈降の痕跡から日本海溝や南海トラフなどにおける巨大海溝型地震の履歴及び規模を明らかにするための調査研究を進める。またそれらのデータを整理し、震源断層モデルの検討および改良を行う。

3-(2) 火山噴火推移予測の高精度化

【中期計画（参考）】

- 活動的火山の噴火活動履歴調査を実施し、噴火活動の年代、噴出量、マグマ組成や噴火様式等の変遷を明らかにするとともに、噴火の規則性や噴火様式の時間的変化を支配するマグマの発達過程のモデルを提示する。また、火山噴出物、噴煙、熱・電磁気学的変動、地殻変動等の観測研究により火山活動推移を把握するとともに、室内実験や数値実験との総合解析により、噴火準備、脱ガス及び噴火発生過程のモデルを提示する。さらに、これらの研究成果をもとに、データベースの整備及び火山地質図3図の作成を行うとともに、噴火活動の推移予測の基礎となる噴火シナリオを作成する。

3-(2)-① 火山噴火推移予測の高精度化

【中期計画（参考）】

- 活動的火山の噴火活動履歴調査を実施し、噴火活動の年代、噴出量、マグマ組成や噴火様式等の変遷を明らかにするとともに、噴火の規則性や噴火様式の時間的変化を支配するマグマの発達過程のモデルを提示する。また、火山噴出物、噴煙、熱・電磁気学的変動、地殻変動等の観測研究により火山活動推移を把握するとともに、室内実験や数値実験との総合解析により、噴火準備、脱ガス及び噴火発生過程のモデルを提示する。さらに、これらの研究成果をもとに、データベースの整備及び火山地質図3図の作成を行うとともに、噴火活動の推移予測の基礎となる噴火シナリオを作成する。《平成23年度計画》
- 九重火山及び蔵王火山などの火山地質図作成のための調査研究を行う。桜島火山については火山地質図の改訂作業を開始する。諏訪之瀬島火山については地質図原稿を完成し、提出する。日本列島の火山活動時空分布把握のため、年代測定を実施する。火山データベースのデータ追加及び更新を行い、「日本の火山（第3版）」作成に向けて新たなデータ収集及び作成準備を行なう。三宅島における山頂カルデラ壁の調査と山腹

の地質調査に基づき、八丁平カルデラ形成後の三宅島の噴火推移を明らかにする。

- 火山噴出物の岩石学的解析に基づき、マグマの化学的特徴とマグマ混合過程を明らかにする。応力場や脱ガスなどの複合した要因による岩脈貫入過程が、噴火量と噴火様式の時間的変化に与える影響を評価する。火山ガス、自然電位等の観測により阿蘇山などの火山活動推移を把握し、脱ガス過程、熱水系変動過程をモデル化する。

4. 地質情報の提供、普及

【中期計画（参考）】

社会のニーズに的確に応じるために、知的基盤として整備された地質情報を活用しやすい方式、媒体で提供、普及させる。また、地震、火山噴火等の自然災害発生時やその予兆発生時には、緊急調査を実施するとともに、必要な地質情報を速やかに発信する。

4-(1) 地質情報の提供、普及

【中期計画（参考）】

- 地質の調査に係る研究成果を社会に普及させるため、地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及び頒布を継続するとともに、電子媒体及びウェブによる頒布普及体制を整備する。地質標本館の展示の充実及び標本利用の促進に努め、地質情報普及活動、産学官連携、地質相談等により情報発信を行う。また、インターネット、データベース等の情報技術の新たな動向を注視し、情報共有、流通の高度な展開に対応する。

4-(1)-① 地質情報の提供

【中期計画（参考）】

- 社会のニーズに的確に応じた地質情報提供のための地質情報共有、流通システムを構築する。地質の調査に関する地質図類等の成果の出版及びベクトル数値化等による地質情報の高度利用環境の整備を進める。20以上の地質図類等の出版を行うとともに、6つ以上の既存地質図幅のベクトル化を実施する。地質図等の研究成果を印刷物、電子媒体及びウェブによって頒布する。国内外の地球科学文献を収集、整備し、閲覧室や公開文献検索システムを通じて社会に提供する。100カ国1,000機関との文献交換と、毎年10,000件以上の文献情報入力を行う。《平成23年度計画》
- 平成23年度出版計画に基づき提出される地質図類、報告書、研究報告誌等の原稿検査と JIS 基準の適用、印刷に向けた仕様書作成と発注を行う。
- 既刊出版物の管理、頒布、普及を継続して行う。在庫切れ地質図類の入手要望に対してオンデマンド印刷により適切に対応する。また在庫管理のシステム構築を行う。

- ・出版済み地質図類についてラスターデータ整備を着実に
行う。
- ・既存地質図幅のベクトル化を実施する。
- ・統合地質図データベース (GeoMapDB) の維持管理
を継続しつつ、代替システムに速やかに移行する。
- ・統合版 GEOLIS の改修を行い、利用者の利便性向上
を図る。また地質調査情報センター所蔵の貴重なアー
カイブ資料の電子化を進め、貴重資料データベースと
して公開を行い、貴重資料の普及に努める。
- ・新規発行の地質図類について、標準フォーマット
JMP2.0仕様のメタデータを作成し、政府クリアリン
グハウスに登録及び公開する。また国際標準に基づい
たメタデータを作成し、それを登録及び検索するシス
テムのプロトタイプ版を構築し、所内向けに公開する。
- ・100ヶ国以上、1,000を超える機関との文献交換を行い、
地球科学文献の収集、整備、保存及び提供を継続して
行い、所蔵地質情報の充実に努める。また近年オンラ
イン資料が増加してきたため、新たな収集、受入方法
等を検討する。
- ・よりの確に社会への地質情報提供ができるように、コ
ンテンツ管理システムを利用した新しい地質調査総合
センターのウェブサイトを作成させ運用を開始する。
- ・所内情報の共有のためにエンタープライズサーチシス
テムの運用を開始する。
- ・地質情報の共有および流通を促進するため、配信する
地質情報を拡充し、地理空間情報の検索、閲覧を容易
にした統合ポータルを作成する。

4-(1)-② 地質情報の普及

【中期計画 (参考)】

- ・地質情報普及のため、地質標本館の展示の充実及び利
用促進に努め、地質情報展、地質の日、ジオパーク等
の活動を行う。また、産学官連携、地質相談業務、地
質の調査に関する人材育成を実施し、展示会、野外見
学会、講演会等を主催する。さらに、関係省庁、マス
コミ等からの要請に応え正確な情報を普及させる。具
体的には、地質標本館では、年3回以上の特別展や、
化石レプリカ作りのイベント等を実施し、年30,000人
以上の入場者に対応する。また、つくば科学フェステ
ィバル出展対応を毎年実施する。ジオネットワークつ
くばにおいて、10回以上のサイエンスカフェと6回以
上の野外観察会を実施する。地質情報展を毎年開催し、
1,000名以上の入場者に対応する。地質の日について
は、イベントを毎年実施する。ジオパーク活動につい
ては、日本ジオパーク委員会 (JGC) を年2回以上開
催し、世界ジオパークを2地域以上、日本ジオパーク
を5地域以上認定するための支援活動を行い、地域振
興に貢献する。
《平成23年度計画》
- ・3回以上の特別展や2回以上の講演会を開催するととも

- に化石レプリカ作り等工夫を凝らしたイベントも開催
し、その展示ポスターを縮小して、印刷頒布する。展
示内容については、展示物解説の補強や、見学案内者
の多様化を図り、展示物の更新、展示標本の入れ替え
などにより、見学の質的向上を図る。また、地質情報
の利用促進のため、地質相談所を窓口として、外部機
関や市民からの問い合わせに積極的に応える。また、
団体見学者の要望に応じて地域地質の解説を行う。
- ・地質調査総合センターの研究成果を発信するため、水
戸市において地質情報展を実施し、成果普及活動を展
開する。また、日本地球惑星科学連合2011年大会など
にブース出展し、併せて研究成果品の紹介、普及を進
める。
- ・地質情報展 (水戸) をはじめ、地域センターの一般公
開や科学館、科学系博物館等に協力し、移動地質標本
館を出展する。一般市民を対象として野外地質見学会
を実施する。学校教育関係者と連携し、若年層の自然
観育成、科学理解度増進に引き続き注力する。ジオパ
ーク活動や地質の日の記念事業などに積極的に貢献す
る。
- ・ジオネットワークつくばにおいてサイエンスカフェと
野外観察会をそれぞれ2回以上実施する。また平成24
年度以降を見据えたジオネットワークつくばの自立的
活動継続に関する検討を行う。
- ・地質の日については、事務局として活動を支援すると
ともに、展示等によって啓発普及に貢献する。ジオパ
ーク活動については、日本ジオパーク委員会事務局と
して、世界ジオパークネットワーク加盟申請候補およ
び日本ジオパーク候補のヒアリング、現地審査、最終
認定等の一連の委員会活動を支援するとともに、ジオ
パークの普及に貢献する。
- ・新たな地質分野の広報誌として平成24年1月発刊を目
指し、体制、企画構成、内容等の検討を行う。

4-(2) 緊急地質調査、研究の実施

【中期計画 (参考)】

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求め
られることから、災害発生時やその予兆発生時には、
社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施す
る。具体的には、想定東海地震の観測情報等発令時、
国内の震度6強以上を記録した地震、又は M6.8以上
の内陸地震及び人的被害の想定される火山噴火のすべ
てに対応する。すべての緊急調査について、ホームペ
ージ上で情報公開する。

4-(2)-① 緊急地質調査、研究の実施

【中期計画 (参考)】

- ・地震、火山噴火等の自然災害時には緊急の対応が求め
られることから、災害発生時やその予兆発生時には、
社会的要請に応じて緊急の地質調査を速やかに実施す

る。具体的には、想定東海地震の観測情報等発令時、国内の震度6強以上を記録した地震、又は M6.8以上の内陸地震及び人的被害の想定される火山噴火のすべてに対応する。すべての緊急調査について、ホームページ上で情報公開する。

《平成23年度計画》

- ・地震や火山噴火等の自然災害に際して、社会的要請に応じて緊急調査の実施体制をとり、必要な地質調査及び研究を速やかに実施し、正確な地質情報を収集、発信する。
- ・地質調査総合センターにおいて自然災害等の緊急調査が実施された場合は、地質標本館や地質図ライブラリにおいてもその緊急研究の成果等を速報する。

5. 国際研究協力の強化、推進

【中期計画（参考）】

産総研がこれまでに蓄積した知見及び経験を活かし、アジア太平洋地域及びアフリカを中心とした地質に関する各種の国際組織及び国際研究計画における研究協力を積極的に推進する。地質災害の軽減、資源探査、環境保全等に関する国際的な動向及び社会的、政策的な要請を踏まえ、プロジェクトの立案、主導を行う。

5-(1) 国際研究協力の強化、推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研がこれまでに蓄積してきた知見及び経験を活かし、アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。地質情報の整備、地質災害の軽減、資源探査や環境保全等に関する研究プロジェクトを国際組織及び国際研究計画を通して推進する。東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の総会・管理理事会に毎年参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。統合国際深海掘削計画（IODP）や OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。

産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会でジオパーク審査標準を構築し、アジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。アジア太平洋ジオパークネットワーク（APGGN）・世界ジオパークネットワーク（GGN）の活動に貢献する。

5-(1)-① 国際研究協力の強化、推進

【中期計画（参考）】

- ・産総研がこれまでに蓄積してきた知見及び経験を活かし、アジア、アフリカ、南米地域を中心とした地質に関する各種の国際研究協力を積極的に推進する。地質情報の整備、地質災害の軽減、資源探査や環境保全等に関する研究プロジェクトを国際組織及び国際研究計

画を通して推進する。東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の総会・管理理事会に毎年参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。統合国際深海掘削計画（IODP）や OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。

産総研が事務局を担当する日本ジオパーク委員会でジオパーク審査標準を構築し、アジア地域を中心にジオパーク活動を普及させる。アジア太平洋ジオパークネットワーク（APGGN）・世界ジオパークネットワーク（GGN）の活動に貢献する。

《平成23年度計画》

- ・アジアのデルタにおける沿岸環境保全と沿岸地質情報の整備のために、CCOP プロジェクト等により、マレーシアにおいてデルタセミナーを実施する。またベトナム、中国から研究者を招聘し、共同研究の推進と人材育成に貢献する。
- ・IODP の推進のために、乗船研究、国際パネル委員、日本地球掘削科学コンソーシアムにおける活動等を通じて貢献する。
- ・東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）の第48回総会（タイ）、及び第58、59回管理理事会に参加するとともに、CCOP プロジェクトを実施する。OneGeology（全地球地質図ポータル）、世界地質図委員会（CGMW）等の国際プロジェクトにおいて、アジアの地質図編集やデータ整備等について貢献する。

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

【中期計画（参考）】

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

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

開始する。また、我が国の法定計量の施策と、計量標準の戦略的活用に関して、経済産業省の政策の企画、立案に対して技術的支援を行う。

1. 新たな国家計量標準の整備

【中期計画（参考）】

新たに必要となる国家計量標準を迅速に開発、整備し、供給を開始する。具体的にはグリーン・イノベーションの実現に必要な省エネルギー技術や新燃料等の開発、評価を支える計量標準の開発を行う。また、ライフ・イノベーションの実現に必要な医療診断、食品安全性、環境評価等を支える計量標準の開発を行う。さらにナノデバイスやロボット利用技術等、我が国の技術革新や先端産業の国際競争力を支える計量標準の開発を行う。新たな開発を行う標準の選定にあたっては、整備計画の改訂に従い、技術ニーズや社会ニーズを迅速に反映させる。また、国際規格や法規制に対応した計量標準を整備し、我が国の円滑な国際通商を支援する。

1-(1) グリーン・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

- ・グリーン・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、水素エネルギー、燃料電池等の貯蔵技術、利用技術の推進、省エネルギー・エネルギー効率化技術の開発を支援する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、バイオマス系資源の品質管理や安定性評価に必要な標準物質、資源再利用システムの信頼性評価に必要な標準物質をニーズに即応した開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(1)-① 新エネルギー源の利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・水素エネルギー、燃料電池及び電力貯蔵キャパシタの利用に必要な気体流量標準、気体圧力標準、電気標準、燃料分析用標準液等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。
- 《平成23年度計画》
- ・平成23年度に確立した気体圧力標準を用いた高精度圧力計の特性評価方法の開発を行う。また、将来予定されている校正範囲の拡大のための準備を進める。
 - ・標準供給開始へ向けて水素ガス、都市ガスによる流量計校正を実施予定の JCSS 認定事業者と調整を進め、仲介器による比較を実施する。
 - ・蓄電池、キャパシタ標準の開発を進める。平成23年度は、蓄電池、電力貯蔵キャパシタデバイスのインピーダンスを測定する装置を設計、試作し、デバイス評価に着手する。
 - ・硫黄標準液のトレーサビリティをより確実にするた

めの手法の開発に着手する。既存のイオウ標準液の安定性試験を行う。

1-(1)-② 省エネルギー技術の開発と利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・運輸システム、オフィス、住宅、ビル、工場等における省エネルギー技術開発に必要な高周波電気標準、光放射標準、熱流密度標準等について、新たに7種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。
- 《平成23年度計画》
- ・遠隔校正の信頼性や利用範囲の拡大に向けて、GPS 以外の測位衛星システム（GNSS）も同時に利用したマルチ GNSS 方式の基礎実験を開始する。
 - ・ボイラー代替ヒートポンプや地熱発電システムに用いることが可能な新たな高温用作用流体を開発するために測定温度範囲を0～150℃まで拡張し、PVT 性質、気液平衡性質、音速の計測から高温で使用できる作用流体を選定する。
 - ・75GHz～110GHz 用 W バンドホーンアンテナ利得標準を開発し供給を開始する。18GHz～26.5GHz、26.5GHz～40GHz の2バンドの任意周波数ホーンアンテナ利得及びパターン標準を開発する。平成24年度の V バンドアンテナパターン校正に向けて、パターン校正システムの不確かさ評価を行う。50GHz～110GHz の散乱断面積（RCS）標準の供給に向けた調査検討を継続する。
 - ・高強度 LED 全光束標準、ならびに分光全放射束標準の開発を進める。可視域での高強度 LED 全光束標準の校正技術、不確かさ評価技術を確立し、分光全放射束標準確立に向け、配光測定条件、分光測定条件等の最適化を進める。紫外域での高強度 LED 全放射束標準確立に向けた UV-LED の基本特性評価を開始する。

1-(1)-③ バイオマス資源の利用技術に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・バイオガソリン、バイオディーゼル等、バイオマス資源の品質管理、成分分析、安定性評価等利用技術に必要な標準物質について、新たに5種類開発、整備し、供給を開始する。
- 《平成23年度計画》
- ・現行の軽油を用いた標準供給の液種を拡張し、灯油を用いた体積流量0.01m³/h～0.1m³/h の標準を開発する。
 - ・バイオ燃料の密度を測定し、標準物質としての密度安定性を評価する。粘度に関しては、酸化による試料の物性変化の影響を避けるために、脱酸素雰囲気中で粘度を測ることができる計測システムの設計を開始する。
 - ・バイオ燃料の品質管理を目的とした分析において測定

機器の校正および分析法の妥当性確認などに必要となる標準物質について、2種類2物質を開発し、品質システムの技術部分を構築する。バイオ燃料に関連する国際比較があれば、必要に応じて参加する。

1-(1)-④ 資源再利用システムの信頼性評価に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・電気・電子機器の廃棄及び製品のリサイクル並びにこれらに係る規制・指令（REACH 規制、WEEE 指令等）に対応するため、資源再利用システムの信頼性を評価、分析する上で必要となる標準物質について、新たに2種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・RoHS 指令等の規制に対応する標準物質の特性値決定のための技術開発を進め、平成23年度には1種類1物質について分析方法を開発する。

1-(2) ライフ・イノベーションの実現を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

- ・ライフ・イノベーションの推進に必要な計量標準の早急な開発、整備を行い、供給を開始する。具体的には、先進医療機器の開発、標準化に資する計量標準及び予防を重視する健康づくりに不可欠な臨床検査にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。また、生活に直結する食品の安全性や生活環境の健全性確保に資するため、食品分析にかかわる計量標準、有害化学物質の分析にかかわる計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(2)-① 医療の信頼性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・医療の信頼性確保のため、超音波診断装置、放射線治療機器等の先進医療機器の開発、利用に必要な超音波標準、放射線標準等について、新たに4種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。また、医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・ハイドロホン感度校正の周波数範囲を40MHz に拡張するため、校正音源および超音波発生条件を改良する。改良した音源を用いて、ハイドロホン感度を20MHz～40MHz の周波数帯域で測定する。カロリメトリ法による超音波パワー測定法において、振動子発熱による測定エラーを低減させるため、超音波基準振動子を試作、改良して測定を行う。70W までの超音波パワー校正装置を実現する。
- ・医療用リニアックからの高エネルギーX線について、グラフィイトカロリメータを用いて熱量測定を試みる。

マンモグラフィ X線標準に関連して Mo/Rh の標準供給を開始するとともに、Rh/Rh の線質について校正技術を開発する。前立腺がん治療用のヨウ素125医療用密封小線源に対する線量標準を開発し、供給範囲を拡張する。

- ・医療現場における医療診断、臨床検査に不可欠な標準物質について、引き続き4種類の開発に取り組む。平成23年度はこのうち2種類について3物質以上の標準物質を開発する。

1-(2)-② 食品の安全性確保に資する標準物質

【中期計画（参考）】

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格（食品衛生法、薬事法、米国 FDA 規制、国際食品規格（コーデックス規格）等）に対応するため、基準検査項目の分析に必要となる標準物質について、新たに4種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・食品の安全性確保及び食品に係る各種法規制、国際規格に対応した、基準検査項目の分析に必要となる標準物質について、2種類2物質を開発し、品質システムの技術部分を構築する。また、既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行う。さらに既に開発済みの標準物質と合わせ、ピアレビューを受ける。

1-(2)-③ 生活環境の健全性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・国民の生活環境の健全性を確保するため、大気汚染ガス、地球温暖化ガス、有害ガス等の分析、評価、測定等に必要となる標準物質について、新たに9種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・環境分析や品質管理においてトレーサビリティ源として用いられる標準物質を、平成23年度には2種類2物質を開発する。
- ・標準ガスに関して、1種類1物質の開発を行い、関連する品質システムを構築する。国際比較については、比較が行われた場合必要に応じて参加する。既存認証標準物質の安定性を評価し、適切な維持、管理と供給を行う。

1-(3) 産業の国際展開を支える計量標準の整備

【中期計画（参考）】

- ・我が国産業の国際通商を円滑に実施するために必要な国際規格、法規制に対応する計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。特に、移動体通信機器の電磁波規制にかかわる計量標準を重点的に整備する。また、ナノデバイス、ナノ材料やロボット分野において、我が国産業の国際競争力を支援し、国際的な市場展開を

支える基盤的計量標準の開発、整備を行い、供給を開始する。

1-(3)-① 国際通商を支援する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・我が国産業の国際通商を支援するため、電磁波不干渉性及び耐性（EMC）規制等の国際規格、法規制に対応する計量標準について、新たに10種類開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・電力標準に関し、50GHz～75GHz 及び75GHz～110GHz 帯一次標準器（WR10及び WR15型導波管）の開発を継続して進める。導波管減衰量標準では、75GHz～110GHz への拡張開発を継続して進める。1GHz 以下の電磁界強度標準を開発する。低周波磁界標準の供給周波数範囲と磁界強度の拡張に向けての調査及び検討を開始する。

1-(3)-② ナノデバイス、ナノ材料の開発と利用に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・ナノデバイス、ナノ材料の技術開発と利用に資する計量標準として、ナノスケールの半導体デバイス製造に不可欠な線幅標準、ナノ粒子の機能及び特性評価やナノ粒子生産現場の環境モニタリングのための粒径標準、ナノ機能材料の分析、評価に必要な標準物質等について、新たに10種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・先端のナノ半導体素子に近い形状での適応性を確認するとともに、水平面上のデータ間隔が一定でない三次元データからの線幅等寸法解析法について検討する。また、ナノメートル粗さについて、種々の粗さ試料とプローブ形状の組み合わせによる測定データを収集する。
- ・拡散管方式低濃度水分発生装置を整備し、ガス中低濃度水分発生の実験を行う。プロトタイプレーザー分光システムを使ってガス中の水分測定を行う。希釈、流量制御測定装置を設計、試作する。
- ・準単分散粒子の粒径分布標準偏差とその不確かさ評価実験を100nm から30nm まで粒径範囲を拡張する。また粒径／粒子質量校正用の自動化ミリカン試作装置を用いて300nm 域粒子の粒子質量校正実験を行い、最適運転条件を確立する。
- ・第3期中には、ナノ材料開発に係わる4種類11物質の標準物質および1件の依頼試験を開発する予定であるが、そのうち平成23年度は3種類3物質の標準を開発する。

1-(3)-③ ロボットシステム利用の安全性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・ロボットシステム利用における安全性確保に資するため、機能安全設計の信頼性向上に必要な力学標準、振動標準等について、新たに3種類の標準を開発、整備し、供給を開始する。

《平成23年度計画》

- ・ロボットに使用される各種モータの出力トルクを試験、検査する計測評価装置と評価方法の開発に向けて、平成23年度は、既存のモータ試験装置等の現状調査を行う。
- ・衝撃加速度標準については、電荷増幅器の特性が電荷感度校正に与える影響を評価する。角振動標準については、試作した校正装置の校正範囲の検証を行う。

2. 国家計量標準の高度化

【中期計画（参考）】

国家計量標準を確実に維持、供給するために必要な国際比較への参加、品質システムの構築を行う。同時に、ニーズに即した範囲の拡大や不確かさ低減等の高度化を、計量標準に関する整備計画に即して行う。また、産総研の校正技術の校正事業者への技術移転を進め、校正事業者が供給する校正範囲の拡張を進めると同時に、校正事業者の校正能力を確保するための認定審査を技術面から支援する。さらに、産業現場まで計量トレーサビリティを普及する校正技術の開発や、トレーサビリティ体系の合理化を行うことで、校正コストの低減や利便性の向上を実現する。国家計量標準の供給体制について選択と集中や合理化の視点から見直しを行い、計量標準政策への提言としてまとめる。計量標準に関する整備計画の改訂に必要な調査と分析を行い、策定した整備計画についての情報発信を行う。

2-(1) 国家計量標準の維持、供給

【中期計画（参考）】

- ・国家計量標準を維持管理し、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）や依頼試験に基づく校正サービス、標準物質等の供給を行う。また、ISO/IEC17025等校正業務の管理に関する国際規格に適合する品質システムを構築、運用し、品質システムに則した標準供給を行う。国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録の維持、追加申請（国際基準への適合性確保）に必要となるピアレビューを実施し、国際比較（基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較等）へ参加する。

2-(1)-① 国家計量標準の維持、供給

【中期計画（参考）】

- ・国家計量標準を維持管理し、JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）や依頼試験に基づく校正サービス

ス、標準物質等の供給を行う。また、ISO/IEC17025等校正業務の管理に関する国際規格に適合する品質システムを構築、運用し、品質システムに則した標準供給を行う。国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録の維持、追加申請（国際基準への適合性確保）に必要となるピアレビューを実施し、国際比較（基幹比較、補完比較、多国間比較、二国間比較等）へ参加する。

《平成23年度計画》

- ・ISO/IEC 17025に適合する品質管理システムのもと、国家計量標準を維持し、校正サービスを実施する。また、ISO/IEC 17025および ISO Guide 34に適合した標準物質の供給を行う。また、校正サービス、標準物質のうち、主要な品目に関して、国際相互承認に係る技術能力（Calibration and Measurement Capability: CMC）の登録を維持するとともに、必要な追加申請を行う。国際相互承認登録のため、ピアレビューおよび品質管理システムに関する認定審査を受けるとともに、必要な国際比較に参加する。

2-(2) 国家計量標準の高度化、合理化

【中期計画（参考）】

- ・より高度な技術ニーズや社会ニーズに対応するため、供給を開始した計量標準の高度化、合理化を進める。特に、省エネルギー技術の推進、産業現場計測器の信頼性確保及び中小企業の技術開発力の向上を支援する計量標準について、供給範囲の拡張、不確かさの低減等の高度化を行うとともに技術移転等による供給体系の合理化を行う。

2-(2)-① 省エネルギー技術の利用を支援する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・省エネルギー機器の開発と利用の推進に不可欠な計量標準として、12種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

《平成23年度計画》

- ・高性能小型モータの開発と省エネに必要な高精度小容量トルクメータ（ $0.1\text{N}\cdot\text{m}\sim 10\text{N}\cdot\text{m}$ ）を校正する実験的研究を継続し、平成22年度に明らかにした取り付けに関する技術的課題の解決を図る。標準コンダクタンスの評価（コンダクタンスの長期安定性など）を進め、圧力範囲の拡大や気体種の拡張を目指す。リーク標準に関しては、jcss 校正の開始を目指して不確かさの要因とその大きさの確認を行なう。また、流量範囲の拡大や大気へのもれなどの校正の高度化を進める。
- ・高調波電力標準の供給範囲拡張（100次高調波）および交流シャント標準の供給範囲拡張（ $0.1\text{A}/5\text{A}/1\text{kHz}$ ）に向け、校正方法を開発する。

- ・光ファイバパワー標準の波長範囲拡大、広帯域化に向けた校正技術を開発する。照度応答度の不確かさ低減、分光拡散反射率の赤外波長域への範囲拡張に向けた装置開発を行う。
- ・供給範囲拡張として、低温領域での新たな熱膨張率測定用の標準物質の供給を開始する。供給範囲拡張として、供給中の熱拡散率依頼試験における被校正器物の受け入れ形状の拡張を行う。

2-(2)-② 産業現場計測器の信頼性確保に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・産業現場計測器の信頼性を確保するため、品質管理、認証、認定等に必要となる計量標準として、50種類の標準について供給範囲の拡張、技術移転等を行う。

《平成23年度計画》

- ・固体屈折率標準では、ランプ波長による校正技術の確立を行う。二次元グリッドの校正手順を検討し、主要な不確かさ要因の解析を行う。
- ・時間周波数遠隔校正技術の普及、技術移転の実現に向け、利便性が高く低廉化した利用者端末装置の開発を行う。
- ・ネジ等の締め付けトルクの適正管理に必要な参照用トルクレンチ（ $0.1\text{N}\cdot\text{m}\sim 10\text{N}\cdot\text{m}$ ）を校正する実験的研究を継続し、平成22年度に明らかにしたカップリングに関する技術的課題の解決を図る。気体絶対圧力に関しては、標準の不確かさの低減と範囲拡大のための研究開発を進める。中真空に関しては、不確かさ低減のための測定手法を検討する。高真空に関しては、登録事業者の立ち上げのため、校正技術の普及に努める。
- ・流量分野では、石油中流量においてスピンドル油を用いた高粘度での校正、試験技術を開発する。
- ・周波数31.5Hz～16kHzにおける音響校正器、カロリメトリ法による70Wまでの超音波パワー、相互校正法による100kHz～1MHzのハイドロホン感度の標準を開発する。また、ロックウェル硬さBスケール標準に対して不確かさ評価のための基礎データ収集を進める。
- ・インピーダンス標準の同軸N型50Ωおよび同軸N型75Ωの低周波独自標準を開発する。30MHz～1GHzの超広帯域アンテナ標準開発を開始する。
- ・Blu-ray, DVD, CD用レーザー波長帯（405nm, 650nm, 780nm）において、レーザーパワーメータ校正を可能とする校正設備を整備し、各波長帯内の任意波長での校正技術を開発する。光減衰量標準の波長範囲拡大、広帯域化、単一光子検出器の量子効率標準確立に向けた校正技術を開発する。紫外光源増設や比較測定用受光器の開発、不確かさ評価等を行い、紫外域での分光拡散反射率の標準技術を確立する。
- ・線量当量標準の開発に向け、線量校正場におけるγ線

エネルギースペクトルの評価技術を開発する。環境放射能の校正事業者の技能試験に必要な放射能標準を開発する。カリホルニウム線源を用いた連続スペクトル中性子フルエンス標準（重水減速）を開発する。

- ・温度分野では、中期計画期間中に7種類の標準について供給範囲の拡張等を行う。平成23年度は、0.65K～24K の範囲について、校正対象を白金コバルト抵抗温度計に拡大する。高温用熱電対のための Co-C 共晶点（1,492℃）セルの不確かさ評価を行う。また、高温領域の放射温度では、熱力学温度値決定に必要な、放射計校正用波長可変光源の不確かさ評価を行う。
- ・液中粒子数濃度標準について、600nm～10 μ m 粒径範囲での不確かさ評価を行う。また粒子発生器型気中粒子数濃度標準試作器について、光散乱式粒子計数器を対象とする計数効率の粒径依存性の評価の実証実験を行う。

2-(2)-③ 中小企業の技術開発力向上に資する計量標準

【中期計画（参考）】

- ・中小企業の技術開発力の向上に不可欠な計量標準として、9種類の標準について、供給範囲の拡張、技術移転等を行う。
- 《平成23年度計画》
- ・電圧の2次標準器に関してはプロトタイプを完成させ、7.2V の安定度を評価する。また、同時に分圧器のプロトタイプを完成させ、1V、10V 発生に向けた評価を開始する。抵抗の2次標準器に関しては、10 Ω の最終評価を行う。同時に1k Ω のプロトタイプを完成させ、JEMIC と共同して評価を行う。さらに、平成22年度開発した低周波交流電圧校正システムの不確かさの評価を行い、交流電圧計の標準（電圧実効値：10V、周波数：5Hz～10Hz）を開発する。
 - ・同軸減衰量標準では40GHz～50GHz の標準供給を開始する。雑音標準では、新たに開発した評価手法に基づき標準雑音源の独自化技術を開発する。テラヘルツ標準では時間領域分光測定方式の不確かさ評価のための要素技術を開発する。微小アンテナ（10cm ループ）係数の供給周波数範囲を拡張し、不確かさの高度化に関する検討と jcss 制度による校正開始の準備を行うとともに、校正事業者への技術支援も実施する。さらに、パイロットラボとして国際比較を開始する。微小アンテナ（モノポール）係数の開発を継続して実施する。

2-(3) 計量標準政策に関する調査と技術支援

【中期計画（参考）】

- ・我が国の計量関係団体、機関への参画や、計量標準総合センター（NMIJ）計測クラブの運営を通じて、計量トレーサビリティ体系に関するニーズ調査や分析を

行う。その成果に基づき、政府の計量トレーサビリティ施策に対する技術的支援を、知的基盤整備特別委員会や計量行政審議会等を通じて行う。

2-(3)-① 計量標準政策に関する調査と技術支援

【中期計画（参考）】

- ・我が国の計量関係団体、機関への参画や、計量標準総合センター（NMIJ）計測クラブの運営を通じて、計量トレーサビリティ体系に関するニーズ調査や分析を行う。その成果に基づき、政府の計量トレーサビリティ施策に対する技術的支援を、知的基盤整備特別委員会や計量行政審議会等を通じて行う。

《平成23年度計画》

- ・計測標準フォーラムや NMIJ 計測クラブにおいて、技術的な情報交換と計量標準や計量トレーサビリティ体系に関するニーズの把握を継続するとともに、より効果的な開催方法を検討する。

2-(4) 計量標準供給制度への技術支援

【中期計画（参考）】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、事業者認定のための技術審査、技能試験の実施、技術的な指針やガイド等の審査基準文書作成を通して計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行い、JCSS 等の普及及び拡大に貢献する。

2-(4)-① 計量標準供給制度への技術支援

【中期計画（参考）】

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、事業者認定のための技術審査、技能試験の実施、技術的な指針やガイド等の審査基準文書作成を通して計量標準供給制度の運用に関する技術支援を行い、JCSS 等の普及及び拡大に貢献する。

《平成23年度計画》

- ・JCSS（計量法に基づく校正事業者登録制度）等において、認定機関が実施する事業者認定において、技術審査、技能試験参照値等の提供、審査に係る技術的な指針やガイド等の文書作成等において、協力をを行い、JCSS 等を通じ計量トレーサビリティのさらなる普及、拡大を図る。

2-(5) 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

【中期計画（参考）】

- ・産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、校正のコスト低減や効率性向上に必要な技術を自ら開発又は業界との連携の下で開発を行うとともに、開発した技術を適用した校正等を実施する。新たな供給方法として、産業現場で直接校正可能な技術等の開発を行い、トレーサビリティ体系の合理化を図る。

2-(5)-① 計量トレーサビリティ体系の高度化、合理化

【中期計画（参考）】

- ・産業現場やサービス産業への計量トレーサビリティの普及を図るため、校正のコスト低減や効率性向上に必要な技術を自ら開発又は業界との連携の下で開発を行うとともに、開発した技術を適用した校正等を実施する。新たな供給方法として、産業現場で直接校正可能な技術等の開発を行い、トレーサビリティ体系の合理化を図る。

《平成23年度計画》

- ・NMIJ にトレーサブルな標準物質の供給に関しては、産総研依頼試験による50物質以上の校正サービスを開始する。核磁気共鳴法による有機化合物の校正技術に関しては、より簡易な内標準溶液を用いるプロトコルの整備、水素用基準物質の追加供給など、さらなる技術の普及を図る。また、フッ素含有化合物の定量についてはフッ素用基準物質の設定を含めて当該技術の実用化を図る。

3. 法定計量業務の実施と関連する工業標準化の推進

【中期計画（参考）】

法定計量業務について、品質管理の下に適正な試験検査、承認業務を実施する。特定計量器の利用状況の調査等を通して計量行政を支援するとともに、計量器の信頼性を検証するための適合性評価システムの整備・普及を促進する。

3-(1) 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

【中期計画（参考）】

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験、型式承認審査等の技術的な試験検査業務を国際標準に基づく品質管理の下に適正に実施する。さらに特定計量器の技術規格整備や法定計量体系の高度化、合理化、国際化等の政策課題に関して、利用者、製造事業者及び民間認証機関への調査を通して、計量行政への支援を行う。

3-(1)-① 法定計量業務の実施と法定計量政策の支援

【中期計画（参考）】

- ・特定計量器の基準器検査、型式承認試験、型式承認審査等の技術的な試験検査業務を国際標準に基づく品質管理の下に適正に実施する。さらに特定計量器の技術規格整備や法定計量体系の高度化、合理化、国際化等の政策課題に関して、利用者、製造事業者及び民間認証機関への調査を通して、計量行政への支援を行う。

《平成23年度計画》

- ・特定計量器に関する試験、審査業務等（「法定計量業務」という）を適正かつ着実に実施するとともに関連する品質マニュアル等の及び合理的かつ効率的な法定計量業務の実施に必要な法体系の整備を行う。特に、

製造事業者が実施した試験データに関する妥当性の検証を行う。検則 JIS 化については、アネロイド型圧力計を含む数種類の JIS を整備するとともに適切な法定計量の実施に必要な JIS の調査、検討を行う。法定計量クラブを活用したニーズ調査を計量業界に対して行い、その結果を適切な法定計量の実施に反映させるための検討を行う。

3-(2) 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

【中期計画（参考）】

- ・特定計量器について、技術基準の国際整合化を図り、その技術基準に基づき製造される特定計量器の新たな適合性評価技術の開発、整備を行う。また、一般計測、分析器及びそれが生み出す測定結果の信頼性を評価する技術の開発を行い、評価基準の作成、普及を図る。さらに、一般計測器、分析器の内蔵ソフトウェア、計測器モジュールの評価技術基準を作成し、普及を図る。

3-(2)-① 適合性評価技術の開発と工業標準化への取組

【中期計画（参考）】

- ・特定計量器について、技術基準の国際整合化を図り、その技術基準に基づき製造される特定計量器の新たな適合性評価技術の開発、整備を行う。また、一般計測、分析器及びそれが生み出す測定結果の信頼性を評価する技術の開発を行い、評価基準の作成、普及を図る。さらに、一般計測器、分析器の内蔵ソフトウェア、計測器モジュールの評価技術基準を作成し、普及を図る。

《平成23年度計画》

- ・特定計量器に関する新たな検定、検査技術の検討及び導入に伴う経済効果等の妥当評価を行う。また、モジュール評価技術及びソフトウェア認証及び OIML 証明書等を活用した型式承認に関する適用範囲拡大の検討を行う。また、省エネルギー化及びスマートグリッド化に対応した技術的な検討に着手する。国際化への対応については、OIML 又は IEO 会議等に積極的に参加し我が国の意見を反映させるとともに関連業界に対する情報提供を行う。特定計量器の型式承認に係る電気環境試験を統一的に実施するための JIS 原案を作成する。

4. 国際計量標準への貢献

【中期計画（参考）】

計量にかかわる国内の技術動向の調査に基づいて、計量標準、法定計量に関連する国際活動に主導的に参画する。特に我が国の技術を反映した計量システムや先進的な計量標準を諸外国に積極的に普及させるとともに、メートル条約と法定計量機関を設立する条約の下、メンバー国と協調して国際計量標準への寄与に努める。また、二国間 MOU（技術協力覚書）の締結、維持により、製

品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器の適合性評価結果の受入れを可能にするための国際協力を行う。

4-(1) 次世代計量標準の開発

【中期計画（参考）】

- ・国際計量標準の構築において我が国の優位性を発揮するため、秒の定義やキログラムの定義等を改定する革新的な計量標準の開発を世界に先駆けて行う。その成果を国際度量衡委員会（CIPM）、同諮問委員会、作業部会等を通して国際計量標準に反映させる。また、環境、医療、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、エネルギー関連等の先端産業技術を支援する戦略的な計量標準に関しては、先進国の計量標準研究所との競争と協調の下に効率的に開発を進める。

4-(1)-① 次世代計量標準の開発

【中期計画（参考）】

- ・国際計量標準の構築において我が国の優位性を発揮するため、秒の定義やキログラムの定義等を改定する革新的な計量標準の開発を世界に先駆けて行う。その成果を国際度量衡委員会（CIPM）、同諮問委員会、作業部会等を通して国際計量標準に反映させる。また、環境、医療、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、エネルギー関連等の先端産業技術を支援する戦略的な計量標準に関しては、先進国の計量標準研究所との競争と協調の下に効率的に開発を進める。

《平成23年度計画》

- ・シリコン28同位体濃縮結晶によるアボガドロ定数の測定精度を更に向上させるために、厚さ約0.3nmの薄い金属層で汚染されたシリコン球体の表面をエッチングして表面を改質し、球体体積測定用光波干渉計による体積の再評価を行ない、結晶密度の測定精度を 2×10^{-8} まで向上させる。
- ・改良した Yb 光格子時計の絶対周波数計測及び周波数評価を行う。波長1064nmの狭線幅化レーザーを開発し、狭線幅光コムを用いて波長578nmまで線幅転送を行い、Yb 光格子時計の分光を行う。Sr 光格子時計は第2段階の冷却を行う。

4-(2) 計量標準におけるグローバルな競争と協調

【中期計画（参考）】

- ・国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展させる活動に率先して取り組む。具体的にはメートル条約に係る国際機関、地域機関において技術委員会の主査を務める等、主導的な活動を行う。また、国際貢献の観点から通商の基盤となる計量標準確立への途上国支援を行う。

4-(2)-① 計量標準におけるグローバルな競争と協調 【中期計画（参考）】

- ・国家計量標準の同等性に関する国際相互承認体制（MRA）及び計量器の技術基準の同等性に関する国際相互受入れ取決め（MAA）を発展させる活動に率先して取り組む。具体的にはメートル条約に係る国際機関、地域機関において技術委員会の主査を務める等、主導的な活動を行う。また、国際貢献の観点から通商の基盤となる計量標準確立への途上国支援を行う。

《平成23年度計画》

- ・国際計量研究連絡委員会を開催し、計量標準、法定計量に関する我が国の意見を取りまとめ、メートル条約の国際度量衡総会、国際度量衡委員会、諮問委員会や国際法定計量委員会へ適切な専門家を派遣する。また、メートル条約の国際機関、地域機関において技術委員長等のポストを継続して獲得する。さらに、途上国の国家計量機関からの産総研への研修生の受け入れにおいて、関係機関との調整を行う。国際法定計量機関の技術分科会、及びアジア太平洋計量計画総会の日本開催に協力する。

4-(3) 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

【中期計画（参考）】

製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための調査、技術開発を行う。また、受入れに必要な二国間 MOU（技術協力覚書）の締結、維持等の国際協力を行う。

4-(3)-① 計量標準分野における校正、法定計量分野における適合性評価の国際協力の展開

【中期計画（参考）】

- ・製品の認証に必要となる計量標準の同等性を確保し、特定の計量器における適合性評価結果の受入れを可能にするための調査、技術開発を行う。また、受入れに必要な二国間 MOU（技術協力覚書）の締結、維持等の国際協力を行う。

《平成23年度計画》

- ・計量に関する二国間の MOU に基づいて、引き続き計量標準の同等性に関する技術協力について相手国の機関との調整を行う。具体的には、外国の国家計量標準機関に対してピアレビューの派遣、招聘や計量標準の国際比較について調整を行う。日中計量標準会議及び日韓計量計測標準協力委員会の日本開催に協力する。

5. 計量の教習と人材の育成

【中期計画（参考）】

法定計量業務に対応できるよう、国内の法定計量技術

者の技術力向上を図るための教習を企画、実施する。公的機関、産業界及び開発途上諸国の計量技術者に対し、計量標準技術と品質システムの研修を行い、人材育成を行う。

5-(1) 計量の教習

【中期計画（参考）】

- ・計量法に基づき、計量研修センターと計測標準研究部門を中核として法定計量の教習を企画、実施して、国内の法定計量技術者の技術力向上を図る。

5-(1)-① 計量の教習

【中期計画（参考）】

- ・計量法に基づき、計量研修センターと計測標準研究部門を中核として法定計量の教習を企画、実施して、国内の法定計量技術者の技術力向上を図る。

《平成23年度計画》

- ・地方庁の計量職員及び計量士を目指す技術者のため、一般計量及び一般特別教習、環境計量特別等の教習、指定製造事業者制度教習、短期計量教習などの教習を行うとともに、地方で開催する教習を含め特定教習を拡大する。また、ダイオキシン関連の管理者講習等の研修を行う。

5-(2) 計量の研修と計量技術者の育成

【中期計画（参考）】

- ・計量にかかわる公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、啓発、教育、技術トレーニング等の人材育成プログラムの開発を行い、人材育成を行う。また、計量技術者の自発的な成長を促進するため、計量技術に関する情報について体系的に整理を行い、公開する。

5-(2)-① 計量の研修と計量技術者の育成

【中期計画（参考）】

- ・計量にかかわる公的機関、産業界及びアジア諸国の技術者を対象として、啓発、教育、技術トレーニング等の人材育成プログラムの開発を行い、人材育成を行う。また、計量技術者の自発的な成長を促進するため、計量技術に関する情報について体系的に整理を行い、公開する。

《平成23年度計画》

- ・計量トレーサビリティに関する技術研修事業として、計測不確かさ研修、分析技術者研修を行う。
- ・計量技術者の技術向上に資する技術文書をホームページに掲載するとともに、計量技術者を対象とした計量標準に関するセミナー、講演会を実施する。

【別表4】

平成23年度予算

(単位：百万円)

区 別	金 額
収入	
運営費交付金	69,988
施設整備費補助金	1,600
受託収入	12,917
うち国からの受託収入	335
その他からの受託収入	12,582
その他収入	6,377
計	90,882
支出	
業務経費	65,646
うち鉱工業科学技術研究開発関係費	47,224
地質関係費	6,055
計量関係費	7,303
技術指導及び成果の普及関係費	5,063
施設整備費	1,600
受託経費	11,175
うち特許生物寄託業務関係経費受託	165
原子力関係経費受託	40
地球環境保全等試験研究関係経費受託	99
その他受託	10,871
間接経費	12,461
計	90,882

【別表5】

平成23年度収支計画

(単位：百万円)

区 別	金 額
費用の部	88,436
経常費用	88,436
鉱工業科学技術研究開発業務費	44,196
地質業務費	5,770
計量業務費	6,704
技術指導及び成果の普及業務費	4,721
受託業務費	8,721
間接経費	11,291
減価償却費	7,023
退職手当引当金繰入	9
財務費用	0
支払利息	0
臨時損失	0
固定資産除却損	0
収益の部	88,683
運営費交付金収益	65,947
国からの受託収入	335
その他の受託収入	12,582
その他の収入	6,377
寄付金収益	0
資産見返負債戻入	3,442
財務収益	0
受取利息	0
臨時収益	0
固定資産売却益	0
純利益	247
目的積立金取崩額	0
総利益	247

【別表6】

平成23年度資金計画

(単位：百万円)

区 別	金 額
資金支出	90,882
業務活動による支出	81,413
鉱工業科学技術研究開発業務費	44,196
地質業務費	5,770
計量業務費	6,704
技術指導及び成果の普及業務費	4,721
受託業務費	8,730
その他の支出	11,291
投資活動による支出	9,469
有形固定資産の取得による支出	9,469
施設費の精算による返還金の支出	0
財務活動による支出	0
短期借入金の返済による支出	0
次期中期目標期間繰越金	0
資金収入	90,882
業務活動による収入	89,282
運営費交付金による収入	69,988
国からの受託収入	335
その他の受託収入	12,582
その他の収入	6,377
寄付金収入	0
投資活動による収入	1,600
有形固定資産の売却による収入	0
施設費による収入	1,600
その他の収入	0
財務活動による収入	0
短期借り入れによる収入	0
前年度よりの繰越金	0

資料

5. 職員

平成23年度形態別・機能別職員数

所属名称	役員	職員	研究職	(内)パーマ ネット	(内)招へい 任期付	(内)若手任 期付	(内)研究テ ーマ型	(内)産業技 術人材 育成型	事務職 等	総計
理事	11									11
監事	2									2
参事										
フェロー		1	1		1					1
環境・エネルギー分野		1	1	1						1
ライフサイエンス分野		1	1	1						1
情報通信・エレクトロニクス分野		1	1	1						1
ナノテクノロジー・材料・製造分野		1	1	1						1
標準・計測分野										
地質分野		1	1	1						1
情報セキュリティ研究センター		28	28	22	1			5		28
バイオマス研究センター		18	18	16				2		18
水素材料先端科学研究センター		5	4	3			1		1	5
糖鎖医学研究センター		12	12	10	1			1		12
新燃料自動車技術研究センター		15	15	14				1		15
生命情報工学研究センター		17	17	13	3			1		17
生産計測技術研究センター		30	30	29				1		30
バイオメディカル情報研究センター		13	13	11	1			1		13
ナノチューブ応用研究センター		24	24	17	1			6		24
ネットワークフォトンクス研究センター		17	17	10	1			6		17
サービス工学研究センター		15	15	15						15
メタンハイドレート研究センター		13	13	5			8			13
活断層・地震研究センター		30	30	23				7		30
幹細胞工学研究センター		15	15	13				2		15
集積マイクロシステム研究センター		20	20	17				3		20
コンパクト化学システム研究センター		28	28	24				4		28
先進パワーエレクトロニクス研究センター		21	21	16			2	3		21
デジタルヒューマン工学研究センター		16	16	12				4		16
ナノスピントロニクス研究センター		8	8	6				2		8
太陽光発電工学研究センター		36	36	24			9	3		36
フレキシブルエレクトロニクス研究センター		21	21	18			2	1		21
計測標準研究部門		244	244	241				3		244
地圏資源環境研究部門		71	71	63				8		71
知能システム研究部門		57	57	51				6		57
計測フロンティア研究部門		53	53	46				7		53
ユビキタスエネルギー研究部門		70	70	65			1	4		70
先進製造プロセス研究部門		106	106	96				10		106
サステナブルマテリアル研究部門		60	60	54				6		60
地質情報研究部門		112	112	102				10		112
環境管理技術研究部門		64	64	57				7		64
環境化学技術研究部門		55	55	50			1	4		55
エネルギー技術研究部門		121	121	105			1	15		121
情報技術研究部門		65	65	53			2	10		65
安全科学研究部門		43	43	39			2	2		43
健康工学研究部門		61	61	54	1			6		61
生物プロセス研究部門		69	69	62			1	6		69
バイオメディカル研究部門		82	82	76	1			5		82
ヒューマンライフテクノロジー研究部門		84	84	78				6		84
ナノシステム研究部門		94	94	87	1			6		94
ナノエレクトロニクス研究部門		45	45	41			1	3		45
電子光技術研究部門		62	62	62						62
社会知能技術研究ラボ		7	7	6				1		7

産業技術総合研究所

所属名称	役員	職員	研究職					事務職等	総計
			(内)パーマ ネット	(内)招へい 任期付	(内)若手任 期付	(内)研究テ ーマ型	(内)産業技 術人材 育成型		
ダイヤモンド研究ラボ		9	9	8			1		9
環境・エネルギー分野研究企画室		8	7	7				1	8
ライフサイエンス分野研究企画室		4	3	3				1	4
情報通信・エレクトロニクス分野研究企画室		6	5	5				1	6
ナノテクノロジー・材料・製造分野研究企画室		6	5	5				1	6
標準・計測分野研究企画室		4	3	3				1	4
地質分野研究企画室		6	5	5				1	6
特許生物寄託センター		9	6	6				3	9
地質調査情報センター		17	4	4				13	17
地質標本館		17	11	11				6	17
計量標準管理センター		30	21	21				9	30
ナノデバイスセンター		10	10	9	1				10
企画本部		64	40	40				24	64
コンプライアンス推進本部		21	3	3				18	21
イノベーション推進本部		18	18	17	1				18
イノベーション推進企画部		20	9	9				11	20
知的財産部		22	4	4				18	22
産学官連携推進部		39	5	5				34	39
国際部		17	6	6				11	17
ベンチャー開発部		10	3	3				7	10
国際標準推進部		8	4	4				4	8
つくばイノベーションアリーナ推進部		16	7	6	1			9	16
イノベーションスクール		2	2	2					2
研究環境安全本部		1	1	1					1
研究環境安全企画部		11	1	1				10	11
環境安全管理部		21	10	10				11	21
研究環境整備部		28						28	28
情報環境基盤部		21	5	5				16	21
総務本部		0							0
人事部		55	5	5				50	55
財務部		43						43	43
ダイバーシティ推進室		4	3	3				1	4
業務推進企画室		5						5	5
評価部		20	17	17				3	20
広報部		22	3	3				19	22
東京本部		1						1	1
北海道センター		21	4	4				17	21
東北センター		18	6	6				12	18
つくばセンター		3	3	3					3
つくばセンターつくば中央第一事業所		19						19	19
つくばセンターつくば中央第二事業所		38						38	38
つくばセンターつくば中央第三事業所		11						11	11
つくばセンターつくば中央第四事業所		12						12	12
つくばセンターつくば中央第五事業所		20						20	20
つくばセンターつくば中央第六事業所		15						15	15
つくばセンターつくば中央第七事業所		16						16	16
つくばセンターつくば西事業所		22						22	22
つくばセンターつくば東事業所		15						15	15
臨海副都心センター		23	4	4				19	23
中部センター		37	10	10				27	37
関西センター		45	15	15				30	45
中国センター		14	4	4				10	14
四国センター		13	3	3				10	13
九州センター		17	3	3				14	17
職員合計	13	2987	2319	2094	15		31	179	3000